



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Kiia Wilander

Tuloilmakanavien eristys elintarvike- myymälöissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

31.5.2021

Tekijä Otsikko	Kiia Wilander Tuloilmakanavien eristys elintarvikemyymälöissä
Sivumäärä Aika	38 sivua + 2 liitettä 31.05.2021
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	LVI-ryhmäpäällikkö Risto Ikonen yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Insinööriyön tavoitteena oli koota suunnittelijoille materiaali, joka tukee suunnittelijoita tuloilmakanavien eristeiden valinnassa, koska tuloilmakanavien eristykseen liittyvä tieto on hajallaan. Tarkoitus oli tutustua eri eristevaihtoehtoihin ja niiden käyttömahdollisuuksia myymäläkohteessa.</p> <p>Työn aikana tutustuttiin aiheeseen liittyviin materiaaleihin ja koottiin niitä yhteen. Työtä varten haastateltiin LVI-suunnittelijoita, joista osa työskentelee myymäläkohteiden parissa. Työtä varten tutustuttiin olemassa olevan elintarvikemyymälän rakennuksen ilmanvaihtoratkaisuihin ja eristemateriaalivalintoihin. Esimerkkikohteen eristeratkaisuiden kohdalla pohdittiin myös mahdollisuutta edullisempiin eristeratkaisuihin. Työssä tarkasteltiin kahden eri valmistajan tuotteita esimerkkikohteen eristemateriaalin pohjalta ja tehtiin näistä kustannusvertailua. Työssä kuvattiin eri eristetyyppejä ja niiden ominaisuuksia sekä kuvattiin eristeiden suunnitteluprosessi.</p> <p>Eristesuunnittelussa materiaalivalinnat tehdään usein kokemuksen ja totuttujen käytäntöjen perusteella. Esimerkkikohteen eristeratkaisuihin tutustuttaessa havaittiin se, että ne ovat jo nyt hyvin kustannustehokkaita materiaalikustannusten osalta. Eristykseen liittyvistä aineistoista havaittiin, että monesti niissä käsitellään pääosin putkieristyksiä ja kanavaeristyksiä käsitellään hyvin lyhyesti.</p>	
Avainsanat	ilmanvaihto, eristys, lämpöeristys, elintarvikemyymälä

Author Title Number of Pages Date	Kiia Wilander Insulation of Supply Air Ducts in Grocery Stores 38 pages + 2 appendices 31 May 2021
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Design
Instructors	Risto Ikonen, HVAC Team Manager Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to summarize and gather information on the supply duct insulation materials to help designers in decision making. The purpose was to examine different insulation material options and implementation possibilities in stores.</p> <p>Information of the subject matter and its materials was gathered and compiled. HVAC designers who have worked on store sites were interviewed for the thesis. The ventilation solutions and choices on insulation materials of grocery stores were examined. Cheaper solutions on the insulation materials of the example site were considered. The insulation materials of two different manufacturers and their costs were compared. Different types of insulation materials and their properties, as well as the design progress were described.</p> <p>The thesis found that insulation materials are usually selected according to past experience and known practices in the design progress. The choices of the insulation materials at the example site were cost efficient. While examining information on insulation materials, it was found that information on tubular insulation was more comprehensive compared to information on duct insulations.</p>	
Keywords	ventilation, insulate, thermal insulation, grocery store

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ilmanvaihtokanavan eristys	2
2.1	Tuloilmakanavan eristäminen	2
2.2	Paloeristys	4
2.3	Lämmöneristys	7
2.4	Kondenssieristys	9
2.5	Äänieristys	10
2.6	Eristysten pinnoitukset	10
2.7	Tuloilmakanavan eristyksen vaikutuksia	13
3	Menetelmät ja aineisto	14
3.1	Tutkimusmenetelmät	14
3.2	Haastatteluiden toteutus	14
3.3	Haastatteluiden yhteenveto	15
4	Elintarvikemyymälän IV-eristesuunnittelu	15
4.1	Esimerkkikohte	15
4.1.1	Kohteen ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmät	16
4.1.2	Esimerkkikohteen eristeratkaisut	17
4.2	Elintarvikemyymälöiden olosuhteet	20
4.3	Eristyksen suunnitteluprosessi	22
4.4	Eristystyyppin ja -materiaalin valinta	24
5	Kustannustarkastelu	27
5.1	Esimerkkikohteen eristysten kustannustarkastelu	27
5.2	Säästömahdollisuudet	29
5.3	Urakoitsijan hinnoittelu	31
5.4	Eristyskourujen kustannustarkastelu	32
6	Tulokset, havainnot ja päätelmät	33

7	Yhteenveto	35
	Lähteet	37
	Liitteet	
	Liite 1. Haastattelurunko	
	Liite 2. Kustannustarkastelut	

Lyhenteet

CE-merkintä	Merkintä, jolla valmistaja vakuuttaa, että tuote täyttää tuotetta koskevien EU:n direktiivien ja asetusten olennaiset vaatimukset
IV	Ilmanvaihto
LV	Lämmitys ja vesi
LVI	Lämmitys, vesi ja ilmanvaihto
PVC	Polyvinyylikloridi, yleisesti käytössä oleva muovi
RT-kortisto	Rakennustiedon ylläpitämä rakennusalan tietopalvelu
RYL	Rakennusalan yleiset laatuvaatimukset. Alan yhdessä sopima kirjallinen kuvaus yleisistä laatuvaatimuksista

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee tuloilmakanavien eristystä keskikokoisissa elintarvikemyymälöissä. Myymälöissä tuloilmakanavat saattavat olla pitkiä, jolloin eristämiseen kuluu rahaa ja aikaa. Niiden eristysvaihtoehdoista olisi hyödyllistä saada tarkempaa tietoa. Tuloilmakanavan eristys on aihe, johon liittyvät tiedot ovat hyvin hajallaan. Alan kirjoissakin eristykset mainitaan usein vain lyhyesti. Tietoa saa helposti lähinnä eristevalmistajien materiaaleista.

Työn toimeksiantajana toimi Granlund Oy. Työn aihe tuli yrityksen sisältä LVI-suunnittelijoilta, jotka suunnittelevat paljon erikokoisia elintarvikemyymäläkohteita. Työn esimerkkikohteeksi valikoitui keskisuuri elintarvikemyymälä Helsingistä, joka on valmistunut jo aikaisemmin. Työ toteutetaan tarkastelemalla esimerkkikohteen ratkaisuja, haastatteleamalla myymäläprojekteissa mukana olleita ja tekemällä arviointia eristeiden kustannuksista. Insinööritöiden tukena käytetään olemassa olevaa kirjallista materiaalia.

Rakennushankkeissa on usein tiukka budjetti, jolloin pyritään hakemaan säästöjä kaikesta. Suunnittelijalle tulee usein vastaan tilanteita, joissa joudutaan perustelevaan valittujen eristysten tarpeellisuutta ja kustannuksia. Tavoitteena on luoda materiaali suunnittelijoiden tueksi eristevalintojen tekemiseen, kun kohteena on keskisuuret kaupat. Tavoitteeseen liittyy esimerkkikohteen eristysratkaisuiden tarkastelu ja niiden vaikutus kustannuksiin. Tavoitteena on tarkastella nykyisiä eristysmateriaaleja vertailemalla niitä muihin vastaaviin materiaaleihin ja löytää edullisin ratkaisu. Työssä tarkastellaan eri eriste- vaihtoehtoja ja niiden mahdollisuuksia, kustannuksia ja vaikutuksia asennettavuuteen.

Tässä insinööritöissä kuvataan lyhyesti esimerkkikohteen ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmät. Vesi- ja viemärijärjestelmät rajataan pois. Insinööritö on rajattu koskemaan vain pyöreitä tuloilmakanavia, joten työn ulkopuolelle on jätetty poistoilmakanavat ja suorakaidekanavat. Myymälällä tarkoitetaan keskikokoista päivittäistavarakauppaa.

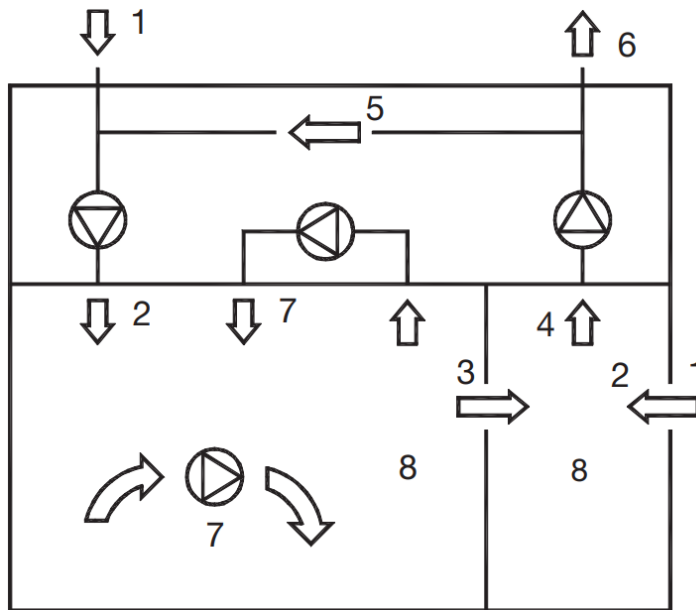
2 Ilmanvaihtokanavan eristys

2.1 Tuloilmakanavan eristäminen

Maankäyttö- ja rakennuslaissa (MRL; 132/1999) on määritetty rakentamiseen liittyvät yleiset edellytykset, olennaiset tekniset vaatimukset, rakentamisen lupamenettely ja viiranomaisvalvonta. Vuonna 2017 annettu ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta perustuu maankäyttö- ja rakennuslakiin. Asetuksen olennaisin pykälä koskien ilmanvaihdon eristyksiä on asetuksen 1009/2017 luvun 3 § 25. [1.]

Erityissuunnittelijan on suunniteltava ilmanvaihtokanavien, -kammioiden ja -koneiden lämmön- ja kosteudeneristys siten, ettei ilma jäähydy tai lämpene lämpötilanhallintaa ja viihtyisyyttä haittaavasti eikä kosteus tiivisty rakenteita vahingoittavasti tai sisäilman laatua heikentävästi. [2.]

Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä sisältää tulo- ja poistoilmakanavia sekä ulkoilma- ja ulospuhallusilmakanavia. Ulkoilma- ja ulospuhallusilmakanavat eristetään käytännössä aina. Aikaisemmin ulkoilmasta käytettiin termiä raitisilma ja ulospuhallusilmasta jäteilma. Tuloilmakanavat on usein tehty kierresaumatusta kanavasta. Tuloilmakanavat eristetään usein kohteen ja sen käyttötarkoituksen asettamien vaatimusten mukaan. Ilmanvaihtokanavien lävistäessä yhden tai useamman rakenteen on otettava huomioon se, että eristyksen on jatkuttava yhtenäisenä. [3.] Kuvassa 1 on esitetty havainnollistava kuva ilmapuhtausvirtojen nimityksistä [4]. Kuvatekstiin on päivitetty ilmapuhtausvirtojen nimet nykyisen ympäristöministeriön asetuksen mukaan [2].

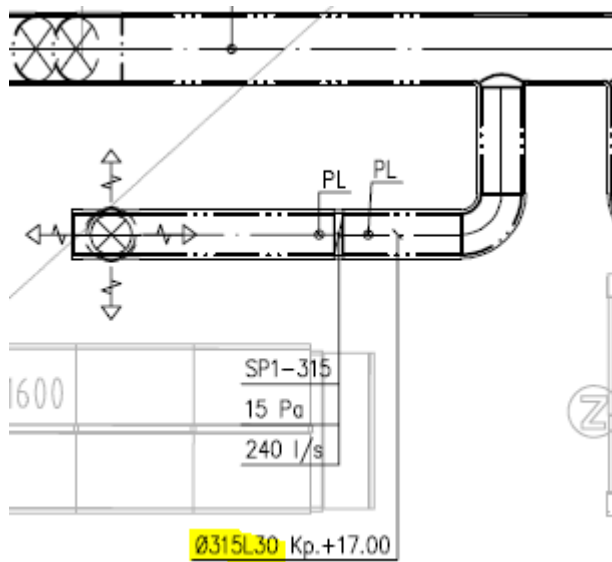


Kuva 1. Ilmavirtojen nimitykset: 1. ulkoilma, 2. tuloilma, 3. siirtoilma, 4. poistoilma, 5. palautusilma, 6. ulospuhallusilma, 7. kierrätysilma, 8. sisäilma. [4; 2.]

