



Walter Waris

# Vesikiertoisen kelluvan lämpölattian toteutus asuinkerrostalossa

Välipohjatuotannon kehittäminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Rakennustekniikka

Insinöörityö

25.3.2025

## Tiivistelmä

Tekijä(t):	Walter Waris
Otsikko:	Vesikiertoisen kelluvan lämpölattian toteutus asuinkerrostalossa - Välipohjatuotannon kehittäminen
Sivumäärä:	56 sivua + 1 liite
Aika:	25.3.2025
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Rakennustekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	Rakentamisen projektinhallinta ja rakennetekniikka
Ohjaaja(t):	Kimmo Sani, lehtori, Kiinteistö- ja rakennusala

Opinnäytetyössä tutkittiin lämpölattian toteutusta asuinkerrostalojen tuotannossa.

Työn tavoitteena oli löytää kehityskohteita lämpölattioiden tuotannossa. Tavoitteena laadukkaampi, sujuvampi, ekologisempi ja tuottavampi rakentaminen.

Aineistoa kerättiin työmailta ja tutkimalla kirjallisia julkaisuja lämpölattioiden tuotannosta. Työtä varten haastateltiin työmaahenkilökuntaa ja selvitettiin lämpölattian toteutukseen vaikuttavia tekijöitä välipohjan runkorakenteesta valmiiseen parkettipintaan asti.

Tutkimuksessa havaittiin, että lämpölattian toteutukseen vaikuttavia tekijöitä on useita. Lopputuloksena koottiin materiaalia, joka käsittelee valintojen eroavaisuuksia, kuten hyviksi koettuja käytäntöjä ja ongelmakohtia, työjärjestyksiä, työalueiden kokoja ja aikarajoitteita, käytettäviä materiaaleja, sekä materiaalivalintojen vaikutuksia.

Työn tulokset ovat hyvin hyödynnettävissä päämäärän saavuttamiseksi, mutta on myös tehtävä jatkotutkimuksia ja määriteltävä yhteisiä linjauksia.

---

Avainsanat: lämpölattia, vesikiertoinen lattialämmitys, pumpputasoite, pintavalu

## Abstract

Author(s): Walter Waris  
Title: Implementation Of Water-circulating Underfloor Heating System in Residential Building - Production Development

Number of Pages: 56 pages + 1 appendices  
Date: 25 March 2025

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Civil Engineering  
Specialisation option: Project management for construction  
Instructor(s): Kimmo Sani, Senior Lecturer, Real estate and construction industry

The aim of the final year project was to find development targets in intermediate base and underfloor heating production of residential apartment buildings.

The aim was to achieve higher quality, smoother, more ecological and more efficient production. Influential factors were investigated from the subfloor frame structure to the finished parquet surface.

Data was collected by interviewing construction site foreman and by studying written publications on the production of underfloor heating.

The end result was a collection of material that discusses the differences in choices, such as best practices and problem areas, work schedules, work area sizes and time constraints, materials used, and the effects of material choices.

The study found that there are several factors that affect the implementation of underfloor heating. The results of the study can be used to achieve the goal, but further research must also be conducted and common guidelines defined.

---

Keywords: underfloor heating, water-circulating underfloor heating, pump screed, surface casting

# Sisällys

## Käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Taustaa	1
1.2	Tavoite	2
1.3	Rajaus	2
1.4	Menetelmät	2
2	Teoreettinen tarkastelu	3
2.1	Rakennuksen rungon ja holvin toteutustapa	3
2.2	Työjärjestys, lämpölattia ja väliseinät	6
2.3	Välipohjan eristys	8
2.3.1	Eristeprofiili 1, sileä	9
2.3.2	Eristeprofiili 2, uritettu	10
2.3.3	Eristeprofiili 3, nappulalevyt	11
2.4	Lämmitysputkistot	12
2.5	Jakotukistokaapit ja -laatikot	14
2.6	Pumpattavat tasoitteet	15
2.7	Parketin asettamat ehdot alustalle	20
2.8	Välipohjarakenteelle asetetut vaatimukset ja määräykset	21
2.8.1	Ääni	21
2.8.2	Palo	22
2.8.3	Lämpö	22
2.8.4	Kosteus	22
2.8.5	Ympäristö ja vastuullisuus	23
3	Haastattelututkimus	24
3.1	Tietoa haastatteluista	24
3.2	Haastatellut työmaat	24
3.3	Haastatteluissa ilmennyttä	26
3.3.1	Rungon ja holvin toteutustapa	26
3.3.2	Työjärjestys - lämpölattia ja väliseinät	30
3.3.3	Välipohjan eristys	31
3.3.4	Lämmitysputkistot	32

3.3.5	Jakotukistokaapit/-laatikot	33
3.3.6	Pumpattavat tasoitteet	36
4	Tutkimuksen tulos	38
4.1	Runko	38
4.2	Työjärjestys, lämpölattia ja väliseinät	41
4.3	Eriste, putket ja jakotukkikaapit ja -laatikot	44
4.4	Pumpputasoite	48
4.5	Tuloksen tiivistelmä - taulukko	49
5	Yhteenveto	52
	Liitteet	56
	Haastattelulomakkeen kysymykset (3 sivua)	56

## **Käsitteet**

Lämpölattia = Lämpölattia sisältää lämmöneristeen, lämmitysputkistot sekä pumpputasoitteen.

