

Matias Rajapuro

# Korkean asuinkerrostalon LVI-suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

26.10.2015

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Matias Rajapuro Korkean asuinkerrostalon LVI-suunnittelu 37 sivua 26.10.2015
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-suunnittelu
Ohjaajat	lehtori Sari Linna LVI-Insinööri Sami Pulkkinen
<p>Insinöörityön tavoitteena oli tuottaa ohjeistus ja tietopaketti korkeiden uudisasuinkerrostalojen LVI-suunnitteluun. Työ ei ole selkeä suunnitteluohje, vaan sen päätarkoituksena on perehdyttää lukija korkeasta rakentamisesta aiheutuviin muutoksiin ja antaa niille vaihtoehtoisia ratkaisuja. Laadituissa ratkaisuisa huomioitiin pääkaupunkiseudun viranomaisohjeita. Työn materiaalin kasaamista varten haastateltiin useita viranomaisia ja laitteistovalmistajia. Sprinkleri-, jäähdytys- ja savunpoistojärjestelmät rajattiin käsittelyn ulkopuolelle.</p> <p>Työssä selvitettiin kattavasti lämmitys-, ilmanvaihto ja käyttövesijärjestelmien ratkaisuvaihtoehtoja korkeisiin rakennuksiin. Lämmitysjärjestelmissä selvitettiin erityisesti rakennuksen staattisen korkeuden vaikutusta suunnitteluun. Ilmanvaihtojärjestelmissä taas pureuduttiin suurien kanavistojen aiheuttamiin painehäviöihin ja hormivaikutuksen huomioimiseen. Käyttövesijärjestelmissä keskityttiin selvittämään vaihtoehtoisia ratkaisuja paineenkorotukselle. Työhön tuotettiin myös useita taulukoita, joita suunnittelija pystyy käyttämään apu- ja tietovälineenä suunnittelutyössä.</p> <p>Insinöörityön lopputuloksena syntyi kattava ohjeistus ja tietopaketti LVI-suunnittelijan avuksi korkeiden rakennusten LVI-suunnitteluun. Selvitysten ja haastattelujen perusteella olennaisimmat korkeudesta aiheutuvat muutokset ovat järjestelmien sisäinen vyöhykejako, paineenkorotus ja lämmitysverkostoissa tarvittavat välisiirtimet.</p>	
Avainsanat	korkea rakentaminen, paineenkorotus, vyöhykejako, korkea-paine, välisiirrin, hormivaikutus

Author Title Number of Pages Date	Matias Rajapuro HVAC design for high-rise apartment building 37 pages 26 October 2015
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC engineering, Design Orientation
Instructors	Sari Linna, Senior Lecturer Sami Pulkkinen, HVAC engineer
<p>The purpose of this Bachelor's thesis was to point out the technical differences between high-rise and low buildings, and suggest alternative utilization of the HVAC systems in high-rise apartment houses. The aim was to create a guidance for and information package about HVAC planning methods for tall apartment houses. The methods presented were adapted according to the regulatory norms of the Helsinki area. Also, authorities and manufacturers were interviewed to gather data. Sprinkler, cooling or smoke ex-traction systems were excluded from the scope of the thesis.</p> <p>For the project, a comprehensive research on heating, air conditioning, water and sewer systems was conducted. When studying heating, the effects of the static height of the building were especially concentrated on. In the case of air conditioning, the study focused on revealing pressure drops as an effect of a large ductwork, and on taking the chimney effect into account. Alternate measures to pressure increases were analyzed in the study of water systems. Moreover, tables were produced to serve as incremental tools for a designer to use.</p> <p>The outcome of the thesis was a comprehensive guidance and information package that aids with the HVAC design process for tall buildings. Interviews and investigations identified the internal zoning, increase in pressure and the necessary transmitters in the heating network as the main differences resulting from the increased height of the buildings.</p>	
Keywords	high-rise construction, high-rise building, zoning, high pressure, chimney effect

## Sisällys

### Lyhenteet ja määritelmät

1	Johdanto	1
2	Käyttövesi- ja viemärijärjestelmät	1
2.1	Energiatehokkaan putkiston suunnittelu	2
2.2	Paineenkorotus	4
2.2.1	Paineenkorotuksen toteuttaminen vyöhykkeittäin	4
2.2.2	Paineenkorotus kerroksissa	6
2.2.3	Paineenkorotusasemat ja niiden tilatarpeet	7
2.3	Viemärijärjestelmät korkeissa rakennuksissa	9
2.4	Kuiva- ja märkänousut	12
2.4.1	Käyttö ja nousujohtojen vaatimukset	12
2.4.2	Vedensyöttöliittimet	13
2.4.3	Vedenottoliittimet	13
3	Lämmitysjärjestelmät	14
3.1	Kaukolämpö korkeassa rakennuksessa	15
3.2	Korkeanpaineen vaikutus putkistovarusteisiin	16
3.3	Lämmönjakokeskuksen suunnittelu ja tilatarpeet	18
3.4	Lämmönjakokeskuksen tilaratkaisujen mitoitus	19
4	Putkistojen lämpöliike	21
4.1	Lämpöliikkeen hallinnan ratkaisut	22
4.1.1	Lämpöliikkeen hallitseminen viemäreissä	23
4.1.2	Lämpöliikkeen hallitseminen käyttövesi- ja lämmitysverkostossa	24
5	Ilmanvaihtojärjestelmät	26
5.1	Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto	28
5.2	Huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihto	30
5.3	Hormivaikutus ja painesuhteiden hallinta	31
6	Yhteenveto	33
	Lähteet	35

## Lyhenteet ja määritelmät

hormi	Betoninen nousukuilu, jossa tekniikka siirretään korkeussuuntaisesti.
korkea rakentaminen	Yli 12-kerroksinen rakennus.
RakMK	Suomen rakentamismääräyskokoelma
roilo	Avoin nousukuilu, jossa tekniikka siirretään korkeussuuntaisesti.
SFP-luku	Ilmanvaihtolaitteen ominaissähköteho
tornitalo	Yli 12-kerroksinen rakennus
välisiirrin	Lämmitysverkossa oleva lämmönsiirrin

## 1 Johdanto

Korkeiden rakennusten eli tornitalojen rakentaminen on ollut Suomessa vähäistä. Vasta 2000-luvulla on tornitalojen kaavoitus erityisesti pääkaupunkiseudulle alkanut yleistymään. Keski-Pasilaan, Kalasatamaan ja esimerkiksi Espooseen on kaupunkien tekemien korkean rakentamisen selvitysten mukaan suunnitteilla useita kymmeniä tornitaloja. Korkealle rakentamiselle ei ole vielä mitään yhtä määritelmää, mutta yleisesti korkeaksi rakentamiseksi tai tornitaloksi kutsutaan viranomaisten tekemissä selvityksissä rakennusta, jossa on yli 12 kerrosta. [1; 2.]

Insinööriyön tarkoituksena on toimia selvityksenä, josta LVI-suunnittelija pystyy havainnoimaan korkeaan rakentamiseen liittyvät ongelmat eri järjestelmissä ja saa niihin vaihtoehtoisia ratkaisuja. Selvityksen on tarkoitus olla käytännönläheinen, jotta sen soveltaminen suunnittelussa olisi mahdollisimman helppoa. Selvityksen ratkaisuvaihtoehdot ja esimerkit on valittu niin, että ne palvelevat mahdollisimman hyvin maksimissaan noin 90 metriin rakentaessa. Insinööriyö tulee olemaan LVI-Suunnittelu Amplan Oy:n LVI-suunnittelijoiden apu- ja tietovälineenä korkeiden uudisasuinkerrostalojen LVI-suunnittelussa.

Insinööriyössä käsitellään kattavasti eri LVI-järjestelmiä. Ilmanvaihdossa pureudutaan erityisesti ilmanvaihdon eri toteutusvaihtoehtoihin ja hormivaikutuksen tuomiin haasteisiin. Lämmitys- ja käyttövesijärjestelmissä käsitellään erityisesti painetta ja sen tuottamia haasteita. Työssä käsitellään myös viemärointiä ja tilaratkaisuja. Työstä on jätetty savunpoisto-, sprinkleri- ja jäähdytysjärjestelmien käsittely pois. Järjestelmäratkaisussa on rakentamismääräysten lisäksi huomioitu myös pääkaupunkiseudun rakennusvalvonnan ja muiden viranomaisten omia vaatimuksia ja ohjeistuksia.

## 2 Käyttövesi- ja viemärijärjestelmät

Käyttövesijärjestelmää suunniteltaessa korkeaan rakennukseen on viranomaisohjeistuksien ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaan huomioitava erityisesti paineen riittävyys. Avoimessa järjestelmässä nesteen omasta painosta johtuva hydrostaattinen paine aiheuttaa suuren paineen tarpeen korkealla mentäessä. Tämä tarkoittaa sitä, että korkeisiin rakennuksiin tarvitaan usein paineenkorotusasema, jotta vettä saadaan määräysten vaatimalla paineella myös ylimmissä kerroksissa. Paineenkorotusta

tehtäessä tulee huomioida järjestelmän laitteiden ja osien paineen kesto. Rakentamismääräysten mukaan verkoston osien tulisi kestää vähintään 1000 kPa sisäistä ylipainetta. Erityisesti korkeissa rakennuksissa putkistojen painehäviöt korostuvat, ja putkistot tulisi suunnitella suoraviivaisiksi ja väljiksi. Putkistojen painehäviöiden minimoimisella saadaan säästettyä pumppauskustannuksia, mikä tarkoittaa suoraa säästöä loppukäyttäjälle. [3; 4.]

Viranomais- ja laitevalmistajien haastattelujen perusteella korkeissa rakennuksissa käytösesijärjestelmä jaetaan usein vähintään kahteen erilliseen verkostoon, joita kutsutaan vyöhykkeiksi. Verkostoista toinen on varustettu paineenkorotuksella palvelemaan ylempiä kerroksia, ja toinen verkosto toimii kunnallisen vesijohtoverkoston paineella ilman erillistä paineenkorotusta. Paineenkorotuksen toteuttamiselle on muutamia erilaisia ratkaisuja, joita esitellään tulevissa kappaleissa. [5; 6.]

Tornitalojen viemärijärjestelmien suunnittelua ei juurikaan huomioida esimerkiksi kiinteistöviemäroinnin suunnitteluohjeissa (esim. Uponor) tai viranomaismääräyksissä. Edellä mainittujen lähteiden mukaan huomiota tulisi kiinnittää ääniteknisten vaatimusten täyttymiseen, erityisesti viemärihormien sijaintiin ja viemäreiden äänenvaimennukseen. [7]

## 2.1 Energiatehokkaan putkiston suunnittelu

Korkeissa rakennuksissa putkistojen painehäviöt korostuvat. Tarkoituksena ei ole vain tuhota kunnanverkon painetta, vaan painetta joudutaan nostamaan pumpuilla, jotka käyttävät energiaa. Korkeudesta aiheutuvaan hydrostaattiseen painehäviöön ei pystytä vaikuttamaan, mutta muilla keinoilla, kuten putkikoilla ja sekoittajavalinnoilla, voidaan vaikuttaa järjestelmän painehäviöön. Putkistot olisi hyvä suunnitella väljiksi, jolloin virtausopin mukaisesti virtausnopeus pienenee ja myös kitkapainehäviöt vähenevät. Putkistosta tulisi tehdä mahdollisimman suoraviivainen, jolloin kertavastusten eli suunnanmuutosten määrä pienenee. Näiden pienten ratkaisujen yhteisvaikutuksella voidaan vähentää painehäviöitä merkittävästi ja näin ollen pienentää pumppauskustannuksia. [4; 8.]



▼ Tekniset Tiedot	
Ekovirtaama 300 kPa	0.14 l/s
Käyttöpaine	100 - 1000 kPa
Lämmin vesi	max. +80°C
Painehäviö virtaamalla (0.2 l/s)	300 kPa
Painehäviö virtaamalla (0.3 l/s)	250 kPa
Ääniluokka	I (ISO 3822)



▼ Tekniset Tiedot	
Ekovirtaama 300 kPa	0.21 l/s
Käyttöpaine	100 - 1000 kPa
Lämmin vesi	max. +80°C
Painehäviö virtaamalla (0.2 l/s)	160 kPa
Ääniluokka	I (ISO 3822) Oras lab.

Kuva 1. Oras Optima-suihkusekoittajat. Sekoittajista ylempi on sadesuihkumallinen. [9]

Pahimmassa tapauksessa esimerkiksi Oraksen suihkusekoittajien väliset painehäviöerot normivirtaamalla voivat olla 200 kPa. Tämä vastaa 20 metrin nostokorkeutta, joten ero on merkittävä. Kuvassa 1 on esitetty Oraksen kaksi erityyppistä suihkusekoittajaa, joiden teknisistä tiedoista voi havainnoida suihkusekoitinmallien välisiä painehäviöeroja. [9]

RakMK D1:ssä olevan ohjeistustaulukon mukaan pitkissä vesikalusteen kytkentäjohtoissa voi esiintyä myös merkittäviä painehäviöitä. Kerrostaloissa erityisesti keittiön vesipisteen kytkentäjohtoon pituus voi joissakin tapauksissa olla 20 metrin luokkaa, jolloin painehäviöstä voi tulla merkittävä. Kytkentäjohtoon putkikoon korottaminen yhdellä dimensiolla vähentää taulukon mukaan painehäviöitä noin 70 %. Tämä voi tarkoittaa yli 100 kPa pienempiä painehäviöitä. [3; 4.] Taulukossa 1 on esitetty RakMK D1:n mukaisesti erikokoisten muovi- ja kupariputkien painehäviöitä.



Taulukko 1. KytKentäjohdon painehäviöitä havainnollistava taulukko [3].