Hyvin suunnitelluilla ilmanvaihdon eristyksillä on suuri vaikutus koko järjestelmään ja sen toimintaan. Vastaavasti huonosti suunniteltu ilmanvaihdon eristys voi aiheuttaa ongelmia. Eristyssuunnittelussa onkin syytä kiinnittää huomiota eristyksen mitoittamiseen ja materiaalivalintaan. Tuloilmakanavan eristämiseksi on useita syitä, jotka voivat olla esimerkiksi rakennuksille määrätyt energiatavoitteet tai kanaviston kondensoitumisen ehkäiseminen. Näitä syitä avataan enemmän eristetyyppien tarkemmissa esittelyissä. Suomessa markkinoilla on tarjolla useita eri eristevalmistajia, joista tunnetuimpina ovat muun muassa Paroc Group ja Isover. Jokaisella valmistajalla on käytössään omat tuoteperheet ilmanvaihdon eristykseen. Valmistajasta ja tuoteperheestä riippumatta eristemateriaalit ovat usein samankaltaisia ja vertailukelpoisia. Molemmat eristevalmistajat ovat julkaisseet omat oppaansa liittyen eristykseen. Eristysmateriaalien käyttöön on laadittu LVI-ohjekortti 50-10344. [5.]

Eristysten valintaan voivat vaikuttaa useat eri vaatimukset, jolloin oikein valittu eristekerros toimii samanaikaisesti useassa eri käyttötarkoituksessa, kuten lämmön- ja paloeristeenä. Kiinteistön suunnitteluasiakirjoissa ja tilavarauksissa on otettava huomioon ilmanvaihtokanavien eristysten tilantarve siten, että suunniteltujen eristeiden asentaminen on mahdollista. Eristyksen on saavutettava suunniteltu eristyspaksuus jokaisessa kanaviston kohdassa. Eristysten asennuksiin tulee kiinnittää huomiota, sillä huolimattomasti

asennetut eristeet eivät toimi tarkoituksenmukaisesti. Eristyksen asennukset toteutetaan LVI-työselostuksen mukaisesti. Poikkeava eriste on paloeristys, jonka asennuksessa noudatetaan valmistajan ohjeita. Eristeasennuksia tehdessä on varmistettava, että asennuspinta on kuiva ja puhdas. Eristyksen saumakohtiin tulee kiinnittää huomiota, sillä asennettuun eristeeseen ei saa jäädä eristekerroksen läpäiseviä rakoja. Konekilvet asennetaan eristysten päälle. Kuvassa 2 on esimerkki siitä, miten eristystyyppi ilmoitetaan tasokuvassa. Tieto eristyksestä ilmoitetaan kanavakoon jälkeen. Esimerkiksi Ø315L30 kertoo, että halkaisijaltaan 315 mm:n kanavassa on lämpöeriste, joka on 30 mm paksu. Kp. +17.00 kertoo kanavan keskipisteen korkeusaseman. Kuvasta nähdään lisäksi myös säätöpellin merkitsemistapa eli SP1-315, joka kertoo säätöpellin halkaisijan. Säätöpellin halkaisijan lisäksi ilmoitetaan myös sen painehäviö ja ilmamäärä. [6.]



Kuva 2. Tasokuvassa on 315 mm:n kanavan päällä on 30 mm:n lämpöeriste.

2.2 Paloeristys

Paloturvallisuuden niin vaatiessa on ilmanvaihtokanavat eristettävä paloeristeellä. Paloeristys voidaan vaatia suunniteltavaksi kanaviston sisä- ja/tai ulkopuolista paloa vastaan. [1.] Kanaviston paloeristykset ovat siihen tarkoitukseen hyväksytyjä tuotteita, kuten paloeristeeksi soveltuvaa mineraalivillamattoa. Tarkat vaatimukset eristeiden hyväksyntään voi tarkastaa hEN Helpdeskin sivuilla olevista standardeista. [7.] Jos eristeen

rikkoontumiselle on mahdollisuus, suositellaan eristeen päälle vielä pellitystä tai päällystystä alumiinilaminaatilla. [1.] Paloeristyksen paksuuteen vaikuttaa eristykseltä vaadittu palonkestävyys ja vaadittu paksuus voi vaihdella riippuen tuotteesta. Paloeristykset suunnitellaan ja asennetaan eristysvalmistajan ohjeiden mukaan, sillä paloeristysratkaisut ovat valmistajakohtaisia. Valmistajien ratkaisut sisältävät varsinaisten eristysten ohella myös läpivientien tiivistämisen. Usein erityissuunnittelija valitsee kohteen vaatimukset täyttävän eristeratkaisut tiivistyksineen. [6.] Paloa kestävät IV-kanavat, kannakkeet ja paloeristys tulee suunnitella ja toteuttaa siten, että kanaviston rakenne pysyy palotilanteessa tukevasti paikoillaan vähintään siltä vaaditun palonkestoajan. Kanavistojen kannakointia suunniteltaessa täytyy muistaa, että eristys lisää kanaviston painoa. [8.]

Standardissa SFS-EN 1366-1 on määritetty, miten ilmanvaihdon paloeristykseen tulee olla testattu [9]. Paloeristeiden tuotekelpoisuus osoitetaan tuotehyväksynnällä 954/2012 pois lukien palotekninen käyttäytyminen, joka ilmaistaan CE-merkinnällä. Kanavistojen eristyksiä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon kohteen palotekniset vaatimukset. Kanavat paloeristetään, kun kanavistot kulkevat avautumatta palo-osastoidussa tilassa tai joutuvat läpäisemään palo-osastoidun rakenteen. Joissain tapauksissa palo-osasto rajataan palopellein, johtuen esimerkiksi tilanpuutteesta. Jos eristettävän kanavan pituus ei ole kohtuuttoman pitkä, kannattaa se kuitenkin paloeristää. Paloeriste on huoltovaipaampi ratkaisu kuin palopelti. Lisäksi palopeltien hankintahinta voi olla korkea, jolloin kanavan eristäminen saattaa tulla kannattavammaksi. Kuvassa 3 on kuvattu mustalla verkkovahvistetulla alumiinilaminaatilla päällystetty kivivillamatto, joka toimii niin paloeristeenä kuin lämmön- ja äänieristeenä. Kuvassa 4 on esitetty paloeristetty IV-kanava, joka on pellitetty.



Kuva 3. Pinnoittamatonta mineraalivillaverkkomattoa.



Kuva 4. Paloeristetty kanava, joka on pellitetty.

2.3 Lämmöneristys

Tuloilmakanavisto lämmöneristetään, kun halutaan estää, ettei ilma pääse lämpenemään tai jäähtymään kanavistossa. Tällöin ei tarvitse myöskään kasvattaa laitteiden jäähdytys- ja lämmitystehoa, mikä säästää energiaa. Ulkoilmakanavistojen lämpöeristämällä estetään kylmän ulkoilman viilentävä vaikutus tiloissa, joissa ne kulkevat. Ulkoilma- ja ulospuhallusilmakanavien lämpöeristyksellä voidaan estää mahdollinen kondensoituminen ja huurtuminen kanavan sisä- tai ulkopinnalla. Lämmöneristys lisää myös oleskelumukavuutta tiloissa. Tavallisesti lämpöeriste on mineraalivillaa, joka voi olla mattoa, kourua tai levyä ja se asennetaan kanavan ulkopinnan ympärille. Jos eristeen rikkoontumiselle on mahdollisuus, suositellaan eristeen päälle vielä pellitystä tai päällystystä alumiinilaminaatilla. [1.]

Tilaan tuodaan usein ympäristöä viileämpää ilmaa, joten tilaan tulevat tuloilmakanavat lämpöeristetään kohteesta riippumatta. Tällä ehkäistään sitä, ettei ilma lämpene turhaan pitkässä tuloilmakanavassa ja samalla se pääsee energiatehokkaammin päätelaitteelle. Eristyksen merkitys korostuu varsinkin rakennusten jäähdytyskaudella, jolloin ilmanvaihdon jäähdytykseltä odotetaan toimivuutta. Lämmöneristyksen täytyy olla suunniteltuun käyttötarkoitukseen sopiva. Sen suunnitteluun vaikuttavat esimerkiksi kanavassa kulkevan ilman ja kanavaa ympäröivän ilman lämpötilat. Tuloilmakanavan eristyspaksuus on yleensä 30–50 mm asennuspaikan mukaan. [1.] Yleisesti ilmanvaihdon lämpöeristyksissä käytetään esimerkiksi lasi- tai kivivillaa. Lämpöeristeenä voidaan käyttää myös esimerkiksi solukumia. Koostumuksensa takia kivivilla läpäisee vesihöyryä eli sen diffuusiovastus on pieni. Kun kivivilla päällystetään esimerkiksi alumiinilaminaatilla ja liitokset sekä päädyt teipataan huolellisesti, niin se toimii myös kondenssieristeenä. [6.]

Osa eristevalmistajista lupaa lämpöeristeilleen myös hyvää äänieristysominaisuutta. Tällöin lämmöneristys vaimentaa kanaviston seinämän läpi tulevaa melua. [10.] Kuvassa 5 on PAROC Hvac Mat Alucoat -alumiinilaminaatilla päällystetty kivivillamatto [11]. Kuva 6 on havainnekuva asennetusta alumiinilaminaatilla pinnoitetusta lämpöeristeestä ja vertailuna eristämätön kierresaumakanava.



Kuva 5. Alumiinilaminaattipäällysteinen kivillaeristematto [11].



Kuva 6. Vasemmanpuoleinen kanava on eristetty alumiinilaminaatilla päällystetyllä lämpöeristeellä. Oikealla on eristämätön kierresaumakanava.

2.4 Kondenssieristys

Tuloilmakanavien kosteuseristyksellä eli kondenssieristyksellä halutaan estää kanavien sisäilmasta tapahtuva kondensoituminen, sillä huoneilman sisältämä kosteus saattaa tiivistyessään vedeksi päätyä kanaviston rakenteisiin, mikä voi aiheuttaa ilmanvaihtokanavien vaurioitumista. Kondenssieristeen tulee olla niin tiiviisti kanavassa, ettei kanavan ja eristeen väliin pääse kertymään ympäröivästä ilmasta kondensoitunutta vettä. On myös huomioitava, että eristyksen tulee olla yhtenäinen eikä esimerkiksi kanavan kannake saa lävistää eristystä. Kondenssieristyksissä voidaan käyttää materiaalina solukumieristettä ja kondenssiitiivistä umpisolueristettä. Kivivillaa voidaan käyttää, jos se on kondenssiitiivistä. Tiiveyteen päästään, kun kaikki eristeen pinnoitteen saumat teipataan huolellisesti. [6.] Jos eristeenä käytetään kondenssiitiivistä umpisolueristettä, tällöin tulee huomioida paloturvallisuuden vaikuttavat pintakerrosvaatimukset [1].

Kondenssieristys voidaan toteuttaa eristysratkaisulla, joka saman aikaisesti palvelee myös muita eristysvaatimuksia. Jos palo- ja kondenssieristys toteutetaan kaksikerroksisena, on otettava huomioon se, ettei paloeristeen päälle saa asentaa kondenssieristeesi tarkoitettua tuotetta, jos sen palotekninen käyttäytyminen on huonompi verrattuna paloeristeeseen. Mikäli vaaditut eristevaatimukset pystytään saavuttamaan yhdellä eristekerroksella, asennuksessa säästetään sekä aikaa että tilaa. [6.] Kuvassa 7 on havainnekuva solukumieristeestä.