Tasoitelaatta, pumpputasoite, plaano, tasoitevalu, pintavalu, kipsivalu ja pinta-laatta = Edellä mainitut viittaavat kaikki samaan asiaan, eli pumpattavalla tasoitteella eristelevyn päälle toteutettuun lattiarakennekerrokseen.

Tulvari = LVI-keskuskaappien ja -laatikoiden valmistaja ja tuotemerkki. Käytetään myös nimityksiä jakotukkikaappi ja jakotukkilaatikko.

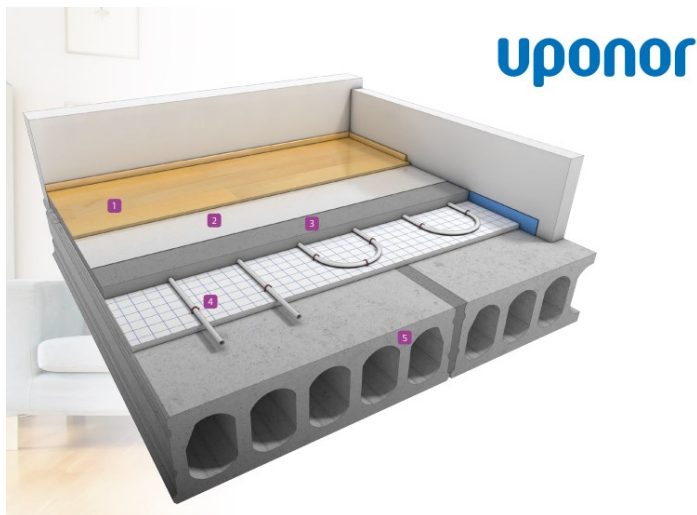
# 1 Johdanto

## 1.1 Taustaa

Opinnäytetyössä tutkitaan mahdollisuuksia yhtenäistää ja kehittää välipohjan ja lämpölattioiden tuotantoa asuinkerrostalokohteissa. Tällä hetkellä yhteinen linja puuttuu ja tapoja on useita. Yhteisillä linjauksilla olisi tarkoitus nopeuttaa rakentamista, säästää kustannuksissa ja parantaa sekä varmistaa laatua. Aihe on ajankohtainen vesikiertoisen lattialämmityksen yleistyessä asuinkerrostaloissa. Työssä tutkitaan ja pohditaan esiin tulleita työmenetelmiä, materiaaleja, aikatauluja, työjärjestystä ja työaluetta.

Tarkastelun kohteena on koko välipohjarakenne niiltä osin, kun se vaikuttaa lämpölattian toteutukseen: runkotyyppi, eristeet, väliseinät, jakotukistot, lämmitysputkisto sekä pumpputasoitteet.

Tästä on kyse, alla kuvassa 1. nähtävillä valmistajan esimerkki:



Kuva 1. Uponorin esimerkki lämpölattian toteutuksesta: 1. Parketti | 2. Alusmatto | 3. Valu, pumpputasoite | 4. Ääni- ja lämpöeriste Tacker | 5. Ontelolaatta [1, s. 53].

## 1.2 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena on löytää ja tuoda esille ongelmakohtia sekä hyviä käytänteitä lämpölattioiden tuotannossa asuinkerrostalotuotannossa. Ongelmakohtien ilmettyä tulisi pohtia ja kehittää toimintamalleja vesikiertoisten lämpölattioiden pintarakennejärjestelmien toteuttamisessa. Tämä tapahtuisi vertailemalla työsuorituksia, työjärjestyksiä, aikatauluja sekä materiaaleja yrityksen omien työmaakokemusten perusteella. Työssä tutkitaan mahdollisuuksia laadun ja tehokkuuden parantamiseen. Työn lopputuloksena ilmenee mahdollisia kehityskohteita yrityksen omaa jatkokehitystä varten. Työmaita ei ole tarkoitus pakottaa samaan malliin, mutta tutkimuksilla pyritään tuomaan hyvät käytännöt esille ja sulkemaan huonot pois. Poikkeamista järkeväksi koetuista malleista olisi syytä perustella.

## 1.3 Rajaus

Tutkimuksen kohde on lämpölattian toteutus asuinkerrostalossa. Kohteet ovat pääasiassa perustajaurakoituja kohteita, jolloin urakoitsijalla on mahdollisuus vaikuttaa toteutustavan valintaan urakkatuotantoa paremmin. Toteutusta tutkitaan holvista pumpputasoitteeseen. Rakennuksen runko ja asennettava lattian pintamateriaali ovat mukana tutkimuksessa vain välttämättömin osin. Märkätilat eivät ole mukana.

## 1.4 Menetelmät

Työssä käytetään olemassa olevaa kirjallista materiaalia ja kerätään empiiristä tietoa työmailta. Tietoa toteutuneista hankkeista kerätään haastattelemalla henkilökuntaa eri työmailta sekä työtehtävistä. Haastattelut tehdään Teams-pohjalla. Haastattelussa käytetään apuna ennakkoon laadittua Forms-kyselylomaketta (LIITE 1.), joka sisältää kysymyksiä liittyen rakennusmateriaaleihin, työjärjestyksiin ja -menetelmiin, LVI-tuotteisiin ja aikatauluihin. Saatujen tietojen pohjalta voidaan havaita mahdollisia kehityskohteita, hyväksi todettuja käytäntöjä sekä jalostaa, kehittää ja yhtenäistää tuotantoa.