<b>Kupariputki</b>					
normivirtaama dm <sup>3</sup> /s	Putkikoko du x e	Virtausnopeus m/s	$\Delta p$ kytKentäjohto 3m kPa	$\Delta p$ kytKentäjohto 15m kPa	*KytKentäjohdon enimmäispituus, m
0,1	10 x 0,8	1,8	29	146	1
0,1	12 x 1,0	1,3	12	59	3
0,1	15 x 1,0	0,8	3	15	>10
0,2	12 x 1,0	2,6	45	224	2
0,2	15 x 1,0	1,5	11	57	5
<b>Muoviputki</b>					
0,1	15 x 2,5	1,3	8	39	15
0,2	15 x 2,5	2,6	26	132	12
0,2	18 x 2,5	1,5	8	38	20

\*Enimmäispituuden ohjearvo

## 2.2 Paineenkorotus

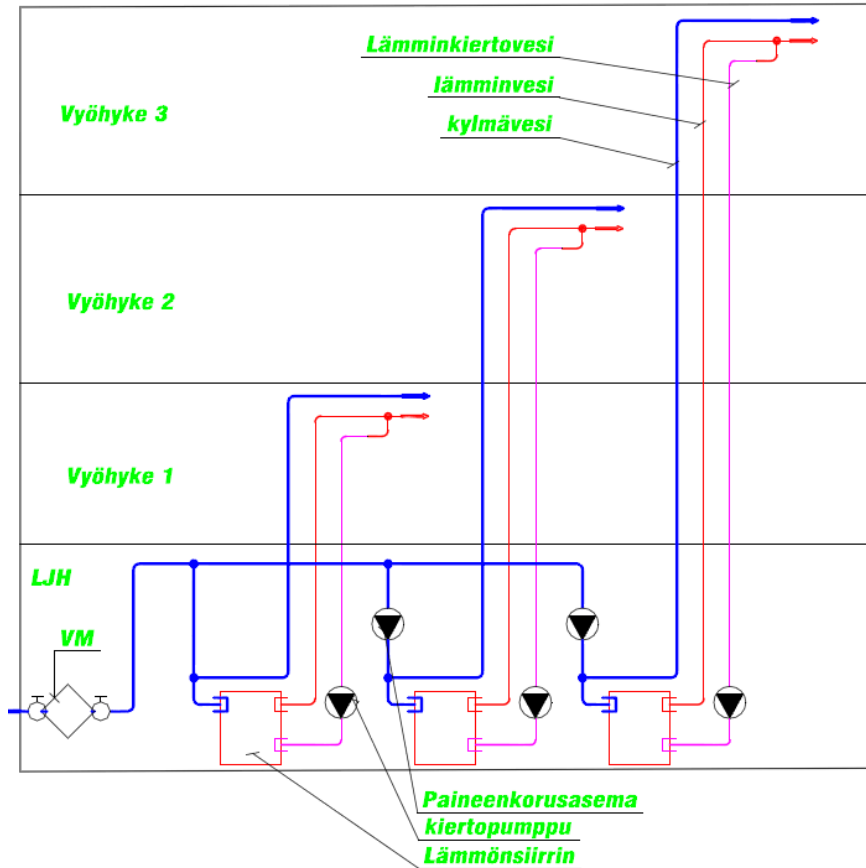
Korkeissa rakennuksissa käyttövesiverkoston painetta joudutaan RakMK D1:n määräysten mukaisesti nostamaan, jos vesilaitoksen ilmoittama vesijohdon alin normaalipaine ei ole riittävä. Määräysten mukaan vesipisteen virtaaman pitää olla vähintään 70 % vesipisteen normivirtaamasta. Tämä tarkoittaa sitä, että määräysten täyttymiseksi vesi joudutaan ottamaan paineenkorotusaseman kautta kerrokseen, joihin paine ei enää muuten riitä. Painetta ei kuitenkaan määräysten mukaan tule nostaa tarpeettomasti. Energiatehokkain ratkaisu olisi, että vaikeimmalta vesipisteeltä saataisiin 70 % normivirtaamasta. [3; 10.]

Rakentamismääräyksissä paineenkorotusta käsitellään vain muutamalla lauseella. Paineenkorotusasemasta sanotaan, että se ei saa aiheuttaa järjestelmässä häiritsevää painenvaihtelua, ylipainetta tai ääntä. Ohjeistuksena määräykset kehottavat käyttämään säätölaitetta ulostulopaineen säätämiseksi ja myös varolaitteita liiallista ylipainetta varten. Korkeata rakentamista koskevat rakentamismääräykset tulevat Suomessa todennäköisesti lisääntymään ja tarkentumaan korkean rakentamisen yleistymisen myötä. [3]

### 2.2.1 Paineenkorotuksen toteuttaminen vyöhykkeittäin

Haastattelujen perusteella yleinen ratkaisu on jakaa kerrokset vyöhykkeisiin, jolloin paine nostetaan jo lämmönjakohuoneessa rakennuksen alimmassa kerroksessa. Esimerkiksi

21-kerroksinen rakennus voitaisiin jakaa kolmeen vyöhykkeeseen, joissa vyöhykkeet olisivat kerrokset 1–7, 8–14 ja 15–21. Tällaisessa vyöhykejaossa kahdella ylimmällä vyöhykkeellä olisi omat paineenkorotusasemat ja ensimmäinen vyöhyke toimisi ilman paineenkorotusta. [6] Kuvassa 2 on periaatepiirros vyöhykejaosta.



Kuva 2. Periaatepiirros käyttövesijärjestelmän vyöhykejaosta [11].

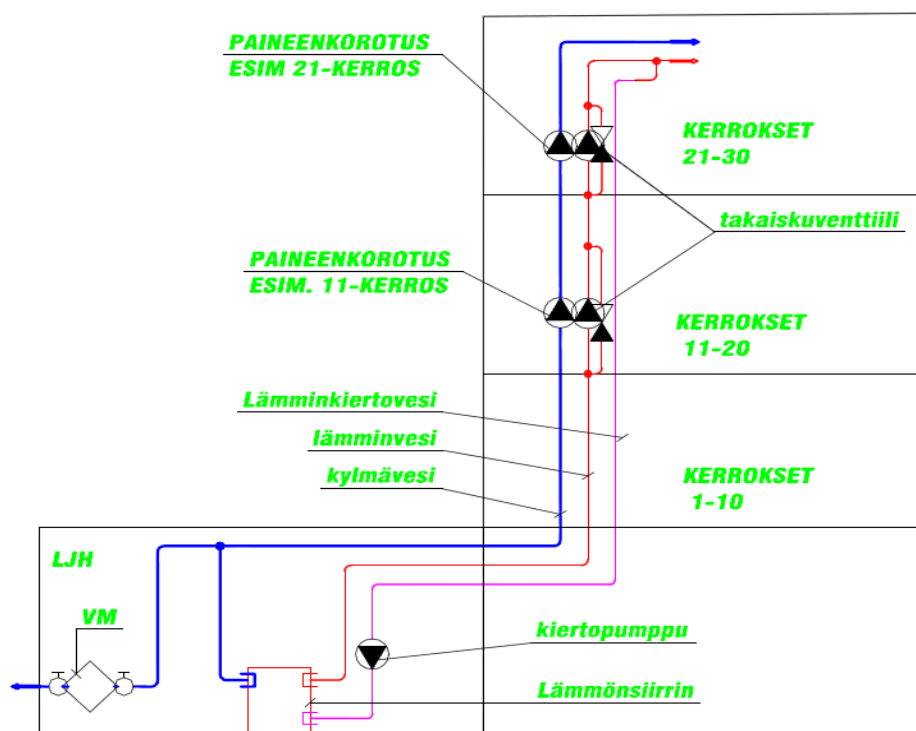
Vyöhykeratkaisussa on kaukolämpömääräyksien mukaan huomioitava putkiston ja sen varusteiden painenkesto. Tämä koskee erityisesti paineenkorotusaseman kautta toimivia vyöhykkeitä. Kaukolämpömääräyksissä määritellään toisiopuolen suurimmaksi sallituksi käyttöpaineksi 1 MPa. Tämä määräys velvoittaa käyttövesijärjestelmät, joissa paineentaru on yli 1 MPa, käyttämään ratkaisua, jossa paine korotetaan vasta lämmönsiirtimen jälkeen. Lopputulos olisi tällöin sama kuin kerroskohtaisessa paineenkorotuksessa eli sekä kylmä- että lämminvesiverkko tarvitsisivat omat paineenkorotusasemat. [12]

Esimerkiksi 21-kerroksisessa rakennuksessa pelkästä korkeuserosta aiheutuvasta hydrostaattisesta paineesta tulee noin 630 kPa:n painehäviöt. Nykyaikaisilla vesipisteen sekoittajilla saattaa olla yli 300 kPa:n painehäviöt normivirtaaman saavuttamiseksi. Tästä

johtuen alakerroksissa vyöhykkeen runko- ja nousuputkistoissa vallitseva paine on mahdollisesti yli 1 MPa. Korkeapaine aiheuttaa tarpeeksi korkeissa rakennuksissa tarkkaa tarkastelua putkistovarusteiden riittävästä paineenkestosta. Esimerkiksi Cuporin kuparisten puserrusliitoksien korkein sallittu käyttöpaine on usein 1,6 MPa. [9]

### 2.2.2 Paineenkorotus kerroksissa

Kerroksissa tehtävällä paineenkorotuksella tarkoitetaan paineen nostamista vasta kerroksissa eikä jo lämmönjakohuoneessa rakennuksen alimmassa kerroksessa. Paineenkorotusasemat voitaisiin sijoittaa 21-kerroksisessa rakennuksessa esimerkiksi kerrokseen 8 ja 15. Tämä ratkaisu mahdollistaisi vain yhden nousulinjan käyttämisen ja huomattavasti pienemmän järjestelmän painetasen. Pienempi painetaso vähentää riskiä liitos- ja laitteistovaurioille. Kuvassa 3 on periaatepiirros kerroksissa toteutettavasta paineenkorotuksesta. Periaatepiirroksessa on myös havainnoitu suljetulle kierrolle tehdyt pumpun ohituslenkit.



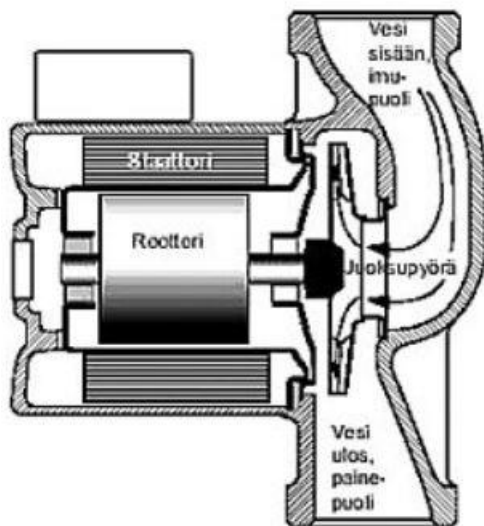
Kuva 3. Periaatepiirros kerroksissa toteutettavasta paineenkorotuksesta [11].

Kerrokseen sijoitettavan paineenkorotusaseman ongelmana on sen tilantarve asuinkerroksissa. Paineenkorotuksen toteutustapa olisi syytä huomioida mahdollisimman aikaisessa vaiheessa, jotta vältetään tilaongelmilta. [11]

Tämänlaista paineenkorotusta Grundfosin tekninen asiantuntija ei ollut tavannut asuin-kerrostaloissa, mutta kertoi sen olevan mahdollinen vaihtoehto. Samanlainen ratkaisu on yleinen esimerkiksi hiihtokeskusten vesitykeissä. [11]

### 2.2.3 Paineenkorotusasemat ja niiden tilatarpeet

Yleisin markkinoilla oleva pumpputyyppejä käyttövesijärjestelmän paineenkorotukseen on keskipakopumppu (kuva 4). Keskipakopumppuja on saatavilla esimerkiksi Grundfosilta, Wilolta ja Kolmeksilta. Pumpun toiminta perustuu keskipakovoiman hyväksikäyttöön, jossa pumpun sisällä oleva siipipyörä pyörittää pumppuun tulevan veden paineelliselle puolelle. Markkinoilla on valmiita paineenkorotuspaketteja, jotka sisältävät kaiken tarvittavan valmiiksi kasattuna. Paineenkorotusasemassa voi olla monta pumppua rinnankytkettynä tai vaihtoehtoisesti vain yksi pumppu. [10; 13.]



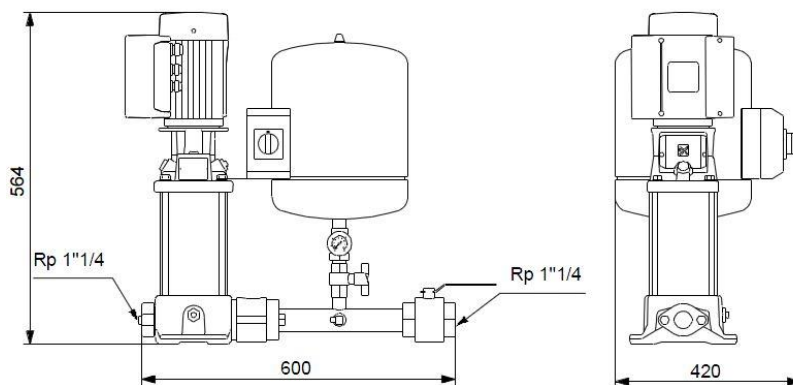
Kuva 4. Periaatepiirros keskipakopumpun toiminnasta.

Paineenkorotuspumppujen määrä vaihtelee toteutustavan mukaan. Kerroksissa tehtävällä paineenkorotuksella joudutaan yleisesti käyttämään tuplasti enemmän pumppuja, sillä sekä lämmin- että kylmävesiverkostot tarvitsevat molemmat vähintään yhden kappaleen pumppuja. Vyöhykejaossa taas paineenkorotuspumppu asennetaan kylmävesijohtoon ennen lämmönsiirintä, jolloin painetta ei tarvitse erikseen nostaa lämpöisessä ja kylmässä verkostossa. Pumppujen määrä suurenee, jos käytetään rinnankytkettyjä vaihtoehtoja. [13]

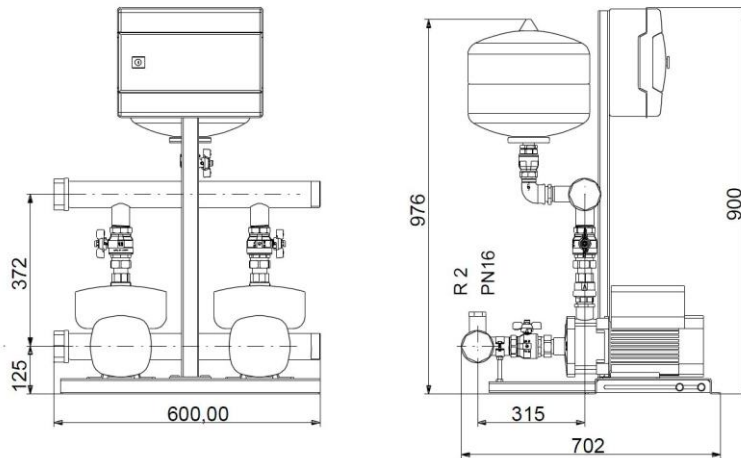


Kuva 5. Grundfos Hydro Multi-E -paineenkorotusasema, jossa on kaksi rinnankytkettyä pumpua. [13]

Paineenkorotusasemat (kuva 5) nostavat aina tilantarvetta lämmönjakuhuoneessa tai vaihtoehtoisesti kerroksissa. Mitä isommat virtaamat ja paineenkorotustarpeet ovat, sitä suurempia pumppuja tarvitaan, jolloin myös paineenkorotusaseman koko suurenee. Paineenkorotusasemalle on Grundfosin asiantuntijan mukaan varattava tarpeeksi myös huoltotilaa. Huoltotilan tulisi mahdollistaa laitteiston vaihto, huolto ja käyttötoimenpiteet. [8; 13.]