Kuva 7. Solukumieriste

2.5 Äänieristys

Tulo- ja poistokoneiden äänitasoille kanavaliitännöissä on usein määrätty laiteluettelossa maksimiäänitaso, jota ei saa ylittää. Ilman liike voi aiheuttaa kanavistossa häiritsevää virtausääntä. Häiritseviä ääniä voidaan vaimentaa äänenvaimentimilla tai kanaviston sisään voidaan asentaa äänenvaimennukseen tarkoitettua materiaalia. Äänieristysmateriaali on usein sisäpuolelta pinnoitettua mineraalivillaa, joka soveltuu myös lämmöneristykseen. Äänenvaimennusmateriaalia käytettäessä on kuitenkin varmistettava, ettei materiaalista pääse irtoamaan haitallisia kuituja tai hiukkasia. Kanavisto ja siihen liittyvät osat on pystyttävä puhdistamaan helposti, ja materiaalien on kestettävä puhdistuksen aiheuttamat mekaaniset rasitteet. [6.]

Äänieristyksessä tulee ottaa huomioon etenkin kylmät tilat. Näihin kuuluvat esimerkiksi vesikatot ja kylmät ullakot. Näissä tiloissa äänieristetyt kanavat ja kammiot täytyy lisäksi lämmöneristää ulkopuolelta, millä ehkäistään kanavan sisäpuolinen kondensointi. [3.]

2.6 Eristysten pinnoitukset

Ilmanvaihtokanavien eristykset voidaan pinnoittaa, jos on riski, että eriste on vaarassa vahingoittua tai siitä voisi irrota kuituja. Eristyksen pinnoitus tekee niiden puhdistamisen helpommaksi, jolloin hygieniatason säilyttäminen on helpompaa. Eristyksestä mahdollisesti irtoavat kuidut voivat heikentää tilan ilmanlaatua, ja pahimmillaan niistä on haittaa tiloissa oleskelevien terveydelle. Eristeiden pinnoituksella on myös vaikutusta eritysten ulkonäköön ja näin saada ne paremmin asettumaan arkkitehtoniseen ilmeeseen. Usein eristys pinnoitetaan pellillä, koska silloin eristys kestää kolhuja ja eristeet eivät vaurioidu yhtä helposti kuin ilman peltiä. Pellitys on hyvä vaihtoehto näkyviin jääville kanaville, koska se näyttää paremmalta kuin pelkkä mineraalivilla. Pellitys on hyvä valinta esimerkiksi silloin, kun kanavat ovat asennettu matalalle ja ne ovat näkyvillä. Tietyissä paikoissa esillä oleva eriste voi olla altis esimerkiksi ilkivallalle tai säälle. Pellitys on myös toimiva pinnoite paloeristyksen päälle, sillä se ei vähennä paloeristeen palonkesto-ominaisuuksia. Kuvassa 4 on esitetty pellitetty ilmanvaihtokanava. Pellitystä käytetään joskus myös puhdistuksen helpottamiseen. [12.] Kuvassa 8 on parkkihallissa sijaitseva pellitetty ka-

nava, jonka edusta on suojattu kaiteella. Kaiteen tarkoitus on suojata kanavaa mahdollisilta törmäyksiltä. Parkkihallissa sijaitsevat kanavat voivat olla alttiita kolhuille, kuten kuvasta 9 voi havaita.



Kuva 8. Parkkihallissa sijaitseva kanava, joka on kolarisuojauskaiteella.



Kuva 9. Parkkihallissa oleva runneltu eristetty putki.

Alumiinilaminaattia käytetään usein kanavistoissa ulkonäkösyistä. Alumiinilaminaatilla saadaan näkyviin kanavistoihin siistimpi pinta, kuin jos näkyville jäisi verkotettu mineraalivilla. Alumiinilaminaattipinta ei kuitenkaan ole kovin kestävä, joten sitä ei voi käyttää, jos pinnoitteen tarkoitus on suojata itse eristettä. Alumiinilaminaatti soveltuu paremmin tilanteisiin, joissa halutaan eristyksen näyttävän siistiltä ulospäin. Kuvassa 6 on vasemmalla esimerkki alumiinilaminaatilla pinnoitetusta eristyksestä. Parocin ja Isoverin tuotehinnastoja tutkiessa havaittiin, että kivi- ja lasivillaeristeet myydään usein alumiinilaminaatilla valmiiksi pinnoitettuna. Tämä vaikuttaa myös asennusturvallisuuteen, koska eristeestä ei irtoa eristekuituja asennettaessa. [11.] Isover ilmoittaa kuitenkin hinnastossaan, että tiettyjä eristemateriaaleja on mahdollista tilata ilman valmista alumiinilamellipinnoitetta [13].

Talotekniikan sisätiloissa käytetään paljon myös Isogenopak-tuotenimellä kulkevaa PVC-päälystettä. Sen käyttö on kuitenkin yleisempää putkipuolella. Joissain peruskorjaus kohteissa ilmanvaihtokanavia on kuitenkin arkkitehdin vaatimusten takia eristetty PVC-päälysteellä. Kyseinen pinnoite estää tehokkaasti kuitujen irtoamisen mineraalivillaeristeestä huoneilmaan. PVC-päälystettä käytetään toisinaan ulkonäöllisesti vaativissa kohteissa. PVC-päälyste on hajutonta eikä siitä aiheudu fysiologista vaaraa, joten se soveltuu myös elintarviketeollisuudessa eristeiden pinnoitukseen. [12.] Kuvassa 10 on havainnekuva PVC-päälysteestä eristettyjen putkien päällä.



Kuva 10. PVC-päälysteisiä putkia.

2.7 Tuloilmakanavan eristyksen vaikutuksia

Hyvin toteutettu eristys lisää energiatehokkuutta, sillä se vähentää laitteissa ja kanavistoissa tapahtuvaa lämpöhäviötä. Lämpöhäviöihin pystyy vaikuttamaan oikeilla eristevalinnoilla, jolloin laitteiden lämmitys- ja jäähdytystehoa ei tarvitse kasvattaa. Näin voidaan pienellä investoinnilla saada taloudellista säästöä energiankulutuksessa. Energiahäviöitä voidaan tarkastella helposti Paroc Calculus -laskentaohjelmalla. Eristeiden suunnittelussa ja hankinnassa on hyvä ottaa huomioon elinkaarikustannukset. Eristeet, jotka täyttävät vain niille asetetut minimivaatimukset, eivät välttämättä ole lopulta kaikista kustannustehokkain ratkaisu. Olisi siis hyvä ottaa elinkaariajattelu osaksi myös eristesuunnittelua. [14.] Esimerkiksi pientalon ilmanvaihdon LTO-järjestelmä mahdollistaa energiansäästö määräysten toteutumisen, mutta kanaviston vaatimaa eristystä ei voi unohtaa [15].

Rakennusalalla on ymmärretty, että uudiskohteiden suunnittelussa kannattaa ajoissa ottaa talotekniikkasuunnittelijat mukaan prosessiin. Tähän kuuluu myös eristysten suunnittelu. Hyvällä suunnittelulla saadaan lisättyä eristysten energiatehokkuutta. Kun kaikki suunnittelijat otetaan ajoissa projektiin mukaan, niin kohteen asettamat vaatimukset saadaan paremmin otettua huomioon. Talotekniset järjestelmät vievät paljon tilaa, ja järjestelmien eristäminen saattaa helposti unohtua. Kun kaikki suunnittelijat ovat ajoissa mukana, päästään parhaisiin tuloksiin myös energiatehokkuuden osalta. Joihinkin eristysten suunnitteluongelmiin liittyvät vanhanaikaiset suunnitteluvaatimukset ja ohjeistukset. Yksi ongelmia aiheuttava tekijä on se, että eristykset otetaan huomioon vasta suunnitteluprosessin loppupuolella. Pahimmillaan eristettävät laitteet ja kanavat on jo asennettu ennen kuin eristystä aletaan suunnittelemaan. Eristepaksuuksien sijaan kannattaa kiinnittää huomiota eristemateriaalin lämmöneristävyteen. [14.]

3 Menetelmät ja aineisto

3.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyön aineisto koostuu aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta, teemahaastattelusta sekä keskusteluista ja lisäksi käytetään yhden esimerkkikohteen tietoja. Haastattelun tuottamaa materiaalia käytetään suhteessa esimerkkikohteessa käsiteltyyn aineistoon ja luvussa 2 esitettyyn tietoperustaan. Haastattelut pidettiin teemahaastatteluina, sillä prosessoitavaa tietoa haluttiin vain tuloilmakanaviston eristyksiin liittyen. Kysymykset eivät olleet avoimia tarkan aiheen takia. Kuitenkin vastaukset haluttiin avoimina selkeämmän ja jouheamman haastattelun takia. Teemahaastattelussa on tärkeää saada insinööriyön tekijälle tarkasteltavaa materiaalia käyttäen kysymyksiä apuna, joihin ei ole välttämättä suoraa vastausvaihtoehtoa. Teemahaastattelu koettiin toimivaksi insinööriyön haastattelumuodoksi, sillä vaikka aihe on yksinkertainen, siihen liittyvien kysymysten vastaukset voivat olla laajoja. Lomake- tai puolistrukturoitua haastattelua ei koettu toimivaksi tämän insinööriyön yhteydessä. [16.] Haastattelurunko tehtiin työn edetessä ja ne lähetettiin haastateltaville työn loppupuolella. Näin kysymykset olivat relevantimpia, kun insinööriyön aihe oli selkeytynyt. Haastattelun runko löytyy liitteestä 1.

3.2 Haastatteluiden toteutus

Työtä varten käytiin keskusteluja toimeksiantajan työntekijöiden kanssa. Keskustelun pohjana toimi haastattelurunko, joihin haastateltavat olivat vastanneet kirjallisesti. Keskustelut käytiin etäpalaverihin soveltuvilla työkaluilla, kuten Teamsilla, vallitsevan COVID-19-pandemian takia. Keskusteluja käytiin lopulta neljän LVI-suunnittelijan kanssa. Kaksi suunnittelijoista on työskennellyt useammassa elintarvikemyymäläprojektissa. Haastatelluilla on myös vaihtelevan pituinen työkokemus. Kukaan ei myöskään ole erikoistunut juuri eristyssuunnitteluun. Keskusteluista saatujen tietojen avulla vahvistettiin lähteiden ja omien havaintojen paikkansapitävyyttä. Keskusteluun liittyvät kysymykset lähetettiin ennakkoon haastateltaville. Haastateltavista yksi on ollut mukana esimerkkikohteen toteutuksessa, ja haastatelluista kaksi on ollut mukana muissa vastaavissa kohteissa.

Ennen haastatteluita haastateltaville kerrottiin insinööriyön aihe rajauksineen. Haastattelun kysymykset esitettiin henkilöille, jotka tekevät töitä LVI-suunnittelun parissa toimeksiantajayrityksessä. Haastateltavat toimivat muun muassa suunnittelijoina tai projektipäälliköinä. Haastateltavien vastaukset kysymyksiin olivat samankaltaisia tietyiltä osin ja ne vahvistivat ennakkokäsityksiä. Henkilöt, jotka ovat olleet aiheen kanssa tekemisissä, pystyivät vastaamaan kattavasti ja heidän vastauksensa tukivat toisiaan. Vähemmän eristysten kanssa tekemisissä olleet eivät osanneet ottaa kantaa. Haastattelun vastauksia käsitellään tarkemmin insinööriyön luvuissa 4–6.

3.3 Haastatteluiden yhteenveto

Haastattelun tarkoituksena oli kerätä vastauksia tuloilmakanavien eristykseen liittyvistä kysymyksiin. Haastattelurunkoon valittiin sellaisia kysymyksiä, jotka nousivat esille työtä tehdessä. Kysymykset olivat perusasioita käsitteleviä, mutta niihin ei saatu kirjallisuudesta vastauksia. Kysymysten tarkoitus oli myös saada näkökulmaa työhön ja vastauksilla saatiin tuettua omia havaintoja ja päätelmiä.

4 Elintarvikemyymälän IV-eristesuunnittelu

4.1 Esimerkkikohte

Esimerkkikohteena on vuodesta 1998 alkaen palvellut liikerakennus Helsingissä. Vuonna 2016 aloitettiin tiloiltaan pieneksi jääneen rakennuksen saneeraus- ja laajennustyöt, jotka saatiin valmiiksi 2017. Laajennustöihin liittyi elintarvikemyymälän laajentamisen lisäksi myös pysäköintitalon rakentaminen. Kohteen suunnitteluasiakirjoista, joita käytiin läpi insinööriyötä varten, ei löytynyt kohteen tarkkaa pinta-alaa, mutta peruskorjaus- ja laajennusurakan suuruudeksi arvioitiin 5 000 m². Kiinteistössä toimii keskisuuri elintarvikemyymälä, jolla on käytössään erilaisia myymälätoimintaan liittyviä tiloja, kuten käsittely-, jatkojalostus- ja myyntitila sekä kylmä- ja pakastehuoneet. Kiinteistössä on lisäksi kahvila. Muita myymälätoimintaan liittyviä tiloja ovat muun muassa toimistot ja sosiaalitalat.