## 2 Teoreettinen tarkastelu

Toteutustavoissa on eroja, niin työteknisesti kuin materiaaliteknisestikin. Useilla toimijoilla on lämpölattian toteutukseen valmiita tuoteperhekokonaisuuksia materiaaleineen suunnittelusta toteutukseen. Toteutuksen voi myös tehdä valikoidulla kohteeseen/tuotantoon sopivimmat materiaalit ja ratkaisut erikseen.

### 2.1 Rakennuksen rungon ja holvin toteutustapa

Yleisin runkorakenne asunkeuhkorakentamisessa on "kantavat seinät"-runko [2, s. 53]. Vaihtoehtoisia toteutustapoja ovat elementtirunco, paikallavalurunco sekä näiden yhdistelmät. Holveja toteutetaan niin paikallavaluna, kuin onteloelementtilaatastollakin. Paikallarakentamisen ja elementtirakentamisen kustannuksissa ja aikatauluissa ei ole merkittäviä eroja toisiaan vastaavissa rakennuskohdeissa [2, s. 53].

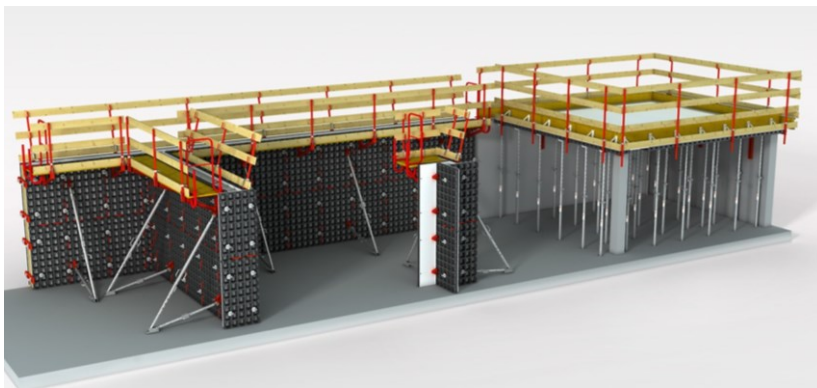
Alla kuvaesimerkki kohteesta, jossa kantavat seinäelementit ja paikallavaluholvi. Kuvassa näkyvät vapaapalkkijärjestelmän holvimuotti ja holvin sisään jäävät LVIS-asennukset.



Kuva 2. Paikallavaluholvein toteutettava asunkeuhkorakentalo. Kantavat seinät elementteinä [2, s. 53].

Paikallavalu on yksinkertainen ja muuntelukykyinen menetelmä holviratkaisuksi, se antaa joustoa sekä suunnittelulle, että toteutukselle. Paikallavaluholvit toteutetaan tyypillisesti erilaisilla valmiilla muottijärjestelmillä. Tyypillinen paikallavaluholvin paksuus on 260 mm [2, s. 53].

Alla kuvissa 3. ja 4. nähtävissä esimerkkejä muottijärjestelmistä:



Kuva 3. Peri Duo-monikäyttömuotti [3, s. 53].



Kuva 4. Dokaflex-holvimuotti [4, s. 53].

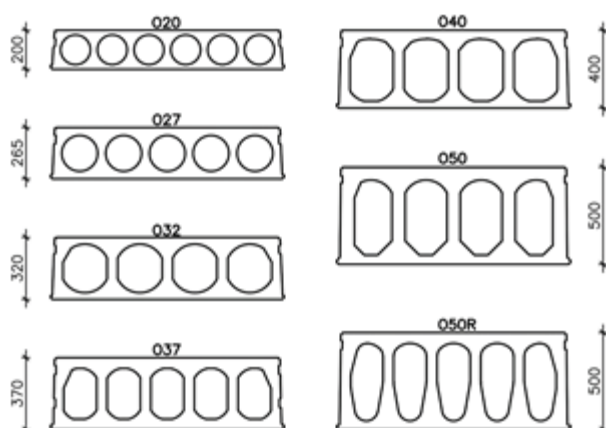
Paikallavaluholvin etuja ovat tiiveys, riippumattomuus elementtitehtaista sekä joustavuus muunneltavuudessa. Valuun voidaan jättää varauksia tuleville asennoille, kuten putkiläpivienneille ja upotuksille. Myös työnaikaisille tarpeille, kuten sadevesien ohjaukselle, kaapeloinneille ja ilmanvaihdolle, on helppo jättää varauksia työn edetessä. Paikallavalu eristää hyvin myös viemäriään. Betoni-laatua voidaan tarvittaessa vaihdella halutun ominaisuuden mukaiseksi. Näitä ominaisuuksia voivat olla muun muassa lujuus, kuivumisaika ja ekologisuus.