Kuva 6. Paineenkorotusasema Grundfos Hydro Solo-E:n mittakuvat.



Kuva 7. Paineenkorotusasema Grundfos Hydro Multi-E:n mittakuvat.

Kuvista 6 ja 7 suunnittelija voi havainnollistaa kahden erilaisen paineenkorotusaseman tilantarpeita. Paineenkorotusasemat on mitoitettu Grundfosin Product Centerillä.

Tekniset tiedot kuvan 6 paineenkorotusasemasta

- Yksi pumppu
- Mitoitusvirtaama 1,3 l/s
- Paineenkorotus 300 kPa
- Mitat 600x420x564 mm

Tekniset tiedot kuvan 7 paineenkorotusasemasta

- Kaksi pumppua
- Mitoitusvirtaama 3,5 l/s
- Paineenkorotus 600 kPa
- Mitat 600x702x900 mm

### 2.3 Viemärijärjestelmät korkeissa rakennuksissa

Korkeissa rakennuksissa viemäreiden suunnittelun ongelmakohtina voidaan pitää samoja rakentamismääräyksissä veloitettuja asioita kuin muissakin rakennuksissa eli virtauksista aiheutuvia ääniongelmia. Viemäreissä äänenlähteen kriittisimpänä paikkana

voidaan Takalan insinööriyössä (14) tekemän tutkimuksen perusteella pitää pystyko-  
koojaviemäriin pohjakulmaa, johon virtaavat nesteet ja jätteet iskeytyessään aiheuttavat  
ääntä. Viemäreiden äänitekniistä suunnittelua vaikeuttaa äänitasojen vaikea ennalta ar-  
viointi laskemalla. Viemäristä aiheutuvien äänten hallinta on monen asian summa. Mah-  
dollisten ääniongelmien välttäminen pystytään minimoimaan asianmukaisilla asennuk-  
silla ja viemäreiden äänitekniisten suunnitteluohjeiden noudattamisella. Taulukossa 2 on  
RakMK D2:n määrittämät ohjearvot LVI-laitteista aiheutuville äänitasoille. Asuinhuonei-  
den ja keittiön äänitasorajat ovat määräyksiä, jotka sisältyvät myös RakMK C1:een. [14;  
15.]

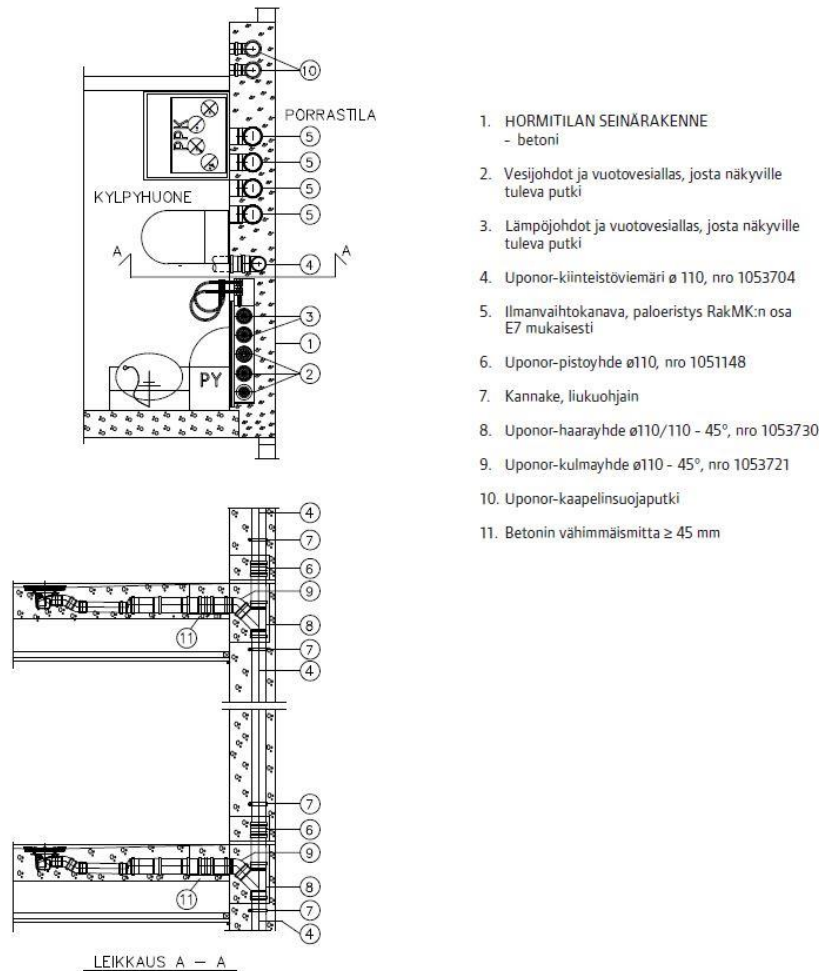
Taulukko 2. LVI-laitteiden äänitasomääräykset ja ohjearvot [16].

Tila / käyttötarkoitus	Äänitaso $L_{A,eq,T}/$ $L_{A,max}$ dB	$L_{A,max} =$	Tarkasteluajanjaksona esiintyvä enimmäisäänitaso huoneessa.
Asuinhuoneet	28 / 33	$L_{A,eq,T} =$	LVIS-laitteiden ja muiden niihin rinnastettavien laitteiden aiheuttama jatkuva keskiäänitaso.
Keittiö	33 / 38		
Vaatehuone, varasto	33 / 38		
Kylpyhuone	38 / 43		
WC	33 / 38		
Kodinhuone	33 / 38		
<b>Yhteistilat:</b>			
Porrashuone	38 / 43		
Varastot	43 / 48		

Rakennusten korkeus ei Takalan tornitalojen pystyviemäreitä käsittelevän tutkimusten  
mukaan juurikaan muuta pystyviemäriin virtaavan nesteen ja aineksen virtausno-  
peutta. Viemäriin noin 70–85 % nesteestä virtaa kierrevirtauksena viemäriin seinämiä  
pitkin. Tällöin virtaava neste saavuttaa maksimaalisen nopeuden jo noin 3–5 metrin pu-  
dotuksessa, ja maksimaaliseksi nopeudeksi muodostuu noin 3–5 m/s. Viemäristä aiheu-  
tuva kitkavastus ja ilmanvastus hidastavat myös viemäriin liikkuvan aineksen kiihty-  
vyyttä. [14]

Pystyviemärit sijoitetaan Uponorin viemärikäsikirjan (7) mukaan usein betonisiin ele-  
menttihormeihin tai avoimiin roiloihin. Hormit tai roilot sijoitetaan ohjeistuksen mukaan  
äänitekniisesti toisarvoisiin tiloihin kuten kylpyhuoneeseen tai keittiöön. Betonisissa ele-  
menttihormeissa ääni- ja paloeristyksen hoitaa tarpeeksi paksu betonikerros viemäriput-  
ken ja tilan välillä. Roilossa viemäri tulee taas ääni- ja paloeristää erikseen. Uponorin

suunnitteluohjeen mukaan viemäriä pitää ympäröidä vähintään 45 mm:n paksuinen betonikerros, jotta äänivaatimukset täyttyvät. [7; 15.] Kuvassa 8 on periaatepiirros pystykoojaviemäristä hormissa ja viemäriin hormiliitoksesta.

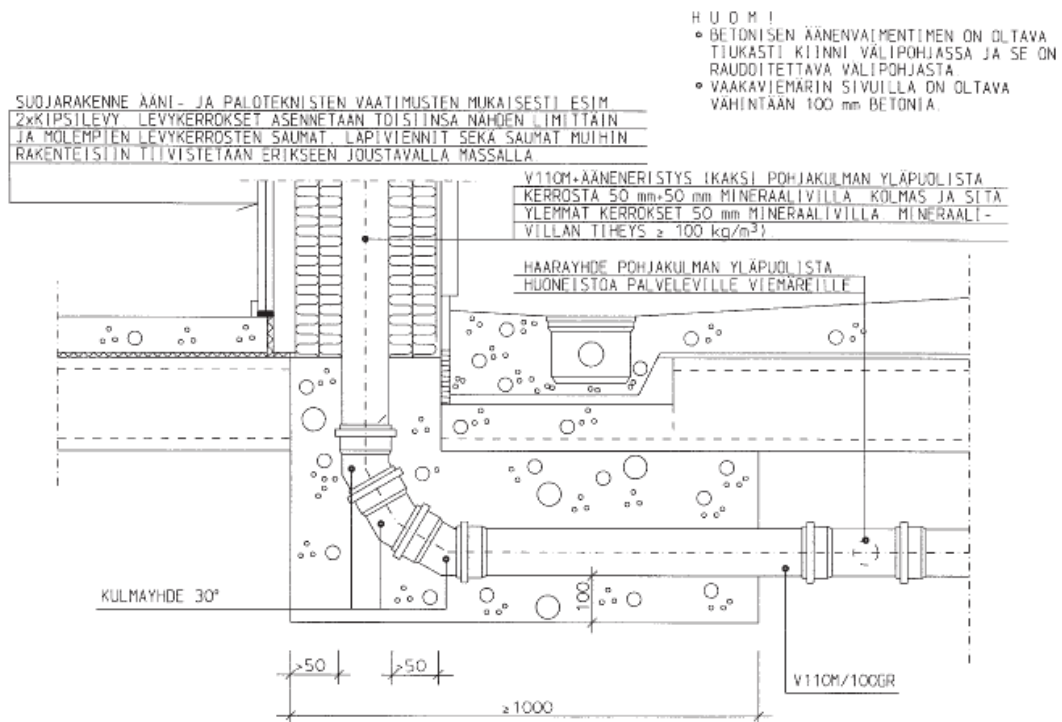


Kuva 8. Uponorin periaatepiirros huoneiston viemäroinnin yhdistämisestä betonisen elementti-hormin pystykoojaviemäriin. Huoneiston viemärit ovat kylpyhuoneen lattiaconivalussa. [7]

Asuinrakennuksissa pystyviemäreiden suunnanmuutoksia tulisi välttää kerroksissa ja toteuttaa suunnanmuutos vasta alapohja- tai kellaritiloissa. Pohjakulman yläpuolista huoneistoa ei viemäreiden ääniteknisen suunnittelu kortin mukaan liitetä pystykoojaviemäriin, vaan ne liitetään vaakakoojaviemäriin vasta betonisen äänenvaimentimen jälkeen. Pohjakulma toteutetaan ohjeen mukaan loivilla 30°:n kulmilla, ja viemäriin sivuilla tulee olla vähintään 100 mm betonia. Äänenvaimentimen tulee olla pituudeltaan vähintään 1 000 mm. Kuvassa 9 on esitetty viemäreiden ääniteknisessä suunnittelukortissa oleva periaatepiirros pohjakulman toteutuksesta. Kuvasta näkyy myös roilossa olevan pystykoojaviemäriin eristysvaatimukset. Ensimmäiset kaksi kerrosta pohjakulmasta



ylöspäin tulee pystykokoojaviemäriässä eristää 100 mm:n mineraalivillalla, jonka tiheys on vähintään 100 kg/m<sup>3</sup>. Siitä ylöspäin eristeeksi riittää 50 mm:n mineraalivilla. [15]



Kuva 9. Periaatepiirros viemäriin pohjakulman betonisesta äänenvaimentimesta [15].

## 2.4 Kuiva- ja märkänousut

Kuiva- ja märkänousuja käytetään korkeissa tai muissa sellaisissa rakennuksissa, joissa kiinteää nousujohtoa sammutusvedensyöttöön koetaan tarpeelliseksi käyttää levitettävän letkujohdon sijaan. Kuiva- ja märkänousut mahdollistavat palokunnalle vedenoton kerroksissa olevista vedenottoliittimistä. Kuivanousussa palokunta syöttää veden rakennuksen vedensyöttöliittimestä. Märkänousussa vesi otetaan pääsääntöisesti vesijohtoverkostosta. Paloviranomainen määrittää, milloin kuiva- tai märkänousua on tarpeellista käyttää ja montako nousujohtoa tarvitaan. [17]

### 2.4.1 Käyttö ja nousujohtojen vaatimukset

Helsingin pelastuslaitoksen suunnitteluohjeen mukaan kuivanousu on sijoitettava jokaiseen yli 8-kerroksiseen rakennukseen. Yli 14-kerroksisissa tai yli 40 metriä korkeissa rakennuksissa kuivanousu tulee korvata märkänousulla. Märkänousu on varustettava

automaattisesti käynnistyvällä paineenkorotuspumpulla. Pelastuslaitokselle on joka tapauksessa varattava mahdollisuus lisävedensyöttöön ennen paineenkorotuspumpua. Järjestelmää suunniteltaessa on lisäksi huomioitava järjestelmän vedentyhjennys, ja märkänousuissa on varmistettava, ettei vesi pääse virtaamaan takaisin vesijohtoverkoon. [17]

Kuiva- tai märkänousujen tulee sijaita porrashuoneessa. Putkistosta tulisi suunnitella mahdollisimman yksinkertainen ja jyrkkiä suunnanmuutoksia putkistossa tulisi välttää painehäviöiden minimoimiseksi. Pienin sallittu putkikoko on DN80, putkikokoa voidaan mahdollisesti joutua suurentamaan verkoston suuren pituuden, riittämättömän paineen tai vaadittua suuremman virtaaman takia. [17]

#### 2.4.2 Vedensyöttöliittimet

Vedensyöttöliittimellä tarkoitetaan pistettä, jossa pelastuslaitos voi syöttää vettä kuiva- tai märkänousuverkostoon. Kuivanousussa vedensyöttöliittimiä tulee ohjeistuksen mukaan olla kaksi kappaletta, kun taas märkänousussa riittää yksi liitin mahdolliseen lisävedensyöttöön. Liittimien mallina käytetään 76 mm:n paloliitin B:tä. Vedensyöttöliittimien sijoituspaikassa tulee huomioida, että liittimen ympärillä keskiöstä mitattuna on vähintään 250 mm vapaata tilaa. Liittimien sijoituspaikat ja maksimi syöttöpaine pitää myös ohjeiden mukaan merkitä selkeästi vedensyöttöliittimen välittömään läheisyyteen. Syöttöpaine saa maksimissaan olla 1 200 kPa. [17]