4.1.1 Kohteen ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmät

Kiinteistö on varustettu koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdoilla. Pysäköintitalon kellarikerros on varustettu koneellisella poistoilmanvaihdoilla. Kiinteistöä palvelee viisi kappaletta IV-koneita, ja ne sijaitsevat teknisissä tiloissa. IV-konehuoneita on kaksi, joista toinen sijaitsee rakennuksen vanhassa osassa ja toinen laajennusosassa. Vanha IV-konehuone on palo-osastoitu (EI60) myymäläkerroksesta. Laajennusosan IV-konehuone muodostaa yhteisen palo-osaston myymäläkerroksen kanssa. Porrashuoneita palvelee kaksi ilmanvaihtokonetta, jotka puolestaan on sijoitettu porrashuoneiden kattoon. Poistumiskäytävien IV-koneet on asennettu samaan palo-osastoon poistumiskäytävien kanssa. Kohteessa on keittiötiloja, joiden rasvakanavat on paloeristetty (EI60P) sisäistä paloa vastaan, ja lisäksi ne on varustettu otsonaattorein.

Lämmitysjärjestelmä on toteutettu kiinteistössä matalalämpöjärjestelmänä. Se hyödyntää ensisijaisesti kaupan kylmäkalusteiden jäädytyksestä syntyvää lauhdelämpöä. Korkealämpötilainen lauhde voidaan hyödyntää suoraan ja matalalämpötilaisen lauhteen lämpötilatasoa nostetaan lämpöpumpulla. Näin saadaan hyödynnettyä kylmäkalusteiden ja -tilojen jäädyttämisestä syntyvä lämpö hallitusti kiinteistön lämmitykseen. Lisäksi kiinteistö on liitetty kaukolämpöverkkoon. Myymälää palveleviin haarakanaviin on asennettu neljä kappaletta jälkilämmityspattereita. Myymälätilojen sisälämpötilaksi on suunniteltu kesällä 18 °C ja talvella 16 °C. Muissa tiloissa lämpötilan suunnitteluarvot ovat suurempia. Ilmanvaihtokoneen lämmityspatterilta lähtiessä tuloilman lämpötila on 30 °C. Myymälän tuloilmakanavistoon on asennettu jälkilämmityspattereita, joiden käyttötarkoituksiksi on ilmoitettu kompensointilämmitys. Jälkilämmityspatterille tulevan ilman lämpötilaksi on ilmoitettu 18 °C. Jälkilämmityspatterilta lähtevän ilman lämpötilaksi on ilmoitettu 35 °C. Esimerkkikohteen laiteluettelosta havaittiin, että monet ilmanvaihtokoneista on varustettu jäädytyspattereilla. Laiteluettelossa jäädytyspatterilta tulevan ilman lämpötilaksi on ilmoitettu 11 °C. Elintarvikemyymälän alueelle on kohteen sisäilmaston mitoitussarvo- taulukon mukaan suunniteltu ilman kuivausta 8 g/kg. Ilman kuivauksella saadaan vähennettyä ilmassa olevaa vesihöyryä ja näin pienennetään kondensoitumisen riskiä.

Kiinteistö on varustettu jäädytyslaitteistolla, joka palvelee ilmanvaihdon jäädytystä sekä kaupan kylmäkoneiden matalalämpösiirtimien lauhtutusta. Jäädytys on toteutettu

vedenjäähdytysyksiköllä, joka toimii talvella myös lämpöpumpuna. Vedenjäähdytyskone sijaitsee laajennusosan ilmanvaihtokonehuoneessa ja nestejäähdyttimet ovat laajennuksen puolella olevalla vesikatolla. Myymälän takatiloista tilaustoimisto, kauppiaan toimisto, kassatoimisto ja taukotila on varustettu suorahöyrysteisillä split-järjestelmillä.

4.1.2 Esimerkkikohteen eristeratkaisut

Esimerkkikohteessa toteutettuihin eristeratkaisuihin tutustuttiin katsomalla kohteen ilmanvaihtosuunnittelun loppukuvia. Kuvista arvioitiin digitaalisella karttamittarilla eristettyjen tuloilmakanavien pituus metreissä. Kuvassa 11 on esitelty digitaalinen karttamittari.



Kuva 11. Digitaalinen karttamittari.

Kuvista havaittiin, että myymälää palvelevat ilmanvaihtokanavat on eristetty 30 mm:n lämpöeristeellä ja myös haara- ja kytkentäkanavat on eristetty. Näitä lämpöeristettyjä kanavia oli pituudeltaan kaikki kanavakoot yhteenlaskettuna yhteensä noin 800 metriä.

Taulukossa 1 on esitetty esimerkkikohteen lämmöneristettyjen kanavien pituudet kanavakokojen mukaan. Myymälän muita tiloja palvelevat tuloilmakanavistot eivät kuvien mukaan pääsääntöisesti ole eristettyjä.

Taulukko 1. Esimerkkikohteen lämmöneristettyjen kanavien yhteenlasketut pituuden kanavakoottain.

Kanavan koko	Pituus
mm	m
250	15
315	350
400	50
500	250
630	150
1000	50

Esimerkkikohteen LVI-materiaaliluettelossa on luetteloitu kohteessa käytettävät materiaalit ja esimerkkituotteet. LVI-kortissa 50-10344 taulukossa 1 on selitetty materiaaliluettelossa käytetyt kirjaintunnukset. Kuvassa 12 on esimerkkikohteen LVI-materiaaliluettelosta kuva, jossa on luetteloitu kohteessa käytetyt eristeet. [3.]

MATERIAALIERITTELY
LVI
ILMANVAIHTO

Muutos		
	ERISTEET JA PINNOITTEET	
	Materiaalit ja esimerkkituotteet	
	Be	PAROC Hvac Mat Alucoat
	Ba	PAROC Hvac Lamella Mat Alucoat
	Bc	PAROC Hvac Fire Mat Alucoat
	Muut vaatimukset	
L	Lämpöeristys	
	Näkyvät kanavat, päällyste	Be
	Näkyvät kanavat, ei päällystettyä	Ba
	Ei-näkyvät kanavat	Be
	Muut vaatimukset	
Ä	Sisäpuolinen äänenvaimennusverho	
	Pyöreät kanavat	De1
	Suorakaidekanavat	De2
	Muut vaatimukset	Talotekniikka-RYL 2002, kohdat G 3161 ja G 3162. Reifitys 4...5 mm, 30 %
EI	Paloeristys	
	Näkyvät kanavat, päällyste	Bc
	Näkyvät kanavat, ei päällystettyä	Bc
	Ei-näkyvät kanavat	Bc
	Muut vaatimukset	Kanavan kiinnitys ja kannatus siten, että se pysyy palotilanteessa paikoillaan vähintään siitä edellytetyin palonkestoaajan
P	Peltipinnoite, kuumasinkitty	
	Materiaali	Kuumasinkitty teräs
	Seinäpaksuus mm	0,5
	Muut vaatimukset	

Kuva 12. Ilmanvaihdon eristystiedot esimerkkikohteen LVI-materiaaliluettelosta.

Kuvassa 13 näkyy osa esimerkikohteen tuloilmakanavistoa, joka on kannakoitu näkyville myymälän katosta. Lisäksi kuvasta 13 voidaan havaita kanaviston päätyyn asennettu puhdistusluukku, jota kautta kanaviston puhdistus voidaan suorittaa säätöpellille saakka, joka myös voidaan havaita kuvassa. Säätöpellin molemmin puolin on asennettava puhdistusluukut, kuten kuvassa näkyy. Jos kanavisto on eristetty, myös puhdistusluukut ovat yleensä eristettyjä.



Kuva 13. Esimerkkikohteen tuloilmakanavan lämmöneristeratkaisu.

Esimerkkikohteessa myymälää palvelevassa tuloilmakanavistossa on eristetty runkakanavan lisäksi haara- ja kytkentäkanavat. Haarakanavien eristämiseen vaikuttaa se, millä alueella kyseiset kanavat sijaitsevat sekä se, mitkä ovat eristämisestä aiheutuneet kustannukset. Myös kanavakoot voivat vaikuttaa eristykseen. Ilmalämmitteisissä kohteissa saatetaan lämpimissä tiloissa jättää haarakanavia lämpöeristämättä ja kylmemmillä alueilla eristettä laitetaan enemmän. Jäähdytystilanteessa kondensoituminen on riski haara- ja kytkentäkanavissa, joten silloin eristäminen on perusteltua. Kuitenkin eristys saatetaan joskus jättää pois kustannussyitten takia.

Yleensä ilmanvaihtokanavat eristetään työmaalla, kun ilmanvaihtokanavat on asennettu ja eristettävää on riittävästi. Usein eristeiden asentajat ovat eri henkilöitä kuin IV-kanavien asentajat. Kanavat tilataan kohteeseen harvoin valmiiksi eristettynä. Jos näin tehdään, syynä voi usein olla esimerkiksi kiireellinen aikataulu. Haastattelussa tuli myös esille, että korjauskohteessa kanavistoja eristetään työmaan etenemisen ehdoilla. [23.]

Haastattelussa kysyttiin myös, ovatko vastaajat havainneet ongelmia eristeisiin liittyen. Tämän kysymyksen vastauksissa oli enemmän hajontaa kuin muissa. Kaksi vastaajasta ilmoitti, ettei ole havainnut ongelmia suunnitelluissa eristyksissä. Vastauksista nousi esiin myös, että joskus eristyksen tuoma lisäpaino on aiheuttanut ongelmia, koska rakenne, johon kanava kannakoidaan, ei olekaan kestänyt kanaviston painoa. [23.]

Yhden haastateltavan mukaan suunnittelijat haluaisivat usein eristää enemmän kuin urakoitsijat. Tätä ristiriitaa aiheuttaa todennäköisesti se, että suunnittelijat ja urakoitsijat tarkastelevat kustannuksia eri tavalla. Kustannuksiin vaikuttava elinkaaritaidollinen eristeiden valinta saattaa olla haastavaa, ja usein syynä on se, ettei suunnittelijoilla aika riitä tarpeeksi tarkkaan elinkaaritarkasteluun. Suunnittelijan tietoon ei ole tullut ongelmia liittyen esimerkkikohteen materiaalivalintoihin, eli voidaan olettaa, että eristeratkaisut ovat olleet toimivia kyseisessä kohteessa. [23.]

4.2 Elintarvikemyymälöiden olosuhteet

Keskisuureksi myymäläksi katsotaan tässä insinöörityössä päivittäistavarakauppa, jonka myyntipinta-ala on vähintään 400 m² ja enintään 2 500 m². Myyntipinta-alaltaan yli 1 000 m²:n elintarvikemyymälöitä kutsutaan myös supermarketeiksi ja pienempiä marketeiksi. Tällaisissa marketeissa myyntipinta-alasta yli puolet on varattu elintarvikkeille. [17.] Liikerakennuksissa voi olla useita hyvinkin erilaisia tiloja, esimerkiksi myymälöitä, ravintoloita, toimistoja ja aulatiloja. Liikerakennusten suunnitteluun oman haasteensa tuovat tilojen vaihtelevat käyttötarkoitukset. Eri tiloilla voi olla hyvinkin erilaisia vaatimuksia esimerkiksi ilmanvaihdon suhteen. Liikerakennuksia yhdistää se, että niillä on usein suuri pinta-ala. Nykyään liikerakennuksiin suunnitellaan tyypillisesti koneellinen jäähdytys, sillä niihin kohdistuu ajoittain suuriakin lämpökuormia. Näitä lämpökuormia aiheutta-

vat muun muassa valaistus, koneet ja laitteet sekä henkilökuormat. Koneellisen jäähdytyksen avulla voidaan pitää sisäilman lämpötila toivotulla tasolla, vaikka tiloihin kohdistuisi kuormitusvaihteluita. [1.]