Betonien ekologisuuden eli pienempipäästöisten betonien kehitystyötä tehdään nyt ahkerasti useiden valmistajien toimesta. Betonin hiilidioksidipäästöistä suurin osa 50–90 % muodostuu sideaineista, portlandsementistä. Vähähiilistä betonia valmistetaan käyttämällä sidosaineena sementin lisäksi metalliteollisuudesta syntyviä sivutuotteita. Tällaisia tuotteita ovat muun muassa silika, lentotuhka, masuunikuona ja kalkkikivijauhe. Edellä mainittuja käyttämällä betonin hiilidioksidipäästöjä saadaan vähennettyä valmistajien julkaisuiden mukaan n. 70 %. Ruduksen Vihreän betonin ominaisuuksista mainitaan, että vähähiiliselle betonille on ominaista hitaampi lujuudenkehitys mutta korkeampi loppulujuus. Kylmät olosuhteet asettavat rajoituksia ja lisävaatimuksia vähähiilisen betonin käytölle, lujuuden kehitys on hidasta. Rudus on myös kuitenkin havainnut Helsingin Konalassa suorittamissaan kokeissa, vähäpäästöisen CEVO-betonin lujuuden kehityksen vastaavan normaalibetonia. CEVO-betonin oli tarkoitus tulla myyntiin ja käytettäväksi myös kantavissa rakenteissa keväällä 2023 [5, s. 53], mutta uutta tietoa rakennebetonien kehityksestä ei löytynyt opinnäytetyötä tehtäessä. Opinnäytetyötä tehtäessä vähähiiliset betonit ovat kovaa vauhtia kehittäillä ja asiaan on syytä perehtyä huolellisesti.

Ontelolaattaelementit mahdollistavat puolestaan paikallavalua pidemmät jänneväli- ja nopeamman kuivumisajan, mikäli sääsuojaus onnistuu. Lisäksi betonia kuluu vähemmän itse runkoon kuin paikallavaluholvissa. Elementtejä käytettäessä joudutaan kuitenkin tekemään myös sauma- ja reunavalut sekä tarvittavat tasoitukset ennen erityistyötä. Laataston monimutkaisuus ja elementtien pituudet vaikuttavat valu- ja tasoitustarpeen määrään elementtien kuperuuden takia. On-

teloita saadaan hyödynnettyä LVISA-asennuksissa. Ontelolaattaelementeillä toteutettaessa välipohjarakenteesta tulee usein noin 50–70 mm paksumpi, kun valitaan ääniteknillisesti varmin elementtivaihtoehto.

Alla ontelolaattojen yleisimpiä tyyppieitä mittoineen:



Kuva 6. Ontelolaattojen yleisimmät perustyytit [6, s. 53].

Lämpölattiakohteissa ontelolaattaelementeistä suositellaan valittavaksi vähintään O32-ontelolaatta. Kevyempään O27 siirryttäessä lisääntyy lisä-äänieristyksen tarve ja pintabetonille ohjeistettu minimivahvuus on 50 mm [6, s. 53]. O27-laattallakin on mahdollista toteuttaa paikallavaluholvia vastaava rakennepaksumuus lämpölattian kanssa yhdessä.

## 2.2 Työjärjestys, lämpölattia ja väliseinät

Kevyet väliseinät on mahdollista toteuttaa ennen tai jälkeen tasoitelaatan valamista. Muun muassa työtehtävien aikataulusuunnittelu ja holvivalun kuivumisaika vaikuttavat työjärjestyksen valintaan. Työjärjestys vaikuttaa seinän alapään toteutukseen, kerroksiin runkovaiheessa tehtäviin materiaalinostoihin, äänitekniseen toimivuuteen, erityis- ja tasoitepumpkauksen työalueisiin sekä mahdollisesti myöhemmin tehtäviin väliseinämuutoksiin.



## 2.3 Välipohjan eristys

Eristeiden vertailtavia ominaisuuksia ovat muun muassa lämpö-, ääni-, palo-, ympäristö-, lujuus-, kosteustekniset- ja asennettavuusominaisuudet. Kaikki mainitut eristeet saavuttavat tasoitelaatan kanssa Ympäristöministeriön asetuksessa 796/2017 vaaditun askeläänieristyksen  $\leq 53$  dB ja ilmaääneneristys  $\geq 55$  dB jo ennen lattian pintamateriaalin asennusta. Kelluva parketti parantaa tilanetta entisestään.

Eristeiden ääneneristävydessä on kuitenkin eroja. Levyjen dynaaminen jäykkyys on suoraan yhteydessä äänen kuulumiseen asuntojen välillä. Esimerkiksi Warmian Silent Ultra -asennuslevyn äskeläänen parannusluvaksi on ilmoitettu -37 dB kun heikommin eristävien eristelevyjen vastaava luku on noin -20 dB [8, s. 53]. Liian jäykkä eriste kantaa hyvin kuorman, mutta kuljettaa myös ääniä rakenteiden välillä.

Eristelevyprofiileja on saatavilla karkeasti kolmea eri tyyppiä: uritettu, nystyrällinen ja sileä. Eroina edellä mainituissa on mm. lämmitysputken korkeussijainti, sijoittelutapa ja kiinnitystapa. Sileään levyyn lämmitysputket kiinnitetään erikoistyökalun avulla, muovisilla hakasilla. Uritettuihin ja nystyrällisiin levyihin putki kiinnittyy painettaessa paikalleen. Uritetuissa levyissä lämmitysputki on upotettu eristeeseen, kun muissa se on levyn pinnalla.