#### 2.4.3 Vedenottoliittimet

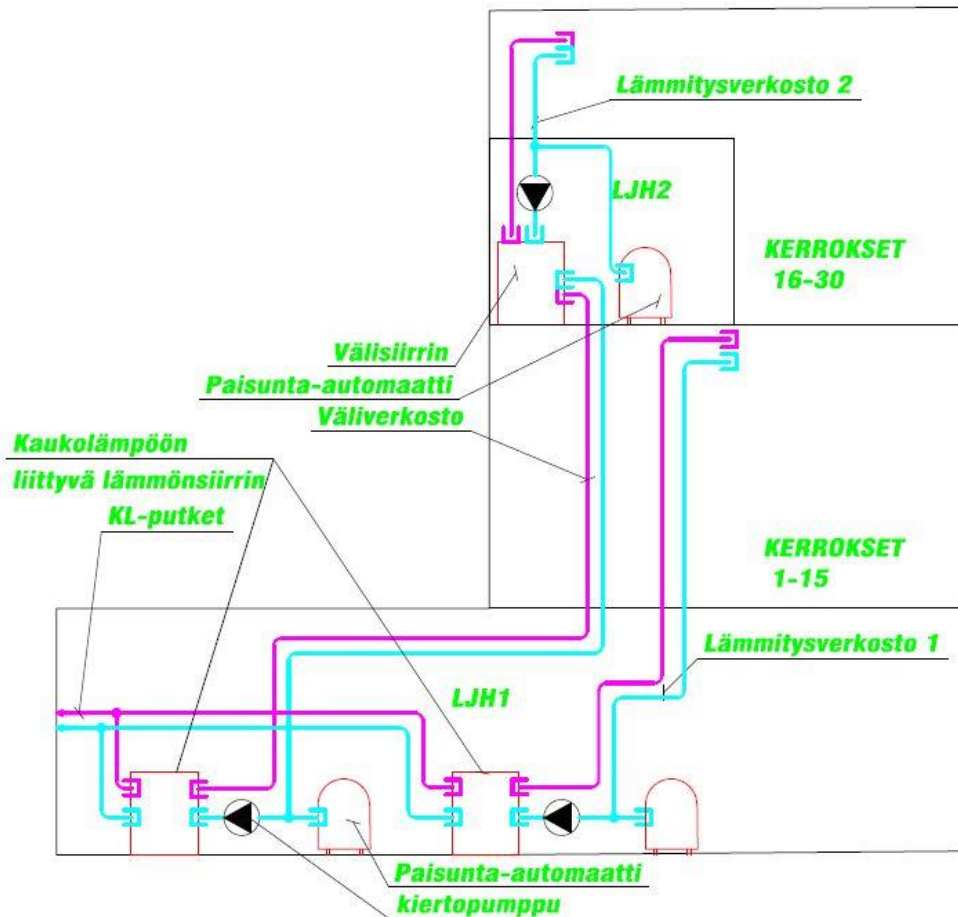
Kuiva- ja märkänousujen vedenottoliitin tulee paloviranomaisten ohjeen mukaan sijoittaa jokaisen porrashuoneen jokaiseen kerrokseen. Liittimien sijaintina tulisi käyttää porrashuoneen sulkutilaa. Jos rakennuksessa on porraskäytävä, sijoitetaan vedenottoliitin porrashuoneen puolelle. Liittimet on asennettava noin 500 mm:n korkeuteen ja liittimen ympärillä keskiöstä mitattuna on oltava vähintään 350 mm tilaa. Vedenottoliitinmalleina käytetään samoja liittimiä kuin vedensyötössä, ja ne on aina varustettava sulkuventtiileillä. Pienissä palo-osastoissa tai automaattisilla sammutuslaitteistoilla olevissa kohteissa jokaiselta pisteeltä on saatava 12 l/s virtaama paineen ollessa vähintään 700 kPa. Muissa tapauksissa virtaaman on oltava jokaisella pisteellä 30 l/s. Virtaaman paine tulee tässäkin tapauksessa olla minimissään 700 kPa. Vedenottoliittimien sijoituspaikat hyväksytään aina paloviranomaisilla ennen toteutusta. [17]

### 3 Lämmitysjärjestelmät

Rakennuksen suuri korkeus aiheuttaa useita muutoksia lämmitysjärjestelmän teknisissä ratkaisuihin ja tilatarpeissa. Suurimmat muutokset viranomaisten ja laitevalmistajien haastattelujen perusteella ovat mahdollisen toisen lämmönjakohuoneen sijoittaminen kerroksiin ja lämmönsiirtimien määrän moninkertaistuminen verrattuna matalampiin rakennuksiin. Lämmitysverkot jaetaan haastateltujen kaukolämpötarkastajien mukaan usein vyöhykkeisiin samalla periaatteella kuin käyttövesipuolella. Vyöhykejako mahdollistaa esimerkiksi verkoston häiriötilanteissa sen, että koko rakennuksen lämmitys ei lamaannu samanaikaisesti. Lämmitysverkostoissa kuten kaikissa muissakin LVI-järjestelmissä korkea toimintapainetta on hyvä välttää mahdollisuuksien mukaan. [5; 6.]

Selkeimmät eroavaisuudet suunnitteluratkaisuihin tulevat vastaan, kun lämmitysverkoston käyttöpaine ylittää 6 baarin eli 600 kPa:n paineen. Käyttöpaine määräytyy lämmitysverkoston staattisen korkeuden perusteella eli paisunta-astian alimman pisteen ja verkoston ylimmän pisteen korkeuserosta. Käyttöpainetasot riippuvat osin myös paisunta-astiamallista. Usein korkeissa rakennuksissa on hyvä käyttää kompressori- tai pumpuohjattua paisunta-automaattia, joka on tehtyjen mitoituslaskelmien perusteella tilavuudeltaan huomattavasti pienempi kuin tavanomainen paisunta-astia. Rakennuksen käyttöpaineet ylittävät 6 baarin rajan noin 15–18 kerroksen kohdalla riippuen kerroskorkeudesta. [12; 18.]

Lämmityslaitteiden suunnittelupaine ja verkoston maksimi käyttöpaine on kaukolämpömääräyksissä 6 baaria, joka on myös joidenkin Purmon radiaattorimallien suurin sallittu painetaso. Viimeistään tässä vaiheessa tulisi lämmitysverkoston staattista korkeutta saada pienennettyä. Ainoa ratkaisu tähän on toisen lämmönjakohuoneen sijoittaminen ylemmäksi kerroksiin. Helsingin energian ohjeistuksien mukaan kaukolämpöputkia ei kaukolämpöverkoston painevaihteluiden takia voida reitittää ylös kerroksissa sijaitsevaan lämmönjakohuoneeseen. Tässä tapauksessa lämmitysverkoston lämmitysenergia joudutaan siirtämään väliverkostolla korkeammalle kerroksiin. Väliverkostolla tarkoitetaan lämmityspiiriä, joka siirtää kaukolämpöverkkoon kytketyltä lämmönsiirtimeltä lämmitysenergian eteenpäin kerroksiin seuraavalle siirtimelle. Tämä korkeammalle kerroksiin sijoitettu lämmönsiirrin palvelee rakennuksen lämmitysverkkoa. Kaukolämpömääräyksien asettamista lämpötilataseista voidaan Helsingin energian mukaan välisiirrintapauksessa poiketa, jotta menoveden lämpötila saadaan myös lämmitysverkoston välisiirtimessä tarpeeksi korkeaksi. [5; 12; 19.] Välipiiriratkaisua voi havainnollistaa kuvasta 10.



Kuva 10. Periaatepiirros välisiirtimen käytöstä lämmitysverkostossa [6].

Välisiirtimen käytön periaatepiirroksessa kuvassa 10 kerrokset 16–30 saavat lämmitysenergiansa välisiirtimellä. Alempien kerrosten lämmitystä palvelee lämmönjakohuoneessa 1 oleva kaukolämpöön kytketty lämmönsiirrin. Periaatepiirroksessa on havainnoinnut myös verkostojen kiertopumput ja paisuntalaitteistot.

### 3.1 Kaukolämpö korkeassa rakennuksessa

Kaukolämpöenergiaa käyttävissä rakennuksissa kaukolämpömääräykset määrittävät toisiopuolen meno- ja paluuvien maksimilämpötilat. Lämpötilatasot vaihtelevat riippuen lämmitysjärjestelmästä. Kaukomääräyksien määrittämät lämmitystasot selviävät taulukosta 3. Poikkeustapauksissa kuten korkeissa kerrostaloissa välisiirrinratkaisua käytettäessä kaukolämpötoimittajat ovat joustaneet lämpötilavaatimuksissa. Välipiirin menoveden lämpötila vaikuttaa oleellisesti lämmitysverkoston suunnitteluun. Tästä johtuen

kaukolämmötoimittajan kanssa tulisi ennen suunnittelun aloittamista sopia, mitkä lämpötilatasot ovat sallittuja kaukolämpöön kytketyllä siirtimellä. Vasta tämän jälkeen voidaan suunnitella lämmitysverkostoa palvelevan välisiirtimen toimintalämpötilat. Mitoituslämpötiloja suunnitellessa huomiota tulisi kiinnittää virtausmääriin, jotka voivat mahdollisesti olla suuria väliverkoston ja lämmitysverkoston pienten lämpötilaerojen takia. Virtausmäärällä on suora vaikutus putkikokoon. [6; 12.]

Taulukko 3. Uudisrakennusten lämmönsiirtimien mitoituslämpötilat rakennusten kaukolämpömääräyksien mukaisesti [12].

	LÄMMÖNSIIRTIMIEN MITOITUSLÄMPÖTILAT °C			
	ENSIÖ TULO	PALUU	TOISIO PALUU	MENO
Radiaattorilämmitys (suositus)	115	33 (max)	30 (max)	45 (max)
Radiaattorilämmitys (poikkeustapaukset)	115	33 (max)	30 (max)	60 (max)
Lattialämmitys	115	33 (max)	30 (max)	35 (max)
Kosteiden tilojen mukavuuslattialämmitys	70	28 (max)	25 (max)	30 (max)
Ilmanvaihdon lämmitys	115	33 (max)	30 (max)	60 (max)
Huomautus	Ensiöpuolen paluulämpötila saa olla enintään 3 °C korkeampi kuin toisiopuolen paluulämpötila			

### 3.2 Korkeanpaineen vaikutus putkistovarusteisiin

Korkeassa rakentamisessa laitteistovalintoihin pitää kiinnittää erityistä huomiota järjestelmässä mahdollisesti vallitsevan korkeanpaineen takia. Lämmitysverkostossa paineenkestoltaan heikoimmat lenkit ovat Termovent Oy:n Ralf Ekqvistin mukaan usein radiaattorit, paisunta-astiat ja ilmanpoistimet. Suunnittelijan tulee aina korkeapaineista järjestelmää suunnitellessa huomioida verkoston osien ja laitteiden paineluokat. [20; 21.]

Korkeissa rakennuksissa käytettävät putkistovarusteet eivät teknisiltä ominaisuuksiltaan juurikaan eroa matalalammissa kerrostaloissa käytetyistä ratkaisuista. Merkittävin toiminnallinen ero tulee paisunta-astiassa, jos halutaan käyttää ohjausyksiköllä varustettua kompressor- tai pumpputoimista paisunta-automaattia. [18; 20.]

Markkinoilla on nykyisin tavallisen kalvopaisunta-astian lisäksi nykyaikaisia kehittyneempiä kompressor- ja pumpputoimisia paisunta-automaatteja. Esimerkiksi Termovent Oy:n tarjoamissa Reflex-pumppu- ja kompressoritoimisissa paisunta-automaateissa on paisunta-astian lisäksi erillinen ohjausyksikkö. Ohjausyksikkö mahdollistaa esitteen mukaan järjestelmään tasaisemman käyttöpaineen ja radikaalisti pienemmän kokoisen paisunta-astian käytön silloin, kun järjestelmän esipaine on korkea. Korkeissa rakennuksissa paisunta-automaattia olisi hyvä käyttää järjestelmän suuren käyttöpaineen sekä tilaratkaisuiden takia. Tavanomaisen kalvopaisunta-astian ja kompressoritoimisen paisunta-automaatin tilavuudellista eroa korkeapaineisessa järjestelmässä voi tarkastella taulukosta 4. Taulukon laskelmat on tehty paisunta-astian valinta ja mitoitus LVI-kortin mukaan. Kompressoriohjatun paisunta-astian mitoitukset on tehty Teknocalor Oy:n Teknoweb-mitoitusohjelmalla. [18; 20.]

Taulukko 4. Kompressoriohjatun ja tavanomaisen kalvopaisunta-astian tilavuudellisia eroja erikokoisissa verkostoissa [18].

Paisunta-astia tyyppi	Järjestelmän tilavuus dm <sup>3</sup>	Esipaine kPa	Varoventtiilin avautumispaine kPa	Korkein lämpötila °C	Alin lämpötila °C	Paisunta-astia tilavuus dm <sup>3</sup>
<b>Kompressoriohjattu</b>	1500	400	600	60	10	<b>36</b>
<b>Tavallinen</b>	1500	400	600	60	10	<b>201</b>
<b>Kompressoriohjattu</b>	3000	400	600	60	10	<b>71</b>
<b>Tavallinen</b>	3000	400	600	60	10	<b>401</b>
<b>Kompressoriohjattu</b>	5000	400	600	60	10	<b>119</b>
<b>Tavallinen</b>	5000	400	600	60	10	<b>669</b>

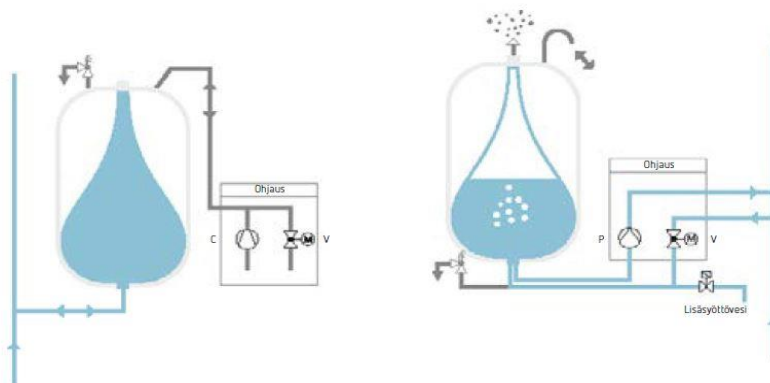
Paisunta-astian tilavuudelliseen kokovaatimukseen vaikuttaa mitoitusohjelmien perusteella verkoston nestetilavuus sekä kiertonesteen maksimaalinen lämpötilaero. Myös käytettävä nestetyyppi vaikuttaa, sillä erilaisilla nesteillä on erilaiset lämpölaajenemisominaisuudet. Yleisin kiertoneste lämmitysjärjestelmissä on vesi. [18]

Suurissa korkeapaineisissa lämmitysverkostoissa tavanomaisen kalvopaisunta-astian koko voi kasvaa taulukon 4 mukaan huomattavan suureksi. Tällöin paisunta-astia vie paljon tilaa. Kompressoritoimisen paisunta-automaatin paisunta-astian kokovaatimus on

korkeapaineisessa verkostossa yli viisi kertaa pienempi kuin kalvopaisunta-astialla. [18; 20.] Tätä voi havainnollistaa taulukon 4 laskelmista.