Myymälöiden ilmanvaihtoa mitoitettaessa tulee ottaa huomioon myytävistä tuotteista aiheutuva epäpuhtaus- ja hajukuormitus, myymälän koko ja asiakasmäärä. Pienten myymälöiden suunnittelussa ilmanvaihdon mitoitus perustuu pinta-alaa kohti ilmaistuun ilmapvirran ohjearvoon, joka riittää tyypillisen epäpuhtauskuormituksen hoitamiseen. Suurissa myymälöissä pitää ottaa huomioon myös henkilömäärä, ja ilmanvaihtoa on ohjattava henkilömäärän mukaan. Myymälä määrittellään ilmanvaihtoa mitoitettaessa suureksi, jos sen pinta-ala on yli 400 m². [18.]

Ovellisten kylmälaitteiden käyttö on alkanut lisääntymään elintarvikemyymälöiden kylmäkalusteratkaisuina niistä saatavan energiasäästön takia. Vanhoja kohteita uusittaessa ja muutettaessa kylmäkalusteita ovellisiksi on ratkaistava uudenlaisia ongelmia. Aikaisemmin avoimet kylmälaitteet ovat kuivattaneet ilmaa ja samalla jäähdyttäneet sitä kuumina aikoina. Aikaisemmin on ollut tavallista, että myymälän tuloilma on otettu suoraan ulkoa ja lämmitetty. Tällöin myymälään siirtyi kosteutta ilmanvaihdon kautta. Lisäksi kosteutta on kulkeutunut asiakkaiden mukana ovista. Kun kylmälaitteet eivät enää kuivatakaan ilmaa, on kosteudenpoisto ainoa vaihtoehto. Etenkin lämpiminä kesäpäivinä kosteutta voi muodostua runsaasti. Kosteuden tiivistyessä esimerkiksi kylmälaitteiden oviin, jäävät myytävät tuotteet piiloon. Jos tuotteet eivät näy, ovia joudutaan aukomaan turhaan ja se lisää energiankulutusta. Toisenlaisena ongelmana saattaa ilmetä veden tippumista lattialle, mikä aiheuttaa liukastumisvaaran. Liiallinen pitkäaikainen kosteus ilmassa heikentää myös kuivatarvikkeiden säilymistä ja voi aiheuttaa ongelmia teknisissä järjestelmissä. [19.]

Haastatteluissa kysyttiin vuodenaikojen vaikutuksesta myymälän ilmasto-oloihin. Talvella myymälän lämpötila on hieman kesää alhaisempi. Vuodenajoilla on iso vaikutus myös ilman suhteelliseen kosteuteen. Kesällä suhteellinen kosteus on muutenkin suurempi kuin talvella. Myymälöihin kertyy kosteutta, jos ilmanvaihdossa ei ole kuivatusta. Lisäksi myös avonaisten ovien kautta tulee myymälään kosteuskuormaa. Myymälätilat ovat usein korkeita, jolloin ilma kerrostuu. Tämä aiheuttaa sen, että oleskeluvyöhykkeellä ja katonrajassa olosuhteet ovat hieman erilaiset. Haastatteluiden aikana tuli esille, että

myymälöiden ilmasto-olosuhteet voivat olla hankalia suunnittelun kannalta. Kesällä myymälässä voi kanavistojen korkeudella kastepistelämpötila olla pahimmillaan jopa 20 °C, kun taas oleskeluvyöhykkeellä kastepistelämpötila pysyy yleensä pahimmillaankin alle 15 °C:n. [23.] Kastepistelämpötilalla tarkoitetaan lämpötilaa, johon ilman on jäähdyttävä, jotta siihen sitoutunut vesihöyry tiivistyy vedeksi [20].

Taulukossa 2 on ilmoitettu tilakohtaisia suunnittelun ohjearvoja huonelämpötiloille. Myymälän huonelämpötilan suunnitteluohjearvoksi annetaan 18 °C. Jos myymälässä on kiinteitä työpisteitä, niiden huonelämpötila on 21 °C. [6.]

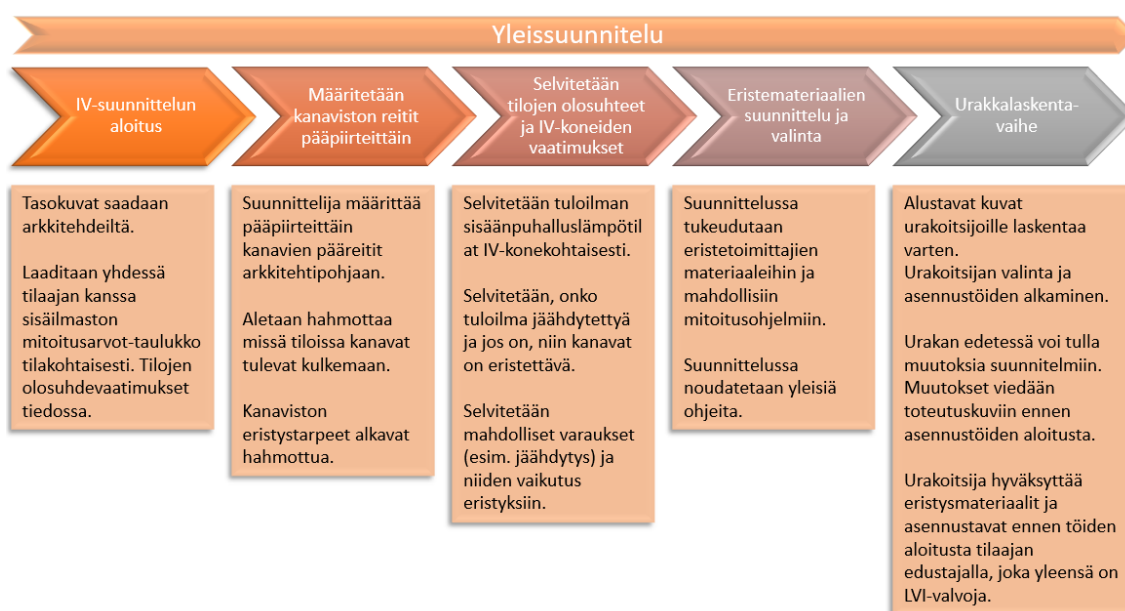
Taulukko 2. Tilakohtaisia suunnittelun ohjearvoja huonelämpötiloille [6].

Tila	huonelämpötila [C°]
Porrashuone	17
Kylpyhuone, pesuhuone	22
Kuivaushuone	24
Myymälä	18
- myymälän kiinteä työpiste	21
Liikuntahalli	18
Kirkkosali	18
Tehdashalli, keskiraskas työ	17
Autokorjaamo, katsastustilat	17
Hissikuitu	17
Potilas-/hoituhuone	22

4.3 Eristyksen suunnitteluprosessi

Heti yleissuunnittelun alkuvaiheessa selvitetään tilakohtaisesti sisäilmaston mitoitusarvot yhdessä tilaajan kanssa. Kun arkkitehdiltä saadaan tasokuvat, IV-suunnittelija pääsee määrittämään kanaviston reitit pääpiirteittäin. Tässä vaiheessa alkavat hahmottamaan kanaviston eristystarpeet, joihin vaikuttaa esimerkiksi se, missä tiloissa kanavistot kulkevat. Tässä vaiheessa pitää olla selvillä sisäänpuhallusilman ja tilojen lämpötilat,

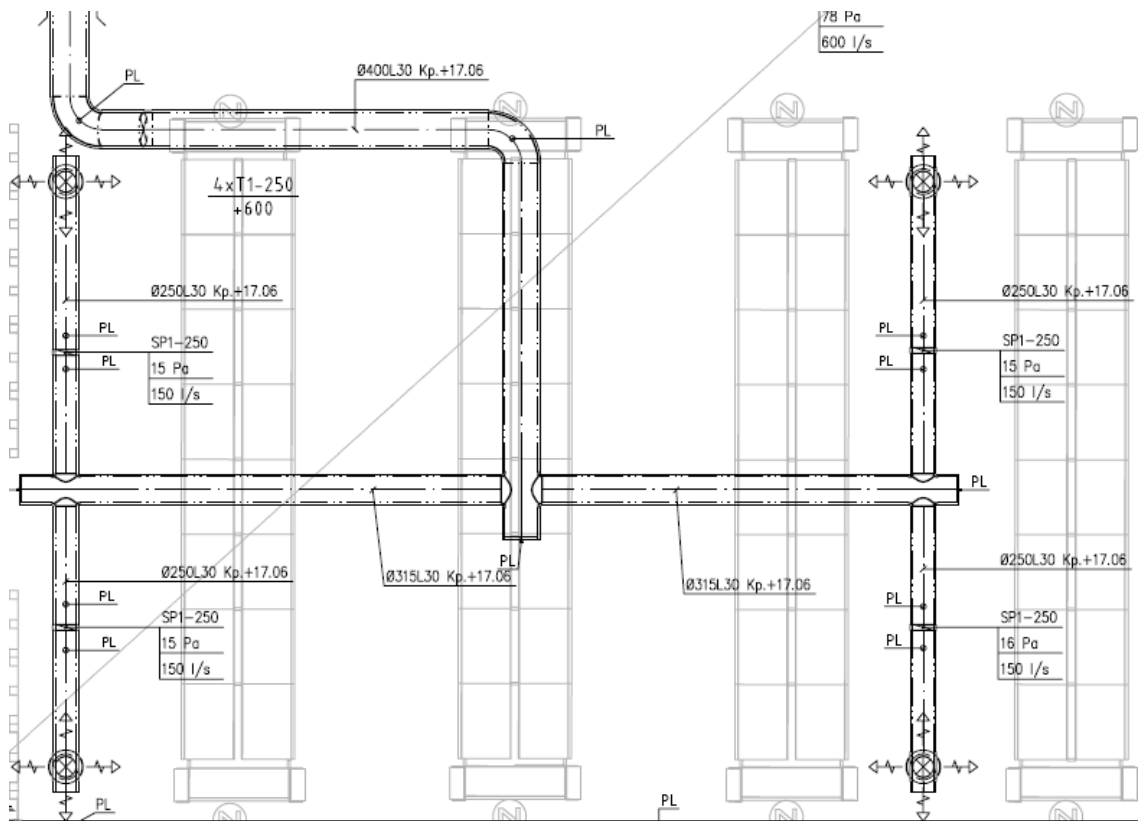
jotka vaikuttavat olennaisesti kanaviston eristystarpeeseen. Paloeristysten suunnittelua varten selvitetään palo-osastojen tiedot, ja äänieristystä varten selvitetään, onko tiloissa jotain äänitekniisiä erityisvaatimuksia. Urakan yleissuunnitteluvaiheessa tehdään kirjallinen selostus ja kanaviston pääpiirteet sisältävät tasokuvat. Urakan edetessä suunnitelmiin voi tulla muutoksia, ja ne viedään toteutuskuviin ennen asennustöiden alkamista. Toteutuskuviin siirretään tarkemmat tiedot. Kuitenkin, jos kyseessä on pieni muutostyö, niin saatetaan pyrkiä käyttämään samanlaisia eristeitä kuin kohteessa on aiemmin käytetty, mikäli ne on todettu toimiviksi. Eristysmateriaalien tarkemmat tiedot kirjataan materiaalierittelyyn. [23.] Kuvassa 14 havainnollistetaan ilmanvaihdon eristysten suunnitteluprosessia.



Kuva 14. Eristyssuunnittelun vaiheet

Haastattelujen perusteella eristysten suunnitteluun ei periaatteessa kulu sen enempää aikaa kuin muuhunkaan LVI-suunnitteluun. Eristeet suunnitellaan usein samoilla periaatteilla kuin aiemmissa samankaltaisissa projekteissa, jolloin eristyssuunnittelun prosessi ei vie paljoa aikaa. Perusilmanvaihdon suunnittelu menee usein totutulla kaavalla ja materiaaleiksi valikoituvat sellaiset materiaalit, jotka on todettu toimiviksi. Erityistapausten kohdalla eristysten suunnitteluun on syytä paneutua. Tällaisia erityistapauksia ovat esimerkiksi ulos asennettavat kanavat ja runsaalle lämmölle ja kosteudelle altistuvat kanavat. [23.]