Useimmissa levyissä materiaalina on polystyreeni. Levyt ovat EPS- ja XPS-levyjä. Myös mineraalivilla- ja polyuretaanilevyjä on saatavilla. Eristelevyt koostuvat eri tiheyksisistä ainekerroksista ja voivat sisältää myös erillisen lisäaskeläänieristyksen. Levyjen päällimmäisenä materiaalina pumpputasoitteen ja eristeiden välissä on riittävän tiheä kalvo/ainekerros estämässä pumpputasoitteen valumisen eristeiden väleihin ja alle. Levyjen saumat teipataan edellä mainitun välttämiseksi. Erottavana kerroksena on esimerkiksi muovia, alumiinia ja polymeerikangasta. Osa eristeistä on varustettu alumiinisilla lämmönsiirtopinnoitteilla. Eristeen päälle valettava tasoitelaatta erotetaan ympäröivistä seinistä ja rakenteista siivekkeellisen liimattavan solumuovisen reunanauhan avulla.

Huoneistoon kohdistuva lämmitysteho on yhteydessä eriste paksuuteen. Esimerkiksi Finnfoam kertoo ohjeistuksessaan, että jos 10 mm liimatulla puuverhoillulla lattialla halutaan saavuttaa 90 % lämmitysteho lattian kautta, on eriste-kerroksen oltava vähintään 20 millin vahvuinen [9, s. 53.]. Lämpimien tilojen välisen Finnfoam-eristeen suosituspaksuus on kuitenkin min. 30 mm. Uponor on ilmoittanut Tacker 30 mm -eristeen + parketti asuntoon kohdistuvaksi hyötylämmöksi 82 % ja lämpöhäviö alaspäin 18 %. Klinkkeripinnalla vastaavat luvut ovat 89 % /11 % [1, s. 53].

Seuraavissa luvuissa käsitellään erilaisten eristelevyjen ominaisuuksia:

### 2.3.1 Eristeprofiili 1, sileä

Sileäpintainen levy, jossa putki kiinnitetään eristeeseen ”nitomalla” muovisilla hakasilla asennustyökalun avulla. Levyjen pinnassa on ristiviivoitettu kalvo/kangas, joka helpottaa putkien asemoinnissa. Hyvänä ominaisuutena voidaan pitää putkien vapaata sijoittelumahdollisuutta. Tällä eristetyypillä pumpputasoitetta kuluu eniten.

Alla kuva sileäpintaisesta eristeestä:



Kuva 10. Uponor Tacker-eristelevyrulla ja Tacker-kiinnike [1, s. 53].

Alla sileäpintaisen eristetyypin vaatimaan tasoitevahvuuteen liittyvä lainaus Weberin työohjeesta. Tasoitevalu rullalevyille, jossa tasoite ympäröi eristeen päälle asennetun putken:

Comfort Lite -eristelevyrullat levitetään ja saumat kiinnitetään toisiinsa levyssä olevalla liimakaistalla. Levy teipataan muualta tiiviiksi ennen pumppausta. Halkaisijaltaan 17 mm:n putkien kanssa tasoitteen minimipaksuus tulee olla 40 mm [10, s. 53.]

### 2.3.2 Eristeprofiili 2, uritettu

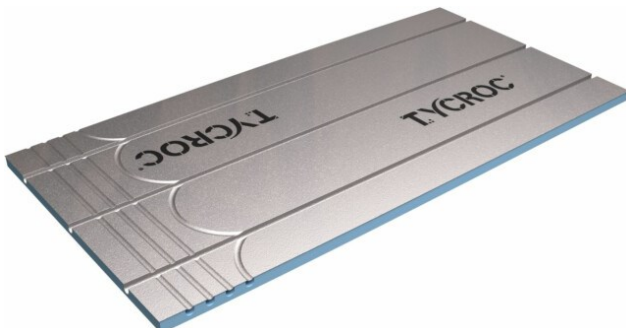
Näitä ovat uritetut polystyreeniset EPS ja XPS-eristelevyt, joissa putki upotetaan eristeeseen. Esimerkiksi Tycroc UHP -levyt. Tämä ominaisuus näkyy säästönä tasoitemenekissä, koska putki on upotettuna eristeessä eikä putkien välisiä alueita ei täytetä tasoitteella. Uritetussa levyssä putken sijoittelua ei voida toteuttaa yhtä vapaasti kuin eristeen päälle asennettavissa vaihtoehdoissa. Tällä eristeellä voidaan saavuttaa noin 30 % säästö pumpputasoitemenekissä. Säästö määräytyy valettavan pumpputasoitelaatan paksuuden mukaan. Soveltavista ohjeistuksista riippuen, minimi kerrosvahvuus uritetulla eristeellä on 25–30 mm. Tällä eristetyypillä on mahdollista toteuttaa lattiarakenne myös täysin ilman pumpputasoitelaattaa.

Alla eristetyypin vaatimaan tasoitevahvuuteen liittyvät lainaukset Weberin työohjeesta [10, s. 53]. Tasoitevalu uralevyille, jossa putki on upotettu eristeeseen:

Ontelolaatan ja puuvälipohjan päälle tehtävässä Comfort-lämpölatiassa on pumpattavan lattian suunniteltu paksuus normaalisti 25 mm. Koska Comfort uralevyn paksuus on 35 mm, on kokonaispaksuus tällöin 60 mm.