Reflex-paisunta-automaattien esitteen mukaan kompressoritoimisen paisunta-astian toiminta perustuu kompressorilla avustettuun järjestelmän paineen nostoon. Kompressorikäynnisty ohjaten ilmaa paisuntasäiliön ilmapuolelle kun asetettu käyttöpaineraja alituu. Tämä aiheuttaa paisuntasäiliössä veden työntymisen verkostoon. Vastaavasti kun paine ylittää sille asetetun rajan, aukeaa paisuntasäiliön ylivuotoventtiili päästäen paisuntasäiliöstä ilmaa pois. [20]

Esitteen mukaan pumpputoiminen paisunta-astia toimii vastaavalla periaatteella kuin kompressoritoiminen. Eroavaisuutena on kompressorin sijasta pumppu, jolla vesi johdetaan verkostoon [20]. Sekä pumppu- että kompressoritoimisen paisuntajärjestelmän kytkentäperiaatetta voi tarkastella kuvasta 11. Kuvassa on esitetty pumpun sekä kompressorin sijainnit järjestelmässä.



Kuva 11. Kuvassa on esitetty periaatepiirros Reflexin kompressor- ja pumppuohjatusta paisunta-astiasta (oikealla puolella) [20].

### 3.3 Lämmönjakokeskuksen suunnittelu ja tilatarpeet

Korkeissa rakennuksissa lämmönjakokeskuksen tarkempi suunnittelu ja tilatarpeet korostuvat edellisissä luvuissa todettujen laitteistotarpeiden ja ratkaisujen takia. Korkeissa asuinkerrostaloissa yleisesti käytettävässä vyöhykemallissa jokaista vyöhykettä palvelee oma lämmönsiirrin sekä lämmitys- että käyttövesipuolella. Tästä voi aiheutua lämmönsiirtimien määrän kolminkertaistuminen, joka tarkoittaa myös paisunta-astioiden kol-

minkertaistumista. Helenin kaukolämpötarkastaja Eero Seurasen mukaan rakennuksissa tarvitaan mahdollisesti myös toinen lämmönjakohuone korkeammalle kerroksiin, jotta lämmitysverkostoissa vallitsevaa painetta saadaan pienennettyä. [6; 11; 20.]

Energiateollisuus ry:n tekemässä rakennusten kaukolämmitys teoksessa on ohjeellisia arvoja kaukolämpöpaketin tilantarpeesta (taulukko 5). Kaukolämpöön liitettävien lämmönsiirtimien lisäksi tilaa on varattava myös paisunta-astioille, vesipisteelle, päävesimitarille, valvonta-alakeskukselle ja kaukolämmön energiamittaukselle. Tilaa tulisi yrittää käyttää mahdollisimman tehokkaasti hyödyksi, jotta vältetään tarpeettomilta hukkaneliöiltä. Ahtaita lämmönjakokeskuksia suunniteltaessa tulisi huomioida tilan riittävyys myös käyttö- ja huoltotoimenpiteitä varten. [12]

Taulukko 5. Kaukolämpömääräysten neliömääräinen ohjeistus lämpökeskusten tilatarpeille [12].

Asuinrakennuksen tilavuus m <sup>3</sup>	Lämmönsiirtimien lukumäärä	Kaukolämpölaitteiden tilantarve m <sup>2</sup>
500	2	2
500	3	2,5
1000	3	3
1000	4	4
10000	4	5
20000	4	5

Korkeimmissa rakennuksissa, joissa toimitaan kolmella tai mahdollisesti neljällä vyöhykkeellä, voi lämmönsiirtimiä olla yli 10. Lämmönsiirtimien määrään vaikuttaa olennaisesti käytettävät lämmitystavat. [6]

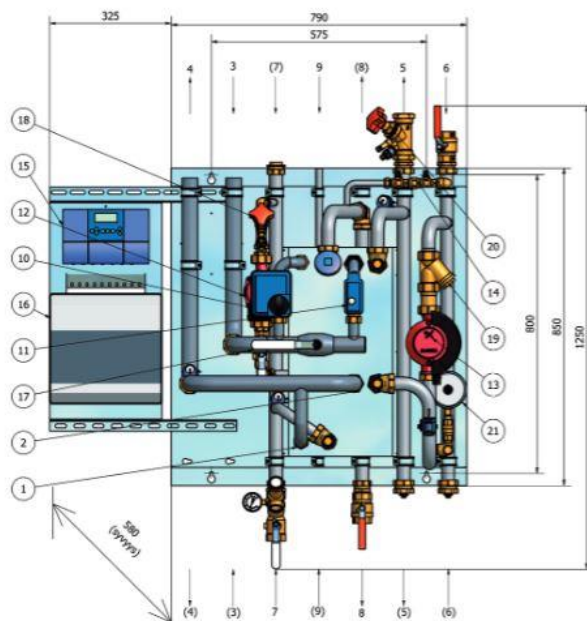
### 3.4 Lämmönjakokeskuksen tilaratkaisujen mitoitus

Tehokkaalla ja asiantuntevalla suunnittelulla pystytään säästämään usein lämmönjakolaitteiden tarvitsemia neliöitä. Markkinoilla on nykyisin seinään asennettavia lämmityspaketteja, jotka vievät vähemmän tilaa kuin lattiamalliset. Esimerkiksi suuren lämpöpaketititoimittaja HögforsGST:n seinämälliset lämpöpaketit ovat yrityksen teknisten esitteiden mukaan myös huomattavasti kevyempiä kuin lattiamalliset. Seinäasenteisia suuritehoisia lämpöpaketteja ei kuitenkaan markkinoilta juuri löydy. Korkeassa rakennuksessa



lämmityksen ja käyttöveden vyöhykemallijakoa käytettäessä seinämällisten siirtimien tehot riittävät usein palvelemaan vähintään 1-rappuista rakennusta. Seinäasenteisia lämmityspaketteja voi käyttää esimerkiksi palvelemaan vain lämmitysverkostoja, jos vyöhykkeiden lämpimänkäyttöveden mitoitusvirtaamat nousevat suuriksi. [22]

Kuvassa 12 on mitta- ja kytkentäpiirustus HögforsGST:n valikoimassa olevasta kaksipiirisestä seinämällisestä lämpöpaketista. Paketti on käyttötarkoitukseltaan luokiteltu rivi- ja kerrostaloihin. Sen käyttövesisiirtimestä saatava maksimiteho on sen teknisen dokumentin mukaan 240 kW, joka vastaa noin 1,2 l/s mitoitusvirtaamaa. Lämmitysverkoston lämmönsiirtimen maksimitehot ovat 201 kW. Patteriverkostossa tämän tehoisella lämmönsiirtimellä pystytään kerrostalossa lämmittämään yli 100 asuntoa. Tämä lämpöpaketti on isoin seinäasenteinen malli, jonka HögforsGST tarjoaa. Lämpökeskus (kuva 12) vie seinäpinta-alasta reilun neliön verran tilaa, ja syvyydessä se vaatii 500 mm tilaa. [22]



**Nro: Komponentti**

- 1 Käyttöveden lämmönsiirrin, LS1
- 2 Lämmityksen lämmönsiirrin, LS 2
- 3 Kaukolämpö tulo
- 4 Kaukolämpö paluu
- 5 LJ-meno
- 6 LJ-paluu
- 7 Kylmän veden syöttö
- 8 Lämminvesi
- 9 käyttöveden kierto
- 10 Käyttöveden säätöventtiili, TV1
- 11 Lämmityksen säätöventtiili, TV2
- 12 Kiertovesipumppu, käyttövesi
- 13 Kiertovesipumppu, lämmitys
- 14 Lämmitysverkoston täyttöventtiili
- 15 Säädin
- 16 Ohjauskeskus
- 17 Lämmityksen kesäsulku
- 18 Käyttövedenkierron linjasäätöventtiili
- 19 Lämmityksen mudanerotin
- 20 Lämmityksen linjasäätöventtiili
- 21 Hälyttävä painemittari, LJ-verkko

(Kuvassa on suluin ( ) esitetty vaihtoehtoinen kytkentä suunta)

Kuva 12. Kuvassa seinäasenteinen lämmönjakokeskus HögforsGTS UNIS 332-350 [22].

Pelkkää lattiapinta-alaa tarkastelemalla seinäasenteinen lämmityspaketti vie valmistajan teknisen esitteen perusteella hieman vähemmän tilaa kuin lattiamallinen lämpöpaketti. Seinäasenteisen lämpöpaketin etu on, että se tarvitsee vain yhden avoimen suunnan käyttöä ja huoltoa varten. [22; 23.]

Lämmönjakokeskusten tilantarpeen määrittämiseen suunnittelija tarvitsee tiedon lämmönsiirtimien lukumäärästä ja järjestelmän tehollisen arvion. Näiden perusteella suunnittelija pystyy hahmottelemaan lämmönjakokeskusten, paisuntalaitteiden ja paineenkorotusosien tilantarpeita - esimerkiksi työssä esiteltyjen mittapiirrosten avulla. [22; 23.] Taulukkoon 6 on listattu kerrostalokäyttöön soveltuvien lämmönjakopakettien asentamiseen tarvittavia neliömääriä valmistajan ohjeiden mukaan. Paisuntalaitteistojen ja paineenkorotusosien tilantarpeita voi tarkastella tämän työn aiemmista luvuista.

Taulukko 6. Valmiiden Högfors GTS:n valikoimista löytyvien lämmönjakokeskusten ohjeellisia tilantarpeita. Korkeisiin kerrostaloihin tarvitaan vähintään 2 lämmönjakokeskuspakettia, jos käytetään käyttövesi- ja lämmitysverkostojen vyöhykejakoja. [22; 23.]

Mitat mm	Tilantarve lattia, m <sup>2</sup>	Tilantarve seinä, m <sup>2</sup>	Lämmön- siirrin lkm	huomioita
1015x560x1250*	0,6	1,3	2	Käyttövesisiirtimen teho >200 kW
1150x650x1250	0,7	0	2	Käyttövesisiirtimen teho >200 kW
1800x650x1250	1,2	0	3	Käyttövesisiirtimen teho >200 kW
1400x700x1400	1,0	0	2	Käyttövesisiirtimen teho >400 kW
2050x700x1400	1,4	0	3	Käyttövesisiirtimen teho >400 kW

\*Seinäasenteinen lämmönjakokeskus

#### 4 Putkistojen lämpöliike

Putkistojen lämpöliikkeen hallinnan ohjeeksi on tehty useita teoksia ja ohjekortteja. Tähän työhön laaditut lämpöliikkeen hallinnan ohjeet on tehty käyttämällä hyväksi putkivalmistajien ohjeita, lämpöliikkeen hallinnan LVI-korttia ja Seppäsen Rakennuksen lämmitys-teosta. LVI-ohjekortin mukaan putkistoja suunniteltaessa on aina huomioitava lämpöliikkeen vaikutus. Erityisesti korkeissa rakennuksissa lämpöliikkeen merkitys korostuu pidemmissä nousujohdoissa, joissa ei ole haaroja. Ohjekortin mukaan useimmissa tapauksissa riittävän pitkät kytkentäjohtot, läpivientikappaleet ja luonnolliset mutkat esimerkiksi haaralinjoissa riittävät lämpölaajenemisen vastaanottamiseen. Hallitsemattomasta lämpöliikkeestä voi seurata vaurioita esimerkiksi kannakkeissa tai liitoksissa. Hallitsematon lämpöliike voi myös lyhentää putkiston käyttöikä. [24; 25.]

Kaikilla materiaaleilla on omat lämpölaajenemisominaisuutensa. Yleisesti käytettyjä putkimateriaaleja vesi-, viemäri- ja lämmitysjärjestelmissä on useita (taulukko 7). Eri materiaalien lämpölaajenemisominaisuuksia pystyy tarkastelemaan taulukosta 7, joka on peräisin LVI-kortista 12-10330. [24]

Taulukko 7. Lämpöliike eri materiaaleilla eri lämpötilaeroilla [24].

Putkimateriaali	Lämpö- pitenemis- kerroin $\alpha$ mm/m $^{\circ}$ C	Lämpöpiteneminen $\Delta l$ mm/m									
		Lämpötilaero $\Delta t$									
		10 $^{\circ}$ C	20 $^{\circ}$ C	30 $^{\circ}$ C	40 $^{\circ}$ C	50 $^{\circ}$ C	60 $^{\circ}$ C	70 $^{\circ}$ C	80 $^{\circ}$ C	90 $^{\circ}$ C	100 $^{\circ}$ C
Teräs	0,012	0,12	0,24	0,36	0,48	0,60	0,72	0,84	0,96	1,08	1,20
Ruostumaton teräs	0,016	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44	1,60
Haponkestävä teräs	0,016	0,16	0,32	0,48	0,64	0,80	0,96	1,12	1,28	1,44	1,60
Kupari	0,018	0,17	0,34	0,50	0,67	0,84	1,01	1,18	1,34	1,51	1,68
PVC	0,08	0,80	1,60	2,40	3,20	4,00	4,80	5,60	6,40	7,20	8,00
PB	0,12	1,20	2,40	3,60	4,80	6,00	7,20	8,40	9,60	10,80	12,00
PP	0,15	1,50	3,00	4,50	6,00	7,50	9,00	10,50	12,00	13,50	15,00
PEM, PEH	0,17	1,70	3,40	5,10	6,80	8,50	10,20	11,90	13,60	15,30	17,00
PEL	0,18	1,80	3,60	5,40	7,20	9,00	10,80	12,60	14,40	16,20	18,00
PEX	0,19	1,90	3,80	5,70	7,60	9,50	11,40	13,30	15,20	17,10	19,00
Monikerrosmuovi (PEX-Al-PEX)	0,025	0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	1,50	1,75	2,00	2,25	2,50