Eristykset saadaan piirrettyä ilmanvaihtosuunnitelmiin samalla kun muukin kanavisto piirretään. Ilmanvaihtokuvien piirtäminen tapahtuu toimeksiantajayrityksessä useimmiten MagiCAD-ohjelmalla. MagiCADilla on helppo lisätä tai poistaa eristyskiä, vaikka kanavistot olisikin jo piirretty. Kuvassa 15 on kuvakaappaus esimerkkikohteen ilmanvaihdon tasokuvasta. Kuvassa näkyy, miten eriste kuvataan ja merkitään tasokuvaan. Kuvasta nähdään myös, että esimerkkikohteessa kanavat on eristetty päätelaitteelle saakka.



Kuva 15. Myymälää palvelevia eristettyjä tuloilmakanavia.

4.4 Eristystyyppin ja -materiaalin valinta

Ilmanvaihtosuunnittelijan tehtävänä on valita tarvittavat eristetyypit ja niiden paksuudet vaatimusten mukaan. IV-suunnittelijan tulee suunnitteluprosessissa ottaa huomioon eris-

tevalmistajien ohjeet. IV-suunnittelija lisää valitut ominaisuudet suunnitelmiin. Tavallisesti ilmanvaihtosuunnittelija määrittelee ja tekee päätökset IV-kanavien eristyksistä, mutta joissain haastavissa äänieristyskohteissa tarvitaan akustiikkasuunnittelijan apua. Eristemateriaalin paksuuteen vaikuttaa se, minkä lämpöistä ilmaa kanavistossa kulkee, missä kanavistot kulkevat ja millaiset niiden ympärivät tilat ovat. Palotekniset vaatimukset vaikuttavat paloeristysten paksuuteen. Eristemateriaaleja valittaessa tulee kiinnittää huomiota eristeiden ominaisuuksiin, joiden vaatimukset on määritelty IV-suunnitelmissa ja materiaalierittelyissä. Eristysten valinnan ja mitoituksen avuksi on laadittu LVI-kortti 50-10345. [21].

Haastattelun vastauksissa tuli ilmi, että eristysvalinnat tehdään usein samalla tavalla kuin ennenkin on tehty. Eristeiden suunnitteluun vaikuttavat RYL ja RT-kortiston ohjeet kuten LVI 50-10345. Joissain kohteissa tilaajalla voi olla ohjeita ja erityistoiveita, jotka pyritään ottamaan suunnittelussa huomioon. Ennen varsinaista toteutusta voidaan kuitenkin vielä eristeitä poistaa tai lisätä tarvittaessa. Eristysten poisjättämistä tehdään usein kustannussyistä. Eristysten lisäyksille syy on usein varautuminen mahdollisiin kondensoiviin kanaviin, ei energiatehokkuus. [23.]

Eristemateriaalien valintaan vaikuttaa usein merkittävästi myös rakennusurakkaan käytävissä oleva raha. Eristykset ovat joissain tapauksissa helppo kohde hakea säästöjä, mutta se ei välttämättä ole aina pidemmän päälle edullisin ratkaisu.

Taulukkoon 3 on koottu IV-suunnittelijan esimerkkikohteeseen ehdottamien lämpöeristeiden ominaisuuksia. Esimerkkikohteeseen ehdotettu eristemateriaali toimii myös kondenssieristeenä, jos eristyksen saumat teipataan huolellisesti. Taulukossa on esitetty Isoverin vastaava eristetyyppi vertailun vuoksi. Vertailuun otettu Isoverin eriste vastaa tietojen perusteella PAROC Hvac Mat AluCoat -eristettä. Nitoja kiinnityksellä Isoverin eristettä voidaan käyttää vastaavissa asennuskohteissa lamellimaton sijasta. [13.] Kaikkia taulukossa esitettyjä eristeitä ei ole saatavissa kaikissa paksuuksissa. Kuten taulukosta 2 voidaan huomata, kaikki kolme eristettä ovat ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaisia. Eristeiden neliöhinnoinnissa on kuitenkin hieman vaihtelua. [11.]

Taulukko 3. Kahden valmistajan eristeiden ominaisuuksien vertailu.

Eristevalmistaja	Paroc		Isover
Tuotenimi	PAROC Hvac Mat AluCoat	PAROC Hvac Lamella Mat AluCoat	CLIMCOVER Roll CR Alu1 / CC CRoll Alu1
LVI 50-10344 Tunnus	Be	Ba	Be nitojakiinnityksellä Ba
Materiaali	Kivivillamatto	Kivivillalamellimatto	Lasivillamatto
Päällyste	Alumiinilaminaatti	Alumiinilaminaatti	Verkkovahvistettu alumiinilaminaatti
Paloluokka	A1	A1	A1 (20mm: A2 -s1, d0)
Käyttötarkoitus	Ilmakanavien lämmöneriste. Hyvin asennettuna toimii myös kondenssieristeenä.	Ilmakanavien lämmöneriste. Hyvin asennettuna toimii myös kondenssieristeenä.	Lämpö- ja kondenssieristys
Hinta eristys paksuussittain, €/m²			
20 mm	-	10,60	9,31
30 mm	8,40	11,10	9,37
50 mm	9,60	12,65	9,76
80 mm	-	-	11,62
100 mm	12,95	19,10	13,18
Lämmönjohtavuus lämpötilassa 10 °C, W/mK	0,036	0,038	0,036
Maksimikäyttölämpötila, °C	250	250	Peruseriste 150 °C pinnoitteella 80 °C
Huomioita	Huolellisella saumojen teippauksella saadaan aikaan höyrysulku	Huolellisella saumojen teippauksella saadaan aikaan höyrysulku	Nitojakiinnityksellä asennettuna voidaan käyttää lamellimaton sijaan

5 Kustannustarkastelu

5.1 Esimerkkikohteen eristysten kustannustarkastelu

Esimerkkikohteessa käytetty lämpöeriste on paksuudeltaan 30 mm, ja eriste toimii samalla myös kondenssieristeenä. Koska suunnittelijoiden tietoon ei ole tullut, että valittuun eristepaksuuteen olisi liittynyt ongelmia, voidaan todeta 30 mm:n eriste riittäväksi esimerkkikohteen kaltaisiin kohteisiin. Ilmanvaihtosuunnittelijat ovat kuvassa 12 esitetyn materiaaliluettelon mukaan määritelleet esimerkin käytettävästä eristeestä. Suunnittelijat ovat ehdottaneet käytettäväksi PAROC Hvac Mat AluCoat -eristettä, jonka tarkemmat ominaisuudet ja hinnat löytyvät taulukosta 3. Parocin eristeille löytyi hinnat kyseisen yrityksen sivuilta, ja ilmanvaihtoa koskevat eristeet löytyivät Parocin Tekniset eristeet Talotekniikka -tuotehinnastosta, joka on päivitetty 1.4.2020. Kustannustarkasteluun otettiin lisäksi toisen valmistajan tuote, eli Isoverin CLIMCOVER Roll CR Alu1 -eriste, jonka tarkemmat ominaisuudet löytyvät taulukosta 3.

Tarkempaa eristemateriaalien kustannusvertailua varten laskettiin ilmanvaihtokanaviston pinta-ala, koska eristemateriaalien hinnat on esitetty neliöhintoina. Ilmanvaihtokanavisto koostuu muutamasta kanavakoosta, jotka on eritelty taulukossa 1. Esimerkkikohteen eristetyn kanaviston määrät on laskettu summaamalla jokaisen kanavakoon eri pinta-alat yhteen. Pinta-alalaskelmat on esitetty tarkemmin liitteessä 2. Taulukossa 4 on laskettu hinta-arvio sille, mitä esimerkkikohteen lämmöneristetyt kanavat maksaisivat nykyisillä tuotehinnoilla. Laskelma ei sisällä asennustyötä, ja hinnat ovat valmistajan hinnaston mukaisia. Liitteestä 2 nähdään myös kanaviston eristemateriaalien kustannukset kanavan halkaisijakohtaisesti ilmoitettuna. Sarakkeessa 2 on eristeiden yksikköhinta jokaiselle eristemateriaalille ja -paksuudelle. Sarakkeessa 3 on laskettu hinta-arvio sille, mitä esimerkkikohteen koko kanaviston eristemateriaali maksaisi.

Taulukko 4. Esimerkkikohteen koko lämmöneristetyin kanaviston hinta-arviot eri eristysmateriaaleihin.

Tuote nimi / Nimellinen eristepaksuus	Eristeen hinta, €/m ²	Hinta-arvio kanavistolle, €
PAROC Hvac Mat AluCoat		
30 mm	8,4	10648,11
50 mm	9,6	12169,27
PAROC Hvac La- mella Mat AluCoat		
20 mm	10,6	13436,91
30 mm	11,1	14070,72
50 mm	12,65	16035,55
CLIMCOVER Roll CR Alu1		
20 mm	9,31	11801,66
30 mm	9,37	11877,72
50 mm	9,76	12372,09

Taulukosta 4 voidaan havaita, että esimerkkikohteessa käytetty eriste on vertailuun valikoituneista eristemateriaaleista edullisin. Hinnasto antaa esimerkkikohteessa käytetylle eristeelle hinnaksi 8,40 €/m². Hinnaston mukaan 30 mm:n eriste on kuitenkin ohuin tämän tuotesarjan eristeistä. IV-suunnittelijan materiaaliluettelossa esittämällä eristeellä ei siis pystytä suoraan tekemään hintavertailua sen suhteen, jos kohteeseen valikoituisikin ohuempi eriste. Jos verrataan valitun eristyksen hintaa saman kategorian paksumpaan 50 mm:n eristeeseen, huomataan, ettei näillä kahdella ole juurikaan eroa neliöhinnoissa. Paksumpi 50 mm:n eriste maksaa 9,60 €/m². [11.]

Kohteeseen valittu eristys on perustuote, joten ammattilaiselta sen asennus tapahtuu nopeasti, eikä sen asennuksessa pitäisi tulla yllätyksiä. Ilmanvaihtokanavien eristykset myydään usein rullassa, josta eristäjä leikkaa tarvittavan palan. Pelkästään eristysmateriaalin hinta ei riitä oikeaan investointikustannusten hintavertailuun, sillä materiaalin lisäksi tulee ottaa huomioon esimerkiksi asennus- ja rahtikustannukset. [11.]

Kuvassa 12 näkyvässä materiaaliluettelossa on ehdotettu eristemateriaaliksi myös PAROC Hvac Lamella Mat AluCoat -eristettä. Tämän eristemateriaalin tarkemmat ominaisuudet nähdään taulukosta 2. Taulukosta havaitaan, että näiden lamellieristeiden hinnat ovat hieman kalliimpia kuin aikaisemmin mainitun PAROC Hvac Mat AluCoat -eristeen ja molemmat ovat ominaisuuksiltaan hyvin samankaltaisia. Materiaalierittelyssä PAROC Hvac Lamella Mat AluCoat -eristettä on kuitenkin määritelty käytettäväksi silloin, kun kanavistoja ei päällystetä.

Parocin eristeitä tarkasteltaessa havaittiin, että esimerkkikohteen eristykseksi oli valittu jo kyseisen valmistajan edullisimmat ratkaisut lämmöneristykseen. Ohuin markkinoilla oleva lämmöneriste on 20 mm. Parocin ja Isoverin hinnastoja tarkasteltaessa havaittiin kuitenkin, että 20 mm:n paksuisen eristeen hinta on kalliimpi kuin tuon Paroc Hvac Mat AluCoat -eristeen. [11.] Myös vertailuun otettu Isoverin CLIMCOVER Roll CR Alu1 -eriste havaittiin neliöhinnaltaan kalliimmaksi kuin esimerkkikohteeseen ehdotettu eristysmateriaali. [13.]

Kustannustarkasteluihin liittyvät laskelmat ovat vain arvioita, eikä niitä pysty suoraan käyttämään esimerkkikohteen kaltaisen kohteen eristysten kustannusten laskentaan. Laskelmassa on otettu huomioon eristevalmistaja Parocin ja Isoverin antamat hinnat pelkille eristemateriaaleille. Laskentataulukossa ei ole otettu huomioon esimerkiksi asennuskustannuksia. Laskentataulukon tarkoitus on vertailla vain eri eristemateriaalien hintoja keskenään. Eristemattojen hinnat esitetään yksikössä €/m², kun taas eristekourujen hinnat esitetään yksikössä €/m.