Vesikiertoiset lattialämmityspotket voidaan asentaa kätevästi levyjen uriin, mikä ohuen ja kerralla suoran pintalaatan kanssa vähentää rakennepaksuutta. Alumiinin noin 400 kertaa tasoitetta paremman lämmönjohtavuuden ansiosta lämpö jakautuu tasaisesti sivusuunnassa, jolloin jalka ei tunne lämpötilaeroja putken kohdalla tai niiden välissä.

Alla kuvassa uritettu eristelevy:



Kuva 11 Tycroc UHP16 (25 mm) asennuslevy [11, s. 53].

Kuvassa alla putkitettu uralevyeristys:



Kuva 12. Aurelia-lattialämmitys, 5.10.2020, markkinointikuva putkitetusta eristeestä [12, s. 54].

### 2.3.3 Eristeprofiili 3, nappulalevyt

Muoviprofiilipintainen polystyreeni EPS-levy, jossa lämmitysputkisto asennetaan painamalla muovisten nystyröiden väliin, jossa muoviset kynnet pitävät putket paikallaan. Tässä tapauksessa lämmitysputken asentamiseen ei tarvita työkaluja tai erillisiä kiinnikkeitä ja putkien sijoittelu on melko vapaata. Nappulat säästävät myös tasoitemenekissä.

Alla esimerkkinä Warmian Silent-asennuslevy:

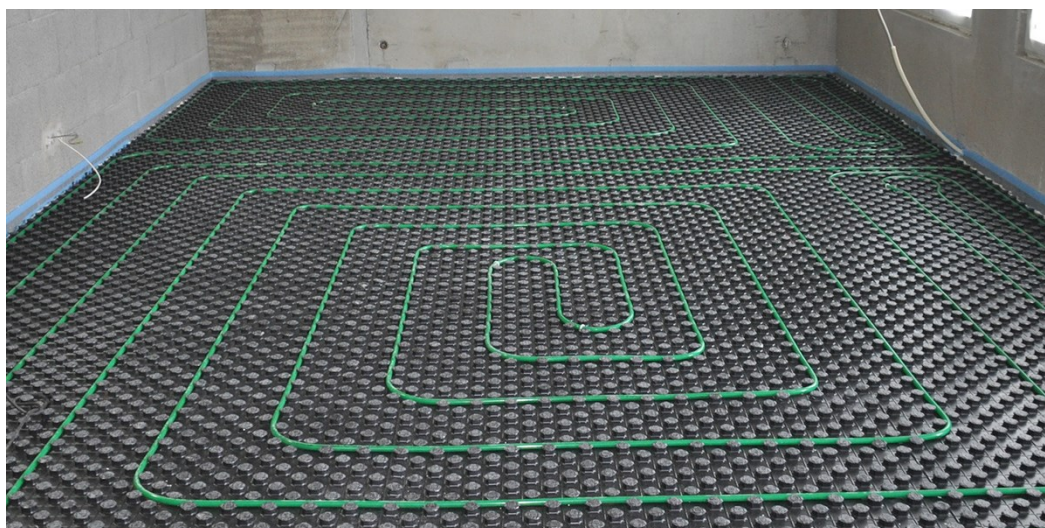


### Warmia Silent-asennuslevyn rakenne

1. Päälimmäinen kerros: PE-muovi, jonka avulla levyt asennetaan toisiinsa, PE-muovin asennusnystyn yläpinnassa oleva "kynsi" lukitsee lattialämmitysputken tukevasti paikoilleen ja kerros estää myös EPS-solukon irtoamisen kun sen päällä kävellään.
2. Pohjakerros: Erittäin elastinen erikseen paisutettu EPS-solukko, joka vaimentaa erittäin tehokkaasti askelääniä ja näin ollen vaimentaa myös suurimman osan koko rakenteen askelääni-suodatusominaisuudesta. EPS-solukko täyttää myös levyn pinnassa olevat asennusnystyt.

Kuva 13. Kuvakaappaus Warmian Silent-asennuslevystä [8, s. 53].

Alla putkitettu eristys:



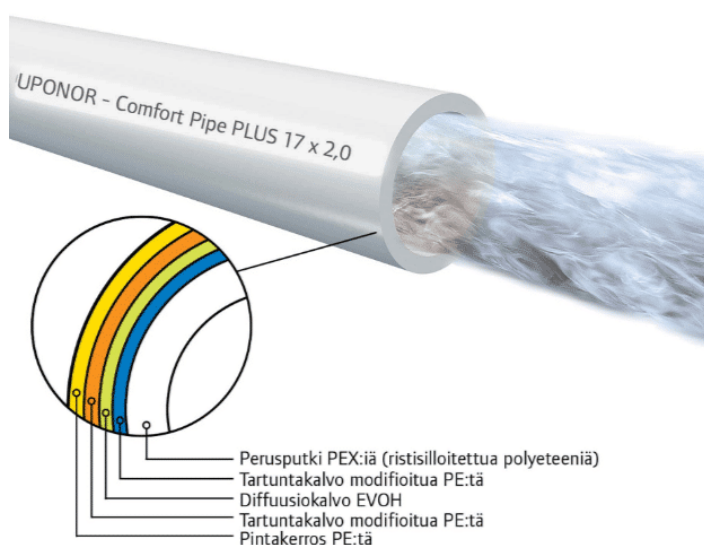
Kuva 14. Warmian nystyrällinen levy putkitettuna [13, s. 54].