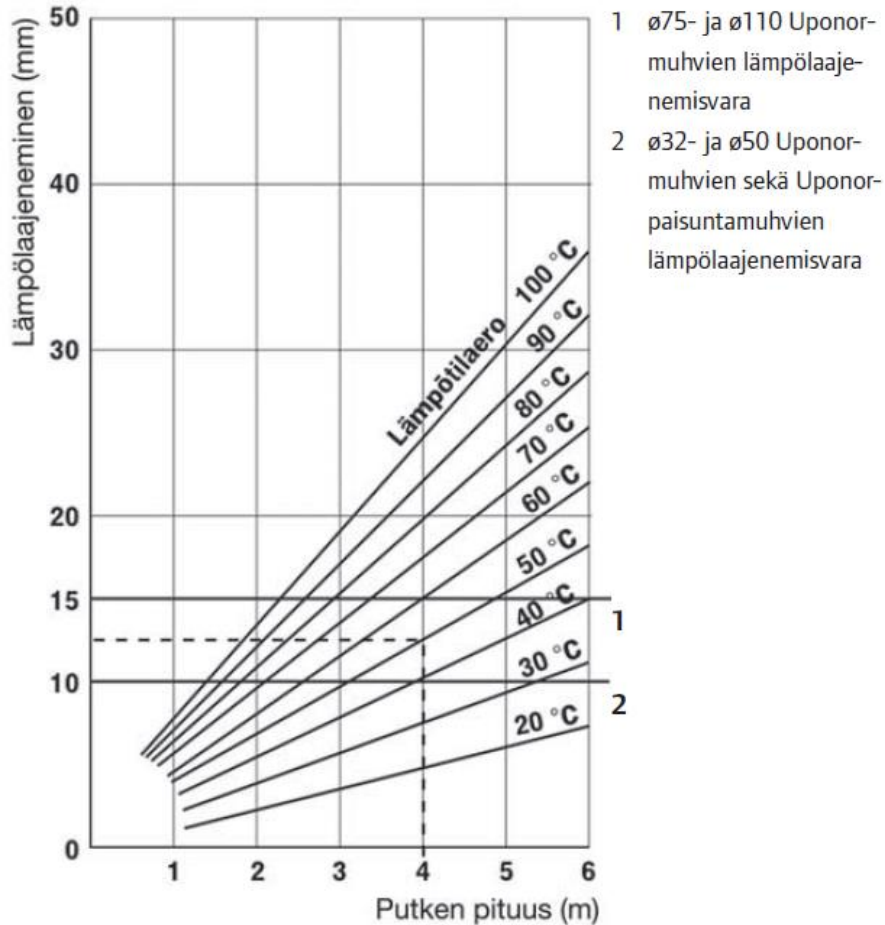
Tarkastellaan taulukon 7 avulla esimerkiksi 63 metriä korkeaa teräksistä lämpönousujohtoa, joka asennetaan 0  $^{\circ}$ C:n lämpötilassa ja jonka menoveden lämpötila on maksimissaan 60  $^{\circ}$ C. Tällöin nesteen lämpötilaeroksi saadaan 60  $^{\circ}$ C ja nousujohtoon lämpöpiteneminen on 45,36 mm (taulukosta 7). Taulukosta voidaan todeta, että kuparin lämpöpiteneminen on noin 40 % ja tavallisella PEX-putkella huimat 1 580 % suurempaa kuin teräsputkella. Tavalliselle PEX-putkelle on kuitenkin olemassa vaihtoehtoisia monikerrosmuoviputkia, joiden lämpölaajenemisominaisuudet ovat lähes vastaavia kuin kuparilla ja teräksellä. [24]

#### 4.1 Lämpöliikkeen hallinnan ratkaisut

Lämpöliikkeen hallitsemiseen on erilaisia ratkaisuja riippuen putkiston käyttötarkoituksesta. Lämpöliikkeen hallinnan ohjekortin mukaisesti yleensä lämpöliikkeen hallintaan riittävät luonnolliset käyrät, liitoskappaleet ja lämpöliikkeen salliva kannakointi. Tarvittaessa putkiin voidaan tehdä paisuntakaaria tai varustaa ne lämpöliikkeen tasaimilla. Pai-

suntakaaret vievät paljon tilaa ja lämpöliike aiheuttaa kaaren ulkolaidalla putken ohene-  
mista, josta voi seurata repeämiä. Vaihtoehtoisesti putkistossa voidaan käyttää esimer-  
kiksi paljetasaimia (kuva 16), jotka vaativat vähemmän tilaa. [24; 25; 26.]

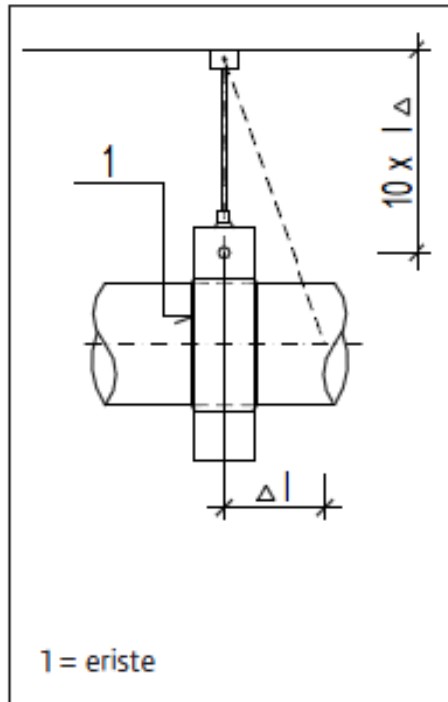
#### 4.1.1 Lämpöliikkeen hallitseminen viemäreissä



Kuva 13. Uponor-viemäreiden muhvien ja paisuntamuhvien lämpölaajenemisvara [7].

Uponorin viemärikäsikirjan mukaan lämpöpitenemisen hallintaan riittää usein muhwillisen viemärin ja muhwillisen viemärin osien käyttö. Teoriassa viemärin lämpötila voi vaihdella rakennuksessa olevissa kuiluissa ja hormeissa 10...58 °C:n välillä. Lämpötilaerosta aiheutuva lämpölaajeneminen 110 mm:n muoviviemärissä pystytään kuvan 13 perusteella hallitsemaan neljän metrin välein olevilla muhviliitoksilla. Alapohjassa menevissä viemäreissä lämpötila voisi mahdollisesti laskea alle 10 °C:n, mutta kun viemäri on asennettu maatyttöön tai eristetty vaatimusten mukaisesti, ei ongelmia pitäisi syntyä. Viemäreiden

osalta erityistä huomiota tulisi kiinnittää pitkiin haarattomiin viemäriosuuksiin. Lämpöliikkeen hallintaratkaisujen yhteydessä tulee käyttää myös kiinteitä ja lämpöliikkeen vastaanottavia kannakkeita kuten kuvassa 14 olevaa kierretankokannaketta. [7; 26.]

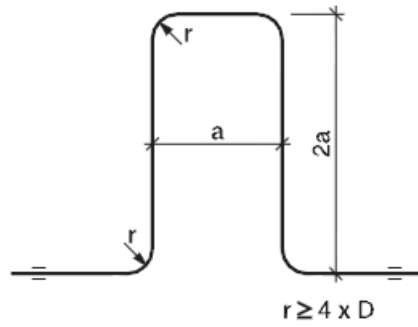


Kuva 14. Kuvassa lämpöliikkeen salliva kierretankokannakointi, jossa  $\Delta$  on putkiosuuden lämpöpiteneminen [26].

#### 4.1.2 Lämpöliikkeen hallitseminen käyttövesi- ja lämmitysverkostossa

Lämmitys- ja käyttövesiputkistoissa kuten kaikissa putkistoissa pyritään lämpölaajeneminen tasaamaan luonnollisilla ratkaisuilla eli suunnanmuutoksilla. Jos lämpöliikkeen tasaaminen luonnollisilla menetelmillä ei ole mahdollista, joudutaan käyttämään paisuntakaaria tai paljetasaimia. Tornitaloissa mahdolliset lämpöliikkeen hallinnan lisäratkaisut kohdistuvat pitkiin putkiin elementtihormeissa, roiloissa tai runkolinjoissa. Putkimateriaaleina käytetään käyttövedessä yleisesti kuparia ja lämmityspuolella terästä. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää myös komposiittiputkea. [24; 25.]

Kun päädytään käyttämään paisuntalenkkejä (kuva 15), on niille roilossa varattava tarpeeksi tilaa. Paisuntakaarien toteutus kiinteissä hormoneissa voidaan toteuttaa tekemällä esimerkiksi paisuntalenkki kerroksessa hormin ulkopuolella. Ahtaissa paikoissa voidaan käyttää vähemmän tilaa vaativia paljetasaimia (kuva 16). [24; 27.]



Kuva 15. Paisuntalenkin mitoitus kupari- ja teräputkeen [24].

$$a = 16 * \sqrt{D} * \Delta l$$

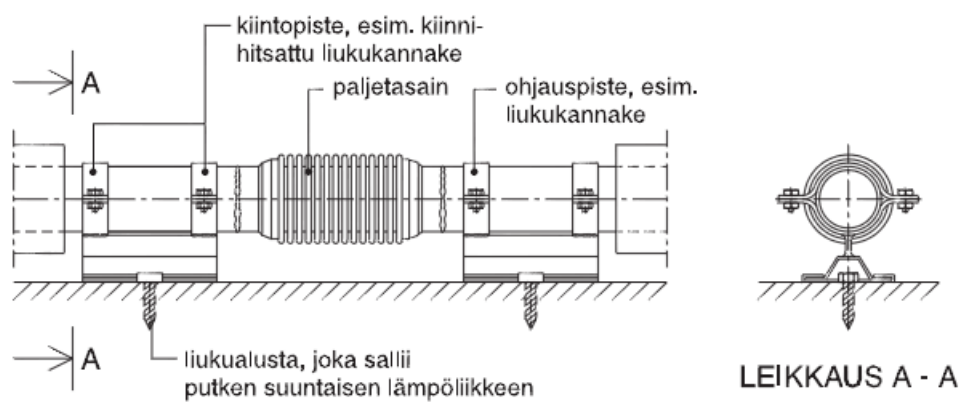
jossa

a on paisuntakaaren mitta, mm

D on putken ulkohalkaisija, mm

$\Delta l$  on putkiosuuden lämpölaajeneminen, mm (taulukosta 1)

r on taivutussäde, mm



Kuva 16. Periaatepiirros paljetasaimesta ohjaus- ja kiintopisteineen [24].

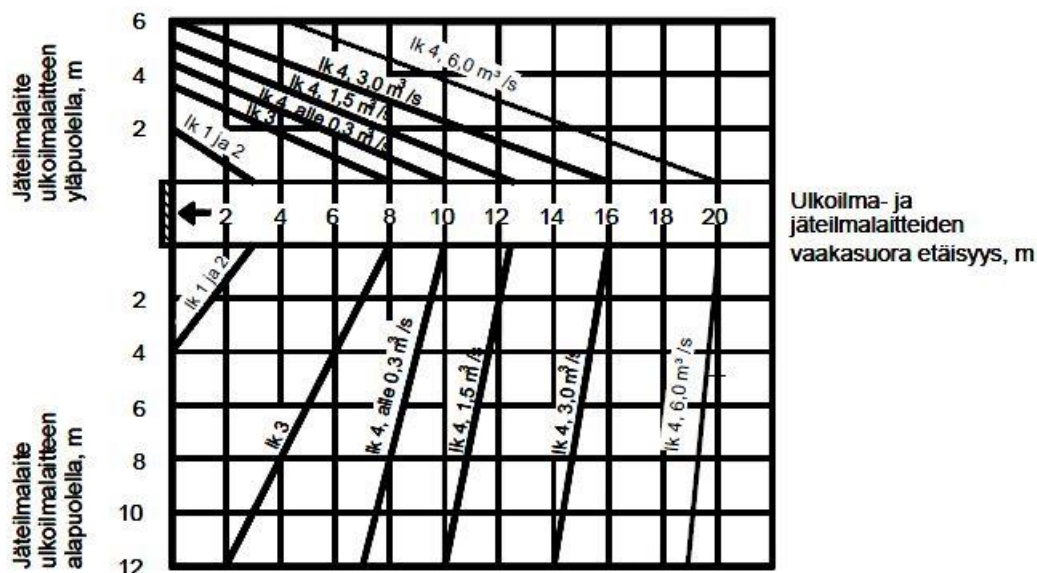
## 5 Ilmanvaihtojärjestelmät

Korkeissa asuinkerrostaloissa voidaan ilmanvaihtojärjestelmä toteuttaa joko keskitetyllä tai huoneistokohtaisella koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla. Suurissa ilmanvaihtojärjestelmissä energiatehokkaan kanaviston suunnittelu korostuu verrattuna matalampiin kerrostaloihin. Järjestelmän painehäviöillä on suoravaikutus ilmanvaihtokoneen SFP-lukuun, joka voi pahimmassa tapauksessa olla rajoittava tekijä keskitetyn ilmanvaihdon toteutukselle. SFP-luvun eli ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähkötehon vaatimus on tällä hetkellä RakMK D3:n mukaan  $2,0 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$ . [28; 29.]

Suomen rakentamismääräyskokoelmissa ei juuri huomioida korkeiden rakennusten ilmanvaihdonsuunnittelua. Määräyksissä on muutamia kohtia, jotka muodostuvat ongelmallisiksi. Sisäilmasto ja ilmanvaihtojärjestelmiä käsittelevässä RakMK D2:ssa määritellään jäteilman ulospuhalluslaitteelle suojaetäisyyksiä esimerkiksi ikkunoihin ja raitisilmanottoihin. Määräyksen noudattaminen estää poikkeuksetta jäteilman seinäpuhalluksen kerroksissa. Erityisesti huoneistokohtaisessa ilmanvaihdossa tämä tarkoittaa, että jokainen jäteilmakanava johdetaan erillisenä nousukanavana vesikatolle. Taulukossa 8 ja kuvassa 17 ovat RakMK D2:n määräykset jäteilmalaitteen sijoituspaikan suojaetäisyyksistä. Asuinhuoneisto kuuluu jäteilmaluokkaan 3. [16]

Taulukko 8. RakMK D2:n määräämät suojaetäisyydet jäteilmalaitteelle [16].

Jäteilmalaitteen etäisyys	Etäisyys, m			
	Poistoilmaluokka			
	1	2	3	4
Alapuolella olevista avattavista ikkunoista	2	2	4	6
Samalla tasolla tai yläpuolella olevista avattavista ikkunoista tai oleskelutasoista	3	3	6	10
Maanpinnasta tai pihatasosta	2	2	3	5
Naapuritontista (ei koske pientaloja)	2	2	5	8
Tuuletusviemärin ja savupiipun aukosta,	1	1	1	1



Kuva 17. RakMK D2:n määräämä suojaetäisyys jäte- ja ulkoilmalaitteen väliselle etäisyydelle [16].