5.2 Säästömahdollisuudet

Vaikka eristyskustannukset ovat pieni osuus koko rakennushankkeen kustannuksista, niin silti niistäkin voidaan hakea säästöjä. IV-suunnittelijat joutuvat monesti pohtimaan tilaajan vaatimuksesta, voitaisiinko haara- ja kytkentäkanavat jättää eristämättä. Tällöin saataisiin materiaali- ja asennuskustannuksia alas. Haastatteluissa tuli ilmi, että joissain tapauksissa haara- ja kytkentäkanavia on jätetty eristämättä mahdollisesta kondenssiriskestä huolimatta.

Esimerkkikohteen IV-tasokuvista laskettiin kytkentäkanavien pituudet ja ne vähennettiin taulukon 1 kanavapituuksista. Esimerkkikohteen lämpöeristetyin kanaviston pituudet ilman kytkentäkanavia on esitetty taulukossa 5. Taulukoita 1 ja 5 vertailemalla voidaan havaita, että kytkentäkanavat ovat kooltaan 250–315 mm.

Taulukko 5. Esimerkkikohteen lämpöeristetyt kanavapituudet ilman kytkentäkanavia.

Kanavan halkaisija	Pituus
mm	m
250	0
315	72
400	50
500	250
630	150
1000	50

Taulukossa 5 esitettyjen kanavapituuksien avulla saatiin laskettua eristemateriaalien hinta samalla tavalla kuin luvussa 4.5. Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 6, jossa otettu nähtäville myös taulukon 4 laskennat vertailua varten. Taulukon 6 toinen ja kolmas sarake ovat samat kuin taulukossa 4. Neljännessä sarakkeessa on laskettu hinta-arvio kanaviston eristemateriaaleille, jos kytkentäkanavat jätettäisiin eristämättä. Viimeisessä sarakkeessa on laskettu, paljonko tulisi säästöjä.

Taulukko 6. Esimerkkikohteen koko lämmöneristetyin kanaviston hinta-arviot eri eristysmateriaaleihin ja hinta-arviot kun kytkentäkanavat on jätetty eristämättä.

Tuote nimi / Nimellinen eristepaksuus	Eristeen hinta, €/m ²	Hinta-arvio kanavistolle, €	Hinta-arvio kyt- kentäkanavat jä- tetty eristämättä, €	Säästö materiaa- likustannuksissa, €
PAROC Hvac Mat AluCoat				
30 mm	8,4	10648,11	8238,24	2409,88
50 mm	9,6	12169,27	9415,13	2754,15
PAROC Hvac La- mella Mat AluCoat				
20 mm	10,6	13436,91	10395,87	3041,04
30 mm	11,1	14070,72	10886,24	3184,48
50 mm	12,65	16035,55	12406,39	3629,16
CLIMCOVER Roll CR Alu1				
20 mm	9,31	11801,66	9130,71	2670,95
30 mm	9,37	11877,72	9189,56	2688,16
50 mm	9,76	12372,09	9572,05	2800,05

Taulukosta 6 voidaan havaita, että vaikka kytkentäkanavat jätettäisiin eristämättä, niin materiaalikustannuksista saatavat säästöt vertailuun otetuilla materiaaleilla eivät ole suuria.

5.3 Urakoitsijan hinnoittelu

Eristysasennukset tilataan yleensä eristeurakoitsijalta, joka määrittelee urakan hinnan eristettävän kanaviston pituuden ja kanavakokojen mukaan. Urakoitsija tekee tarjouksensa valmiiden laskentataulukoiden -tai ohjelmien avulla, johon on valmiiksi otettu huomioon materiaalin kustannus, asennukseen kuluva aika ja asennuksen kustannukset sekä muut hintaan vaikuttavat kustannukset kuten rahti ja mahdolliset verot. Urakoitsijoiden materiaalihinnat voivat erota eristevalmistajien ilmoittamista hinnoista, sillä urakoitsijoilla on usein omat hintansa materiaaleille. Urakoitsijan materiaalihintaan vaikuttaa esimerkiksi se, millä hinnalla urakoitsija ostaa materiaalin tukkurilta ja mitkä katteet ma-

terialikustannuksille on sovittu. Eristysurakan kustannuksiin vaikuttaa myös rakennuskohteen sijainti. Etelä-Suomessa urakan hinta voi olla huomattavasti edullisempi kuin esimerkiksi Pohjois-Suomessa. Yksi syy tähän on välimatkat.

5.4 Eristyskourujen kustannustarkastelu

Parocilla on myös PAROC Hvac Aircoat -tuoteperhe, jonka eristeet ovat valmiita eristekouruja. Tätä ei kuitenkaan olisi pystytty hyödyntämään esimerkikohteessa, koska kyseisen tuoteperheen eristeet ovat saatavilla vain halkaisijaltaan 100–250 mm:n kanaviin. Esimerkkikohteen lämmöneristetyistä kanavista pienin kanavakoko on 250 mm. Kustannusarviointia voitiin siis tehdä vain tuon 250 mm:n kanavan eristysten osalta. [11.] Isoverin eristyskourua ei voitu tähän vertailuun ottaa mukaan, sillä sitä on saatavilla halkaisijaltaan 100–200 mm:n kanaviin. [13.] Kuvassa 16 on Parocin Hvac AirCoat -eristekouru, jonka materiaalina on alumiinilaminaatilla päällystetty kivivillakouru. [11.]



Kuva 16. PAROC Hvac AirCoat -kivivillakouru alumiinilaminaatilla.

Taulukossa 7 on tarkasteltu sitä, mikä hintainen eristysratkaisu olisi, jos käytettäisiin eristyskourua. Tässä taulukossa on otettu huomioon vain yksi kanavakoko johtuen luvun alussa mainituista kourujen pienistä halkaisijoista.

Taulukko 7. Eristekourun materiaalikustannus

Kanavan halkaisija	Määrä	Eristeen hinta	Materiaalin hinta
mm	m	€/m	€
250	15	36,90	553,50

Vaikuttaa kuitenkin siltä, että valmiiden eristekourujen materiaalikustannus on kalliimpi kuin eristematon. Jotta eristekouru tulisi edullisemmaksi eristeratkaisuksi, asennuksessa pitäisi saada isojakin säästöjä aikaiseksi verrattuna eristematon eristykseen. Eristeratkaisuiden hintoja vertailtaessa on otettava huomioon myös se, että eristematolla saadaan käyrien eristykset tehtyä helposti samasta matosta. Eristekourut eivät taivu, joten eristekouruista on erikseen omat palat käyrille tai kourusta on leikattava palat, joilla käyrät muodostetaan.

6 Tulokset, havainnot ja päätelmät

Työtä tehtäessä havaittiin se, että ilmanvaihtokanavien eristykseen liittyvät materiaalit ovat monesti vain lyhyitä mainintoja ja tietoa on hajallaan monessa paikassa. Tiedon löytämiseen ja kasaamiseen kului aikaa. Eri materiaaleista havaittiin myös, että tietoa on enemmän putkien eristämistä. Esimerkiksi Isoverin LVI-eristäjän käsikirjassa on ohjeet putkieristysten laskentaperusteista, mutta ohjeissa ei ole mainintaa, voiko ohjetta ja taulukoita hyödyntää myös ilmanvaihtokanavien eristyksissä. Ilmanvaihdolle ei ole käsikirjassa omaa vastaavaa osiota, vaikka siinä kerrotaan IV-eristyksestä. Esimerkkikohteen työselityksessä havaittiin myös sama ilmiö. Työselityksessä sivuttiin putkistojen eristämistä, mutta siellä ei ollut mainintaa IV-kanavien eristyksistä.

Vanhat tavat ja tottumukset vaikuttavat vahvasti ilmanvaihtokanavien eristesuunnitteluun, ja eristysvalinnat tehdään lähes aina kokemuseräisen tiedon perusteella. Usein myös suunnittelu-aikataulut ovat tiukkoja, jolloin vaihtoehtoihin eristysratkaisuihin ei ole aikaa paneutua. Haastattelussa tuli myös esille, etteivät kaikki suunnittelijat koe tietävänsä aiheesta tarpeeksi, jolloin päätökset eristyksistä tekee projektipäällikkö tai kokenempi suunnittelija. Eristykset voidaan nähdä helppona säästökohteena, jolloin eristemateriaalin hankintahinta voi olla yksi suurimmista valintaan vaikuttavista tekijöistä. Olisi hyvä, jos suunnittelun aikataulut eivät olisi liian tiukkoja, jolloin aikaa saataisiin varattua

myös eristevalintoihin paneutumiseen. Ilmanvaihtokanavistojen eristettävä pinta-ala on helposti suurempi kuin putkistojen, johtuen IV-kanavistojen suurten kanavakokojen takia.

Pelkkä oikean eristemateriaalin valinta ei ole tae eristyksen toimivuudesta, sillä toimivuuteen vaikuttaa myös oikealla tavalla toteutettu asennus. Myöskään pelkkä eristemateriaalin hankintahinta ei ole eristyksen kokonaishinta, vaan siihen on lisättävä esimerkiksi asennuskulut ja rahtikulut. Ei ole olemassa yhtä yleiseristysratkaisua, joka toimisi kaikissa kohteissa, koska kohteet voivat olla eristevaatimuksiltaan hyvinkin erilaisia. Ilmanvaihtokanavien eristysratkaisuista tulisi tehdä laajempaa kustannusvertailua, jossa otettaisiin huomioon laajasti eristekustannuksiin vaikuttavia seikkoja, kuten eristeen asentamiseen kuluva aika.

Esimerkkikohteen eristysratkaisuihin perehdyttäessä havaittiin, että IV-suunnittelijat olivat ehdottaneet siihen materiaalierittelyssä eristevalmistajan edullisinta IV-kanavaeristettä. Tiedossa ei myöskään ollut asennukseen liittyviä kustannuksia, sillä usein eristeiden kustannukset sisältävät sekä materiaalin että asennusten kustannukset. IV-eristykset tehdään usein eristematosta, jonka hinta ilmoitetaan neliöhintoina, kun taas eriste-kourun hinta ilmoitetaan metrihintana. Erilainen hinnan ilmoitustapa aiheuttaa haasteita kustannusten vertailuun. Esimerkkikohteesta päädyttiin tarkastelemaan lähinnä myymäläalueen tuloilmakanavien eristeratkaisuja, sillä tasokuvista havaittiin, että muita tiloja palvelevat tuloilmakanavat olivat suurelta osin eristämättä.

Myymälöissä lämmitys- ja jäähdytys on usein toteutettu muuttuvilmavirtaisella tuloilmalla. Tämän takia eristeillä on suuri vaikutus energiansäästöön sekä kondensoimisen estämiseen. Kuitenkin juuri muuttuva ilmavirta ja ilman tila vaikeuttavat elinkaaritalousaluetta tarkastelua.

PAROC Calculus -ohjelma on todettu toimivaksi laskuriksi suunnittelijoiden keskuudessa eristeitä valittaessa. Sillä pystyy hakemaan suuntaa, sopiiko valittu Parocin eriste suunnittelutietojen perusteella kohteeseen. Parocilla on myös muita laskureita, joita voi hyödyntää suunnittelussa. Esimerkkikohteen eristysten lämpöhäviökustannuksia on hankala arvioida, koska suunnittelijalla ei ole tiedossa todellisia käytönaikaisia ilmavirta- ja

lämpötilatietoja. Näiden selvittäminen olisi vaatinut kohteessa tehtäviä mittauksia. Vuodenaikojen vaikutusten takia mittaukset olisi hyvä suorittaa sekä kesä- että talviolosuhteissa. [22.]