## 2.4 Lämmitysputkistot

Pumpputasoitteeseen asennettavat lämpöputket ovat EVOH-happidiffuusiosuojattuja PE-RT- 5-kerrosputkia. Valmistajien julkaisemia tietoja vertailemalla putket vaikuttaisivat olevan hyvinkin samankaltaisia keskenään, vaikka ulkoisesti

väristä johtuen, näyttävät erilaisilta. PE tarkoittaa polyeteeniä ja RT raised temperature, joka ilmaisee parannettua lämpötilan sietokykyä. X merkitsee Roth-valmistusmenetelmää. Putkea on saatavana myös helpommin taipuvana, mikäli on tarvetta taivuttaa normaalia jyrkemmin. Käytettävä putki valikoituu lämpösuunnitelman ja usein myös järjestelmän tarjoajan mukaan.

Alla kuvassa Uponorin esimerkkituote:



Kuva 15. Uponorin Comfort Pipe PLUS 17 mm x 2,0 mm [14, s. 54].

Putkikoko puolestaan vaikuttaa poikkileikkauksen pinta-alaan ja sitä kautta myös sisä- ja ulkopinnan pinta-aloihin. Putken koko ja veden virtaama vaikuttavat lämmitystehoon. Putken poikkileikkauksen pinta-ala kasvaessa, kasvaa merkittävästi virtaavan veden kosketuksen pinta-ala putken sisäpintaan kuten myös tasoitteeseen kosketuksissa oleva putken ulkopinnan pinta-ala, jolloin lämpöä siirtyy enemmän. Oleellista on myös lämmityskierron tasaisuus, lämpöä on riitettävä myös kierron loppupäähän. Putkikoon valinta liittyy myös järjestelmässä kiertävän veden lämpötilaan.

Yleisiä putkikokoja ja putken halkaisijan vaikutus poikkileikkauksen pinta-alaan:

14 mm putki = 154 mm<sup>2</sup>

16 mm putki = 201 mm<sup>2</sup>

17 mm putki = 227 mm<sup>2</sup>

Ohuempi putki on työstettävyydeltään helpompi asentaa etenkin ahtaissa paikoissa ja sallii tarvittaessa jyrkemmän taivutuksen. Myös paksumpia putkia on saatavilla eri jäykkyyksillä. Pienemmällä putkella joudutaan kasvattamaan putkiston asennustiheyttä, lämmityskierron virtaamaa sekä/tai lämpötilaa. Yleisimmät putkikoot ovat 16–17 mm, 2 mm seinämävahvuudella. Useimmat eristeet ja kiinnikkeet on suunniteltu 16–17 mm putkille. Merkittävä ero on myös putkien takuuajassa, joka vaihtelee 10–50 vuoden välillä.

## 2.5 Jakotukistokaapit ja -laatikot

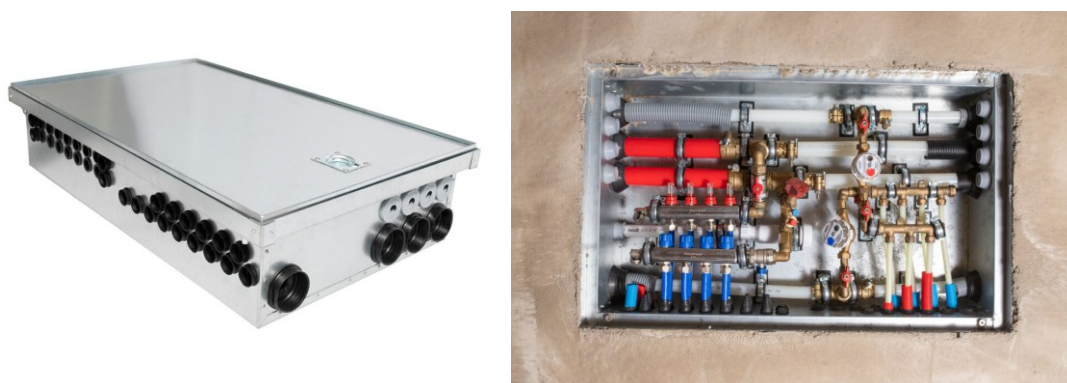
Jakotukistokaapit ja -laatikot mahdollistavat siistin helposti vuotovalvottavan asennuksen suojassa katseilta ja kolhuilta. Kaapistoja on useita erilaisia seinä- ja lattiamalleja, rakenteisiin asennettavia uppomalleja, sekä rakenteiden ulkopuolelle asennettavia pintamalleja. Mahdollisen vuodon esiin ohjaus johdetaan näkyviin lattiapinnalle tai alemman kerroksen kattoon. Tarvittaessa voidaan käyttää lisäturvana myös vuotohälyttimiä tai vuotovahteja.