Suomen suurissa kaupungeissa, kuten Espoossa ja Helsingissä, on tehty tornitalojen eli korkean rakentamisen selvityksiä, joissa on pintapuoleisia ohjeistuksia vaadittavista selvityksistä. Selvitysten mukaan esimerkiksi Helsingin ja Espoon rakennusvalvonta voi myöntää joissakin tapauksissa poikkeuslupia jätelaitteiden suojaetäisyyksien kumoamiseksi. Tämä mahdollistaa huoneistokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä sekä raitisilma- ja jätelaitteen sijoittamisen huoneiston ulkoseinälle. Suunnittelijan tulee kuitenkin selvityksien mukaan valmistautua antamaan selvitys, jossa on todennettu, että käytettävä ratkaisu ei haitallisesti sekoita jäte- ja raitisilmaa. [30; 31.]

Helsingin kaupungin korkean rakentamisen rakentamistapaohjeessa on myös muita LVI-suunnittelijaa koskevia lisäselvitysvaatimuksia. Keskitettyä ilmanvaihtoa käytettäessä tulee rakennusvalvontaan toimittaa selvitys ilmanvaihdon vyöhykejaosta. Lisäksi sinne tulee toimittaa suunnitelma porrashuoneen ja hissikuilun savunpoisto- ja ylipaineistusjärjestelmistä. Myös hormivaikutuksen hallinnasta tulee toimittaa laskelmat nousukanavien, porrashuoneiden ja hissikuilujen osalta. [31]



## 5.1 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihto

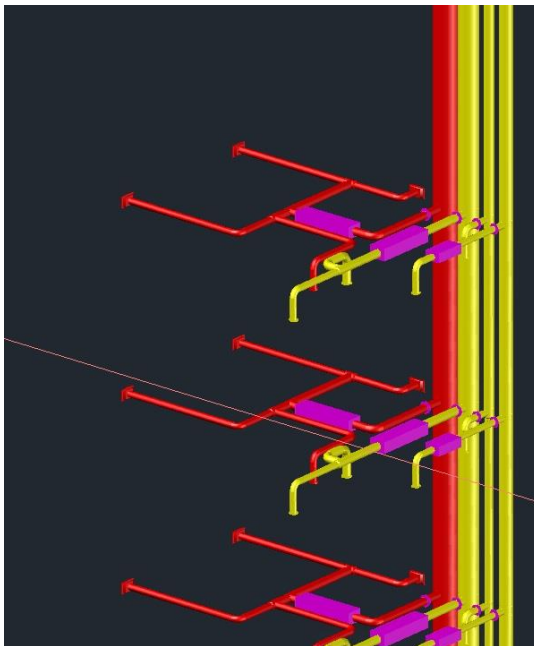
Keskitetyn ilmanvaihdon suunnitteleminen korkeaan rakennukseen aiheuttaa huomattavasti enemmän haasteita kuin matalampiin rakennuksiin. Pitkissä nousukanavissa aiheutuvat painehäviöt ja hormivaikutuksen huomioiminen nousukanavistoissa vaatii suunnittelijalta erityistä tarkastelua rakennusvalvonnan vaatimiin lisäselvityksiin. Keskitetty ilmanvaihto aiheuttaa rakennukseen suuret hormi tarpeet erityisesti ylimpiin kerroksiin. Hormien neliömääräinen tilanvienti voi olla merkittävä. Huomiota tulisi kiinnittää myös ilmanvaihtojärjestelmän tasapainottamiseen, sillä kanavistot ovat huomattavasti laajemmat kuin matalammissa rakennuksissa. [28; 32.]

Vuosittain kiristyvät energiamääräykset ja ilmanvaihtokoneiden SFP-vaatimukset rajoittavat ilmanvaihtokoneen puhaltimien painetasojen rajatonta nostamista [32]. Suunnittelija pystyy omalta osaltaan vaikuttamaan energiatehokkaan kanaviston suunnitteluun tinkimättä kuitenkaan sisäilmaston vaatimustasoista. Ilmastointilaitoksen mitoitus teoksen mukaan nousukanavien koon mitoituksessa tulisi huomioida ilmanvaihdon tehostuksen vaikutus. Ilmanvaihdon tehostus toteutetaan keskitetyssä ilmanvaihtojärjestelmässä huoneistokohtaisella poistoilmavirran tehostuksella. Vaihtoehtoisesti ilmanvaihdon tehostus voidaan toteuttaa teoksen mukaan huoneistokohtaisilla tulo- ja poistoilmakanavissa olevilla painesäätimillä. Nousukanavien tehostusaikaisia ilmamääriä ei tarkalleen pystytä arvioimaan, sillä tehostustoiminnon käyttö on huoneistoissa hajanaista. [28]

Taulukossa 9 on Magicad-ohjelmistolla tehdyn korkean asuinkerrostalon ilmanvaihtokanaviston ja sen laitteiden painehäviölaskelmat. Mallikohteena on 30-kerroksinen kerrostalo, jossa on 150 huoneistoa. Kerroskorkeus on kolme metriä, ja ilmanvaihtokone sijaitsee rakennuksen vesikatolla. Ilmanvaihtojärjestelmä on jaettu kolmeen 10-kerroksiseen vyöhykkeeseen. Taulukossa 9 olevat tulokset ovat vyöhykkeeltä, joka palvelee kerroksia 1–10. Esimerkkitapauksessa tulo- ja poistoilma tuodaan huoneistoihin elementtihormissa. Yksittäinen hormi palvelee aina pystysuunnassa linjassa olevia asuntoja. Kuvasta 18 voi tarkastella esimerkin 3D-mallia.

Taulukko 9. 30-kerroksisen kerrostalon ilmanvaihtojärjestelmän mitoitus tuloksia. Ilmanvaihtoverkosto on mallinnettu Magicad-ohjelmistolla.

Järjestelmä	Käyttötarkoitus	Nousukanavan/kanavan koko mm	Nousukanavan Ilmämäärä l/s	Maksimaalinen $\Delta p$ nousukanavassa Pa/m	Vaikeinreitti $\Delta p$ Pa
Tuloilma	koko huoneisto	400	360	0,25	115
Poistoilma	KPH + S	315	230	0,36	131
Poistoilma	Liesituuletin	200	100	0,73	160
Poistoilma	Vaatehuone	160	50	0,61	180
Raitisilma	Raitisilmanotto	800	1800		25
Jäteilma	Ulospuhallus	800	1900		29
Tuloilmapuhallin paineentarve: 140 Pa / 1800 l/s					
Poistoilmapuhallin paineentarve: 209 Pa / 1900 l/s					



Kuva 18. Havainnekuva Magicad -ohjelmistolla tehdystä kanavistosta.

Mallikohteessa huomioitiin kaikki asianmukaiset kanaviston osista aiheutuvat painehäviöt. Kanavisto mallinnettiin Ilmanvaihtotuotteita valmistavan Climeconin tulo- ja poistoilmaventtiileillä. Verkoston säätäminen toteutettiin nousu ja huoneistokohtaisilla säätöpelileillä. Kanavisto saatiin tasapainotettua Magicad-ohjelmistolla, ja säätövarat säätöpelileillä riittivät hyvin.

## 5.2 Huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihto

Huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmanvaihto ei teknisiltä ratkaisuiltaan juurikaan muutu korkeissa kerrostaloissa. Ero matalampiin kerrostaloihin syntyy, jos huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden jäteilmakanavat joudutaan määräysten vaatimusten mukaisesti johtamaan vesikatolle. Jäteilmakanavanousuista tulee tällöin alimpien kerrosten osalta erittäin pitkiä, ja niissä voi ilmamäärästä riippuen syntyä merkittäviä painehäviöitä. Ilmanvaihtohormeja tarvitaan myös huomattavan paljon, sillä jokainen jäteilmakanava joudutaan johtamaan RakMK D2:n mukaan yksittäin vesikatolle. [16; 28.]

Iloxairin ja Swegonin mitoitusohjelmien perusteella korkeat nousukanavat eivät kuitenkaan poissulje huoneistokohtaisen ilmanvaihdon käyttöä. Huoneistokohtaisten ilmanvaihtokoneiden valmistajien kuten Swegonin ja Iloxairin mitoitusohjelmistojen mukaan poistopuhaltimella voidaan tuottaa 200–350 Pa painetta. Poistopuhaltimien maksimipaineeseen vaikuttaa olennaisesti tavoiteltu ilmamäärä. Suunnittelussa on myös huomioitava, että poistopuhaltimella pystytään toteuttamaan RakMK D2:n vaatima 30 %:n ilmavirrantehostus. Suuri puhaltimen painetaso vaikuttaa myös olennaisesti ilmanvaihtokoneen aiheuttamaan äänenpainetasoon. Taulukko 10 vertailee poistopuhaltimen painetason noston vaikutusta SFP-lukuun, tehostusvaraan ja äänitasoihin. Taulukosta selviävät myös tuloilmapuhaltimen samaiset tiedot. Tuloilmapuhaltimille korkeat rakennukset eivät tuota lisähaasteita, sillä raitisilma pystytään ottamaan määräysten mukaan huoneiston seinältä. [28; 33.]

Taulukko 10. Iloxair ILOX 89-160 -ilmanvaihtokoneen poistoilmapuhaltimen painetason noston vaikutus SFP-lukuun, äänitasoihin ja tehostusvaraan. Taulukon laskennoissa on käytetty Iloxairin mitoitusohjelmaa. [33]

Puhallintiedot:		Mitoitusarvot		Puhallintiedot:		Mitoitusarvot	
		Poisto	Tulo			Poisto	Tulo
Ilmavirta		46 dm <sup>3</sup> /s	42 dm <sup>3</sup> /s	Ilmavirta		46 dm <sup>3</sup> /s	42 dm <sup>3</sup> /s
Kanavapaine		90 Pa	80 Pa	Kanavapaine		200 Pa	80 Pa
<b>Ohjausjännite</b>		<b>6,1 V</b>	<b>5,8 V</b>	<b>Ohjausjännite</b>		<b>7,4 V</b>	<b>5,8 V</b>
Ilmavirtasuhte (tulo/poisto)		0,91		Ilmavirtasuhte (tulo/poisto)		0,91	
Ottoteho (ei sis. sähkövastusta)		50 W		Ottoteho (ei sis. sähkövastusta)		63 W	
<b>SFP</b>		<b>1,09 kW/ (m<sup>3</sup>/s)</b>		<b>SFP</b>		<b>1,37 kW/ (m<sup>3</sup>/s)</b>	
		<i>Maksimi-arvot mitoituspisteestä laskettuna</i>				<i>Maksimi-arvot mitoituspisteestä laskettuna</i>	
		Poisto	Tulo			Poisto	Tulo
Ilmavirta		75 dm <sup>3</sup> /s	77 dm <sup>3</sup> /s	Ilmavirta		57 dm <sup>3</sup> /s	77 dm <sup>3</sup> /s
Kanavapaine		245 Pa	273 Pa	Kanavapaine		>300 Pa	273 Pa
Tehostusvara		>65 %	>65 %	Tehostusvara		25 %	>65 %
<b>Ääni:</b>		<b>Poisto</b>	<b>Tulo</b>	<b>Ääni:</b>		<b>Poisto</b>	<b>Tulo</b>
Oktaavikaistan keskitajuus (Hz) dB		L <sub>W53</sub> 64	70	Oktaavikaistan keskitajuus (Hz) dB		L <sub>W53</sub> 67	71
		L <sub>W125</sub> 64	65			L <sub>W125</sub> 66	67
		L <sub>W250</sub> 52	59			L <sub>W250</sub> 57	60
		L <sub>W500</sub> 48	53			L <sub>W500</sub> 53	55
"#####"äänikehitys ei ylitä taustamelua tai arvoa ei ole		L <sub>W1000</sub> 37	50	"#####"äänikehitys ei ylitä taustamelua tai arvoa ei ole		L <sub>W1000</sub> 42	52
		L <sub>W2000</sub> 31	43			L <sub>W2000</sub> 36	45
		L <sub>W4000</sub> 23	35			L <sub>W4000</sub> 29	37
		L <sub>W8000</sub> #####	22			L <sub>W8000</sub> #####	26
<b>LWA dB(A) kanavassa</b>		<b>52</b>	<b>56</b>	<b>LWA dB(A) kanavassa</b>		<b>55</b>	<b>58</b>
<b>Äänenpainetaso vaipan läpi huoneeseen, jossa 10m<sup>2</sup> äänenabsorptio, LpA dB(A)</b>			<b>36</b>	<b>Äänenpainetaso vaipan läpi huoneeseen, jossa 10m<sup>2</sup> äänenabsorptio, LpA dB(A)</b>			<b>42</b>

Taulukossa 10 on vasemmalla puolella esimerkki matalamman kerrostalon mahdollisilla puhaltimien painetasoilla tehdystä mitoituksesta. Oikealla puolella on taas korkean kerrostalon mahdollinen ääripään tapaus, jossa poistoilmapuhaltimen normaalikäytön paineentuotto on nostettu 90 pascalista 200 pascaliin. [33]

Taulukosta voidaan havainnoida poistopuhaltimen tehostusvaran riittämättömyys korkeilla painehäviöillä. Määräyksien mukaan tehostuksen pitää olla 30 % käyttöajan ilmanvaihtoa suurempi. Mitoituksessa myös äänitaso nousee 8 desibelillä, jos äänen absorptioala on 10 m<sup>2</sup>. Taulukosta voidaan todeta SFP-luvun pysyvän määräysten vaatimalla tasolla. [33]

### 5.3 Hormivaikutus ja painesuhteiden hallinta

Hormivaikutuksella tarkoitetaan ulkoilmanlämpötilan muutoksista aiheutuvaa painesuhteiden muutosta. Ulkolämpötilan laskiessa sisälämpötilaa alemmaksi alkavat termiset voimat eli hormivaikutus vaikuttaa rakennuksen painesuhteisiin. Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat myös tuulet. Tuulen vaikutusta on vaikea huomioida mitoituksissa. Painemuutosten suuruuteen rakennuksessa vaikuttaa lisäksi olennaisesti rakennuksen tiivys sekä kanavistossa kanaviston tiivys. [28]

Termistä paine-eroa eli hormivaikutuksen synnyttämää paine-eroa kanavistossa tai porraskuilussa voidaan laskea seuraavalla kaavalla. Kaavat ovat Sandbergin kirjoittamasta Ilmastointilaitoksen mitoitus -teoksesta. [28]

$$\Delta p = \left( \frac{T_s - T_u}{T_u} \right) * \rho_s * g * h$$

$\Delta p$  on hormissa syntyvä painero [Pa]

$T_s$  on sisäilman absoluuttinen lämpötila [K]

$T_u$  on ulkoilman absoluuttinen lämpötila [K]

$\rho_s$  on sisäilman tiheys [kg/m<sup>3</sup>]

$g$  on painovoiman kiihtyvyys = 9,81 m/s<sup>2</sup>

$h$  on hormivaikutuksen korkeus [m]

Termiseen paine-eroon vaikuttaa sisä- ja ulkolämpötilan välinen ero sekä hormin korkeus. Talvella kovilla pakkasilla hormivaikutus voi olennaisesti vähentää ilmamääriä alimmissa kerroksissa. Poistoilmakanavistossa hormivaikutus on päinvastainen. Talviaikaan vaikuttavan hormivaikutuksen muutosta ilmavirtoihin voidaan laskea seuraavilla kaavoilla. [28]

$$\Delta p_{talvi} = \Delta p_{kesä} + \Delta p$$

$$q_{talvi} = \sqrt{\frac{\Delta p_{talvi}}{\Delta p_{kesä}}} * q_{kesä}$$

$q_{talvi}$  on hormivaikutuksen vaikutuksen jälkeinen ilmavirta [ $m^3/s$ ]

$q_{kesä}$  on mitoitusilmavirta [ $m^3/s$ ]

$\Delta p_{kesä}$  on kesäoloissa mitoitettu kanaviston painetaso [Pa]

$\Delta p$  on hormissa syntyvä painero [Pa]

$\Delta p_{talvi}$  on hormivaikutuksen huomioimisen jälkeinen kanaviston painetaso [Pa]

Hormivaikutus vaikuttaa korkeissa rakennuksissa oleellisesti tulo- ja poistoilma virtojen suhteisiin (taulukko 11). Hormivaikutus vaikuttaa suurimmillaan korkeiden nousukanavien alimmissa huoneistoissa. Hormivaikutusta huoneistoissa voidaan kuitenkin hallita esimerkiksi muuttuvailmavirtaisilla säätöpelleillä, jotka pitävät huoneiston haarakanavien jälkeiset painetasot suunnitelluissa arvoissa. Taulukossa 11 on havainnollistettu hormivaikutusta teoreettisesti laskettuna edellisten kaavojen mukaisesti. Taulukossa on kolme erilaista tapausta, joissa hormivaikutuksen korkeusasema ja kanavien ilmamäärät vaihtelevat. [28]

Taulukko 11. Termisen paine-eron teoreettinen vaikutus kanaviston painetasoon ja ilmavirtoihin eri korkeusasemissa [28].