Lämmityskaudella myymälään puhalletaan lämmintä ilmaa. Myymäläalue on yhtenäistä tilaa ja tilaa palvelevat kanavistot ovat usein samassa tilassa. Kanaviston lämpöhäviöt siirtyvät lämmitettävään tilaan. Tällöin lämpö ei jakaannu tasaisesti, vaikka lämpö tulee lämmitettävään tilaan. Toisaalta lämpöhäviö nousee ylhäällä olevasta kanavasta edelleen ylöspäin ja näin kasvattaa lämpötilakerrostumaa. Eristämisellä on pienempi vaikutus energiatehokkuuteen. Lämpöeristyksellä vaikuttaisi olevan enemmän hyötyä siinä, että lämpö saadaan hallitusti tilaan. Kesällä myymälään puhalletaan alilämpöistä ilmaa tilojen viilentämiseksi. Lämpötilakerrostuman takia kanavien tasalla lämpötila on useita asteita yli tavoitelämpötilan, joka on 18 °C. Kanaviston alkupäässä ulkopuolisen kondensoimisen riski on suurempi. Tällöin voisi olla parempi, että eristeiden mitoituskriteerinä ja materiaalivalintana olisikin kondenssieristys, ei lämmöneristys.

7 Yhteenveto

Insinööriyö toteutettiin Granlund Oy:n toimeksiannosta, joka on ollut mukana monessa elintarvikemyymälähankkeessa suunnittelijana. Esimerkkikohteena toimi yksi Granlund Oy:n referenssikohteista. Myymälöissä eristettävää tuloilmakanavaa on paljon, jolloin eristysmateriaaleihin kuluu rahaa ja niiden asennukseen aikaa. Tavoitteena oli luoda materiaali, joka toimisi suunnittelijoiden tukena heidän tehdessään eristemateriaalien valintaa esimerkkikohteen kaltaisiin kohteisiin. Tässä insinööriyössä ei kuitenkaan luotu suunnittelijoille sellaista materiaalia, jonka avulla suunnittelija pystyisi vaihe vaiheelta suunnittelemaan tuloilmakanavan eristyksiä.

Työhön saatiin materiaalia tutustumalla aiheeseen liittyviin teksteihin ja esimerkkikohteen tietoihin sekä keskusteluista. Keskusteluiden pohjana toimi haastattelurunko. Työssä vertailtiin esimerkkikohteeseen ehdotettujen eristemateriaalien ominaisuuksia ja kustannuksia toisen valmistajan vastaavaan eristysmateriaaliin.

Työssä päädyttiin tarkastelemaan esimerkkikohteen myymälätiloja. Kiinteistön muissa tiloissa tuloilmakanavia ei ollut eristetty, joten niitten tarkastelu ei ollut olennaista tämän opinnäytetyön kannalta. Merkittävimmät eristykset olivat myymäläalueen tuloilmakanavissa, jotka oli eristetty lämmöneristeellä, joka toimii samalla kondenssieristeinä. Vertailuissa havaittiin, että suunnittelijat olivat valinneet eristemateriaaliksi edullisen vaihtoehdon.

Työtä tehtäessä vahvistettiin aavistus siitä, että tuloilmakanavan eristys on aihe, johon liittyvät tiedot ovat hyvin hajallaan. Etsinnöistä huolimatta aiheesta ei tuntunut löytyvän kattavia tietopaketteja verkkolähteistä. Alan kirjoissakin eristykset mainitaan usein vain lyhyesti, ja pääpaino on yleensä aina putkieristyksissä. Tällä hetkellä vaikuttaa siltä, että IV-eristykset tehdään vanhojen toimintatapojen mukaan, eikä niiden suunnitteluun juuri-kaan käytetä ylimääräistä aikaa.

Työssä ei otettu huomioon esimerkkikohteen eristysten elinkaarikustannuksia tai vaikutusta lämpöhäviöihin, koska tiedossa ei ollut kohteen todellisia käytönaikaisia ilmavirta- ja lämpötilatietoja.

Lähteet

- 1 Sandberg Esa. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät, ilmastointitekniikka osa 1. Helsinki. Talotekniikka-julkaisut Oy.
- 2 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen sisäilmastosta ja ilmanvaihdosta. 2017. Asetus 1009/2017.
- 3 Talotekniikassa yleisesti käytettävät eristysmateriaalit ja niiden asennus. 2003. LVI 50-10344. Määräykset ja ohjeet. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 4 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki. Ympäristöministeriö.
- 5 Pientalon ilmanvaihdon eristäminen. 2011. Verkkoaineisto. Paroc Group. <<https://docplayer.fi/7979282-Pientalon-ilmanvaihdon-eristaminen.html>>. Luettu 30.03.2021.
- 6 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. 2020. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/25-ss-ilmanvaihtojarjestelman-eristaminen>>. Luettu 14.02.2021.
- 7 hEN Helpdesk. 2021. Verkkosivu. hEN Helpdesk. <<https://www.hen-helpdesk.fi/etusivu>>.
- 8 Ilmanvaihtolaitosten paloturvallisuus -opas. 2020. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://www.talotekniikkainfo.fi/ilmanvaihtolaitosten-paloturvallisuus-opas/9-4>> Luettu 14.02.2021.
- 9 SFS-EN 1366-1. Fire resistance tests for service installations. Part 1: Ventilation ducts. 2020. Helsinki. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- 10 IV-kanavien lämmöneristys. 2021. Verkkoaineisto. Isover. <<https://www.isover-tekniset-eristeet.fi/talotekniikka/iv-kanavien-lammoneristys>> Luettu 15.02.2021.
- 11 Paroc Tekniset eristeet Talotekniikkahinnasto. 2020. Tuotehinnasto. Paroc Group. <<https://www.paroc.fi/dokumentit-ja-tyokalut/hinnastot>>. Luettu 18.03.2021.
- 12 Mäkelä Simo. 1999. Tekninen eristäminen. Helsinki. Opetushallitus.
- 13 ISOVER Tekniset eristeet. 2021. Tehdashinnasto. Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy. Luettu 18.03.2021.

- 14 Teollisuuden tekninen eristys & energiatehokkuus. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/12253/Teollisuuden_tekninen_eristys_energiatehokkuus.pdf> Luettu 11.03.2021.
- 15 Ilmanvaihdon eristys. 2021. Verkkoaineisto. Isover. <<https://www.isover.fi/ratkaisut/ilmanvaihdon-eristys>> Luettu 15.02.2021.
- 16 Strukturoitu ja puolistrukturoitu haastattelu. 2020. Verkkoaineisto. KvaliMOTV. <https://www.fsd.tuni.fi/menetelmaopetus/kvali/L6_3_3.html> Luettu 12.03.2021.
- 17 Myymälätyypit. Julkaisuvuosi ei tiedossa. Verkkoaineisto. Päivittäistavarakauppa ry. <<https://www.ptv.fi/kaupan-toiminta/myymalatyyppit/>>. Luettu 10.04.2021.
- 18 Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. 2020. Verkkoaineisto. FINVAC ry. <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf/9f1ca28e-57de-3fa4-5388-a00f4d973afb/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf?t=1603260098252>. Luettu 15.03.2021.
- 19 Elintarvikemyymälä. 2021. Verkkoaineisto. Enervent Zehnder Oy. <<https://www.enervent.fi/kohdetarina/elintarvikemyymala/>> Luettu 20.03.2021.
- 20 Mikä on kastepiste, ja miten sitä mitataan? 2019. Verkkoaineisto. Vaisala Oyj. <<https://www.vaisala.com/fi/blog/2019-11/mika-kastepiste-ja-miten-sita-mitataan>> Luettu 10.03.2021.
- 21 Taloteknisten eristysten mitoitus ja käyttö. 2002. LVI 50-10345. Määräykset ja ohjeet. Helsinki. Rakennustieto Oy.
- 22 PAROC Calculus. 2021. Laskentaohjelma. Paroc Group. < https://calculus.paroc.com/paroc-calculus/index_fi.html#>.
- 23 Granlund Oy:n työntekijät. 2021. Suunnittelijat. Granlund Oy Haastattelu. 22.03.2021.

Haastattelurunko

1. Missä vaiheessa suunnittelua kanavien eristykset päätetään?
2. Millä perusteilla eristykset valitaan kohteeseen?
3. Kauanko eristysten suunnitteluun kuluu aikaa?
4. Missä vaiheessa ilmanvaihtokanavat eristetään?
5. Oletko havainnut ongelmia suunnitelluissa eristyksissä?
6. Tekeekö IV-suunnittelija päätökset IV-kanavien eristyksistä vai tarvitaanko jossain tilanteissa muita suunnittelijoita?
7. Kuvaile eristyksen suunnitteluprosessi lyhyesti.
8. Suunnitellaanko myymälöiden kylmälaitteet ovellisiksi? Miten vaikuttaa sisäilmastoon?
9. Vaikuttaako vuodenajat myymälöiden sisäilmasto-oloihin?
10. Muita mieleen tulevia tuloilmakanavien eristykseen liittyviä asioita?

Kustannustarkastelut

Alla esimerkkikohteen lämpöeristetyin kanaviston pituudet ja eristysten materiaalikustannukset. Kolmannella rivillä esitetty eristevalmistajan eristeelle antama hinta.

Esimerkkikohteen eristetyin kanaviston pituudet.

Kanavan halkaisija		Pituus	Pinta-ala	PAROC Hvac Mat AluCoat		PAROC Hvac Lamella Mat AluCoat			Isover CLIMCOVER Roll Cr Alu 1		
mm	m	m	m ²	30mm	50mm	20mm	30mm	50mm	20mm	30mm	50mm
				8,40	9,60	10,60	11,10	12,65	9,31	9,37	9,76
250	0,25	15	11,78	98,96 €	113,10 €	124,88 €	130,77 €	149,03 €	109,68 €	110,39 €	114,98 €
315	0,315	350	346,36	2 909,43 €	3 325,06 €	3 671,42 €	3 844,60 €	4 381,46 €	3 224,62 €	3 245,40 €	3 380,48 €
400	0,4	50	62,83	527,79 €	603,19 €	666,02 €	697,43 €	794,82 €	584,96 €	588,73 €	613,24 €
500	0,5	250	392,70	3 298,67 €	3 769,91 €	4 162,61 €	4 358,96 €	4 967,64 €	3 656,03 €	3 679,59 €	3 832,74 €
630	0,63	150	296,88	2 493,80 €	2 850,05 €	3 146,93 €	3 295,37 €	3 755,54 €	2 763,96 €	2 781,77 €	2 897,55 €
1000	1	50	157,08	1 319,47 €	1 507,96 €	1 665,04 €	1 743,58 €	1 987,06 €	1 462,41 €	1 471,84 €	1 533,10 €
Yhteensä			1267,63	10 648,11 €	12 169,27 €	13 436,91 €	14 070,72 €	16 035,55 €	11 801,66 €	11 877,72 €	12 372,09 €

Alla esimerkkikohteen eristetyin kanaviston pituudet ja eristysten materiaalikustannukset, kun kytkentäkanavat jätetään eristämättä. Kolmannella rivillä esitetty eristevalmistajan eristeelle antama hinta.

Esimerkkikohteen eristetyin kanaviston pituudet, kun kytkentäkanavat jätetään eristämättä.

Kanavan halkaisija		Määrä	Pinta-ala	PAROC Hvac Mat AluCoat		PAROC Hvac Lamella Mat AluCoat			Isover CLIMCOVER Roll Cr Alu 1		
mm	m	m	m ²	30mm	50mm	20mm	30mm	50mm	20mm	30mm	50mm
				8,40	9,60	10,60	11,10	12,65	9,31	9,37	9,76
250	0,25	0	0,00	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €	- €
315	0,315	72	71,25	598,51 €	684,01 €	755,26 €	790,89 €	901,33 €	663,35 €	667,62 €	695,41 €
400	0,4	50	62,83	527,79 €	603,19 €	666,02 €	697,43 €	794,82 €	584,96 €	588,73 €	613,24 €
500	0,5	250	392,70	3 298,67 €	3 769,91 €	4 162,61 €	4 358,96 €	4 967,64 €	3 656,03 €	3 679,59 €	3 832,74 €
630	0,63	150	296,88	2 493,80 €	2 850,05 €	3 146,93 €	3 295,37 €	3 755,54 €	2 763,96 €	2 781,77 €	2 897,55 €
1000	1	50	157,08	1 319,47 €	1 507,96 €	1 665,04 €	1 743,58 €	1 987,06 €	1 462,41 €	1 471,84 €	1 533,10 €
Yhteensä			980,74	8238,24	9415,13	10395,87	10886,24	12406,39	9130,71	9189,56	9572,05