	Tuloilma tapaus 1	Poistoilma tapaus 1	Tuloilma tapaus 2	Poistoilma tapaus 2	Tuloilma tapaus 3	Poistoilma tapaus 3
Ilmavirta kesätilanteessa l/s	30	33	40	44	26	29
Painetaso kesätilanteessa Pa	150	150	150	150	300	300
Hormivaikutus m	30	30	45	45	90	90
Hormivaikutus Pa	67	-67	101	-101	201	-201
Ilmavirta talvitilanteessa l/s	22	40	23	57	15	37
Painetaso talvitilanteessa Pa	83	217	49	251	99	501
Ilmavirtojen suhteellinen ero kesäaikana %	10		10		12	
Ilmavirtojen suhteellinen ero talviaikana %	78		148		152	
Ulkoilman lämpötila laskelmissa -26 °C Sisäilman lämpötila laskelmissa 21 °C						

Hormivaikutusta voidaan teoreettisten laskelmien perusteella pitää korkeissa rakennuksissa merkittävänä. Korkeimmissa rakennuksissa mahdollisen toisen ilmanvaihtokonehuoneen sijoittamista kerrokseen voidaan pitää varteenotettavana ratkaisuna hormivaikutuksen haittavaikutusten torjumisessa. Termisen paine-eron laskennassa on kuitenkin huomioitava uudisrakennuksien tiiviys. Huoneiston alipaineisuus voi kompensoida tulo- ja poistoilmavirtojen suhdetta ja näin vähentää hormivaikutusta. Hormivaikutuksen tarkkaa vaikutusta on teoreettisesti mahdoton laskea. [28]

## 6 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli luoda yritykselle ohjeistus korkean rakentamisen LVI-suunnitteluun ja tuoda esille ratkaisuja eri järjestelmien toteutuksiin. Pää tarkoituksena ei niinkään ollut luoda täsmällistä suunnitteluohjetta vaan tuoda esille oleellisia korkeudesta aiheutuvia muutoksia ja toteutuskelpoisia ratkaisuvaihtoehtoja.

Korkea rakentaminen on ollut Suomessa vähäistä, ja varmasti tästä johtuen ohjeistuksia, tietotaitoa ja määräyksiä on vähäisesti tarjolla. Suunnitteluprosessi vaatii tällä hetkellä erityisen paljon kommunikointia viranomaisten kanssa, sillä selviä linjauksia ei välttämättä ole olemassa. Korkea rakentaminen on vasta tällä hetkellä yleistymässä erityisesti pääkaupunkiseudulla. Tästä johtuen korkeaa rakentamista koskevien ohjeistuksien ja määräysten lukumäärä ja laatu mitä todennäköisimmin tulee tulevaisuudessa kysynnän ja kokemuksen myötä kasvamaan.

Työ käsittelee laajasti eri LVI-järjestelmiä ja korkeuden aiheuttamia muutoksia suunnitteluratkaisuihin. Työstä suunnittelija saa selkeitä ja käytännönläheisesti selostettuja ratkaisuja LVI-järjestelmien toteutustapoihin. Toteutustapojen pääkriteerinä oli niiden realistinen mahdollisuus toimia ratkaisuna Suomessa. Ratkaisujen tuottaminen vaatii paljon tietojen soveltamisesta ja kommunikointia eri alojen ammattilaisten ja viranomaisten kanssa. Työssä käsiteltävät ratkaisut ovat pääasiassa jo mahdollista toteuttaa pääkaupunkiseudulla.

Korkeuden aiheuttamat muutokset LVI-järjestelmissä ovat pääasiallisesti matalammissa rakennuksissa olevien ratkaisujen soveltamista. Suurimmat eroavaisuudet tulevat järjestelmien toimintapaineisiin käyttövesi-, lämmitys- että ilmanvaihtopuolella sekä korkeammista painetasoista johtuviin ratkaisuihin. Suurissa järjestelmissä myös tekniikan vaatimat tilantarpeet kasvavat. Rakennuksen kasvaminen korkeussuunnassa suurentaa erityisesti tekniikkahormien korkeutta ja määrää. Myös tekniset tilat ja ilmanvaihtokonehuoneet vievät huomattavasti enemmän tilaa kuin matalammissa rakennuksissa.

Insinööriä voitaisiin jatkaa tekemällä kustannusvertailuja eri ratkaisuvaihtoehdoille. Viemärijärjestelmissä korkeiden kokoojaviemäreiden aiheuttamia äänihaittoja voisi myös käytännössä tutkia, kun kohteita valmistuu. Työtä voisi jatkaa myös tekemällä tutkimusta korkeiden asuinkerrostalojen sprinkleri-, savunpoisto- ja ylipaineistusjärjestelmistä, jotka eivät tähän työhön kuuluneet.

## Lähteet

- 1 Espoon korkeanrakentamisen periaatteet. 2013. Verkkodokumentti. Espoon kaupunkisuunnittelukeskus. [http://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen\\_ ja\\_ ymparisto/Kaavoitus/Espoon\\_korkean\\_rakentamisen\\_periaatteet\\_%2833440%29](http://www.espoo.fi/fi-FI/Asuminen_ ja_ ymparisto/Kaavoitus/Espoon_korkean_rakentamisen_periaatteet_%2833440%29) Luettu 16.5.2015
- 2 Korkea rakentaminen Helsingissä. 2011. Verkkodokumentti. Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. [www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/aos\\_2011-4.pdf](http://www.hel.fi/hel2/ksv/julkaisut/aos_2011-4.pdf) Luettu 15.8.2015
- 3 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 4 Lehkonen Heimo ja Harju Pentti. 2011. LVI-mitoituksen oppikirja. Verkkodokumentti. <http://www.penantieto-opus.fi/files/Koko-1.pdf> Luettu 1.10.2015
- 5 Rautio, Ilkka. 2015. Kaukolämpötarkastaja, Fortum Power and Heat Oy, Helsinki. Puhelinkeskustelu ja kirjallinen haastattelu 21.9.2015.
- 6 Seuranen, Eero. 2015. Kaukolämpötarkastaja, Helen kaukolämpö, Helsinki. Puhelinkeskustelu 5.10.2015.
- 7 Uponor kiinteistönviemärintikäsikirja. 2015. Verkkodokumentti. Uponor. <https://www.uponor.fi/uutiset/uutiset/kiinteistoviemaroinnin-kasikirja-2015.aspx> Luettu 21.9.2015
- 8 SC-, VS- ja NC-tuoteluettelo. 2015. Verkkodokumentti. Kolmeks. <http://www.kolmeks.fi/materiaalipankki/sc-ja-vs-tuoteluettelo> Luettu 1.10.2015
- 9 Suihkuhanat. 2015. Verkkodokumentti. Oras. <http://www.oras.com/fi/professional/products/productgroups/Pages/Showerfaucets.aspx> Luettu 1.10.2015
- 10 Lindström, Kauko. 1999. LVI Vesi- ja viemäritekniikka. Helsinki: Oy Edita ab.
- 11 Blanz, Erwin. 2015. HVAC OEM Talotekninen myynti, Oy Grundfos AB Pumput, Vantaa. Puhelin- ja sähköpostikeskustelu 5.10.2015.
- 12 Rakennusten kaukolämmitys. 2013. LVI-kortti 10-10549. Rakennustieto.
- 13 Paineenkorotus – Talotekniikkatuotteet. 2015. Verkkodokumentti. Grundfos. [https://fi.grundfos.com/toimialat-ratkaisut/kayttokohteet/paineenkorotus-talotekniikka.html#liittyv%C3%A4t\\_tuotteet](https://fi.grundfos.com/toimialat-ratkaisut/kayttokohteet/paineenkorotus-talotekniikka.html#liittyv%C3%A4t_tuotteet) Luettu 1.10.2015
- 14 Takala, Toni. 2014. Korkeiden rakennusten käyttövesi- ja viemärijärjestelmät. Insinööriyö. Satakunnan ammattikorkeakoulu.



- 15 Vesi- ja viemärlaitteiden äänitekniinen suunnittelu ja äänenvaimennus. 2001. LVI-kortti 20-10328. Rakennustieto.
- 16 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2012. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 17 Ohje kuiva- ja märkänousujen suunnittelusta ja toteutuksesta. 2013. Verkkodokumentti. Helsingin kaupungin pelastuslaitos. [http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/0b9486db-6f19-4917-8fa2-019100ab1f78/ohje\\_kuiva\\_ja\\_markanousujohtojen\\_suunnittelusta\\_ja\\_toteutuksesta.pdf?MOD=AJPERES](http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/0b9486db-6f19-4917-8fa2-019100ab1f78/ohje_kuiva_ja_markanousujohtojen_suunnittelusta_ja_toteutuksesta.pdf?MOD=AJPERES) Luettu 22.8.2015
- 18 Paisuntajärjestelmän valinta ja mitoitus. 2011. LVI-kortti 11-10472. Rakennustieto.
- 19 Tekninen esite. 2014. Verkkodokumentti. Purmo. [http://www.purmo.com/docs/PURMO\\_Technicalbrochure\\_FI\\_0914\\_web.pdf](http://www.purmo.com/docs/PURMO_Technicalbrochure_FI_0914_web.pdf) Luettu 3.10.2015
- 20 Paisunta-automaatit. 2015. Verkkodokumentti. Reflex. <http://www.termovent.fi/images/kuvastot/Variomat2015.pdf> Luettu 8.10.2015
- 21 Ekqvist, Ralf. 2015. Myyntiedustaja. Termovent Oy. Espoo. Puhelinkeskustelu 8.10.2015.
- 22 Seinäasenteiset lämmönjakokeskukset rivi- ja kerrostaloihin. 2012. Verkkodokumentti. HögforsGST Oy. [http://hogforsgst.fi/files/H%C3%B6gforsGST\\_unis\\_225\\_250\\_332\\_350\\_2012.pdf](http://hogforsgst.fi/files/H%C3%B6gforsGST_unis_225_250_332_350_2012.pdf) Luettu 17.10.2015
- 23 Lämmönjakokeskukset. 2012. Verkkodokumentti. HögforsGST Oy. [http://hogforsgst.fi/files/H%C3%B6gforsGST\\_GSTesite2012\\_su.pdf](http://hogforsgst.fi/files/H%C3%B6gforsGST_GSTesite2012_su.pdf) Luettu 17.10.2015
- 24 Putkistojen lämpölaajeneminen. 2001. LVI-kortti 12-10330. Rakennustieto.
- 25 Seppänen, Olli. 2001. Rakennusten lämmitys. Helsinki: Suomen LVI-liitto.
- 26 Putkistojen ja kanavien kannakointi. 2004. LVI-kortti 12-10370. Rakennustieto.
- 27 Putkiston lämpölaajeneminen. Verkkodokumentti. Cupori. <http://www.cupori.com/kupariputkien-asennus/asennus-suunnitteluopas/lampolaajeneminen> Luettu 22.9.2015.
- 28 Sandberg, Esa. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus. Tampere: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 29 Ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho SFP. 2013. LVI-kortti 30-10529. Rakennustieto.

- 30 Ilmanlaatuohjeiston soveltaminen Espoon maankäytön suunnittelussa ja rakentamisessa. 2014. Verkkodokumentti. Espoon kaupungin ympäristökeskus. [www.es-poo.fi/fi-FI/Asuminen\\_ ja\\_ ymparisto/Ymparisto\\_ ja\\_ luonto/Ymparistovalvonta/Ilmansuojelu/Ilmanlaadun\\_huomioiminen\\_ kaavoituksessa\(56083\)](http://www.es-poo.fi/fi-FI/Asuminen_ ja_ ymparisto/Ymparisto_ ja_ luonto/Ymparistovalvonta/Ilmansuojelu/Ilmanlaadun_huomioiminen_ kaavoituksessa(56083)) Luettu 19.10.2015
- 31 Korkean rakentamisen rakentamistapa ohje. 2012. Verkkodokumentti. Helsingin Kaupunki. [www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/KORKEAN\\_RAKENTAMISEN\\_RAKENTAMISTAPAOHJE\\_OHJEKORTIT.pdf](http://www.hel.fi/static/rakvv/ohjeet/KORKEAN_RAKENTAMISEN_RAKENTAMISTAPAOHJE_OHJEKORTIT.pdf) Luettu 19.10.2015
- 32 Sandberg, Esa. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Tampere: Talotekniikka-Julkaisut Oy.
- 33 Iloxair – ilmanvaihdon vuosihyötysuhde ja SFP-luvun laskelma. 2015. Verkkodokumentti laskentaohjelma. Iloxair Oy. <http://www.iloxair.fi/laskentaohjelma/> Luettu 22.10.2015