Alla esimerkkejä Tulvari-tuotemerkin kaapeista ja laatikoista:



Kuva 16. ja 17. Väliseinän sisään sijoitettu jakotukkikaappi vasemmalla ja seinän pintaan asennettava malli oikealla [15, s. 54].

Esimerkki Tulvari-tuotemerkin lattiamallin laatikosta:



Kuvat 18. ja 19. Lattiaan kokonaan upotettu keskus [15, s. 54].

## 2.6 Pumpattavat tasoitteet

Pumpputasoiteita on saatavilla lukuisia erilaisia. Sopiva tasoite on valittava käyttötarkoituksen ja vaatimusten mukaan. Tähän käyttötarkoitukseen valikoidessa tuotetta on vertailtavina eroina mm. kustannukset, työskentelyaika,

kuormitettavuus ja kuivumisaika, kosteuden kestävyys, kutistuma, verkotustarve, ylitasoitustarve.

Karkeasti käytössä olevissa pumpputasoiteissa on erona tasoitteiden liima-aineet, erikoissementit ja erikoiskipsi. Tarkemmin tarkasteltuna eroja tasoitteiden välillä on samassa ryhmässäkin. Liima-aineiden - erikoissementit ja erikoiskipsi, sekä muiden lisäaineiden ja kuituvahvistusten seossuhteet ovat erilaisia.

Valmistajien julkaisuiden perusteella sementtipohjaiset tasoitteet ovat kipsipohjaisia tasoitteita nopeammin kuormitettavissa. Kutistuma on puolestaan kipsipohjaisilla tasoitteilla hieman sementtipohjaisia pienempi. Lujuusarvoissa on suuriakin eroja, mutta tutkimuksen mukaisessa asuinkerrostalo käytössä lujuusarvoilla ei ole merkitystä - kaikki ovat riittävän lujia. Lujuuden merkitys kasvaa tasoittekerroksen ohentuessa.

Tässä tutkimuksessa vertaillaan vain käytetyimpiä tasoitteita, joita ovat Knauf LM80 ja Weber 130 Core. Tutkimusta tehdessä verrattiin myös vastaavia tuotteita muilta valmistajilta, eikä havaittu merkittäviä eroja verrattuna Weberin tuotteeseen (mm. Bostickin SL C300 sekä Fescon Flowfiber). Pikatasoitteet eivät ole mukana vertailussa, mutta niidenkin käyttö voi olla toisinaan perusteltua.

Valmistajien ohjeistuksen mukainen 30 mm pumpputasoitevalu putken päälle tarkoittaa 47 mm valua sileälle levyille, jos putki on 17 mm. Valmistajilla ja aliuraakoitsijoilla on ristiriitaista tietoa valukerroksen paksuudesta. Paksuusvaatimus vaihtelee pääasiassa 30–47 mm välillä, lämmitysputki 17 mm + 30 mm putken päälle. Lainausta Knauffin LM80 ja LM80 Light esitteestä:

Soveltuu lattialämmityksen kanssa käytettäväksi jolloin min. vahvuus 30 mm lattialämmityselementin yläpuolella. Valun kokonaispaksuus lämmitysputken kanssa voi olla minimissään 40 mm (jos putki 16–17 mm). [16, s. 54.]

Tasoiitteiden vertailtavia ominaisuuksia ovat lämmönsiirtonopeus, kuormitettavuus, kuivuminen, hiilijalanjälki ja kierrätys, kutistuma/verkotustarve, tasoiustusarve ennen liimattavia pinnoitteita, esim. porrashuoneet. Osa valmistajista, esimerkiksi Weber, suosittelee verkotusta, mutta ei vaadi sitä. Valukatkojen ja liikuntasauvojen paikat oviaukoille ja tarvittaessa muualle tulee huomioida.

Sementti- ja kipsipohjaisten tasoiitteiden vedensitoutumiseen voidaan vaikuttaa käytettävillä lisäaineilla. Sitoutuvan veden määrä vaikuttaa kuivumiseen. Valmistajat eivät ole ilmoittaneet sitoutuvan ja haihtuvan veden määriä.

Oleellisia eroja valmistajien ilmoittamiin tietoihin perustuen, joita voidaan havaita, ovat kuormitettavuudessa, kutistumassa ja lämmönjohtavuuksissa. Sementtipohjaiset tasoiitteet ovat kipsipohjaisia tasoiitteita nopeammin kuormitettavissa. Sementtipohjaiset tasoiitteet kuivuvat hieman nopeammin vertailtaessa valmistajien julkaisemia teknisiä tietoja. Kutistuma on kaikilla tasoiitteilla vähäistä, mutta kipsipohjaiset tasoiitteet ovat lähes kutistumattomia. Liimattavilla pinnoitteilla on huomioitava välitasoiustusarve käytettävän tasoiitteen mukaan. Mikäli on riski rakenteen kastumiselle, suljetaan pois kipsipohjaiset tasoiitteet, joiden lujuusominaisuudet heikkenevät hetkellisesti kastuessaan.

Kipsi- ja sementtipohjaisten tasoiitteiden lämmönjohtavuuksissa on merkittävä ero, joista kipsipohjaisen tasoiitteen arvo on huomattavasti sementtipohjaisia parempi. Knaufin teettämän testin mukaan rakenteen pintalämpötilassa on mitattu noin kahden celsiusasteen ero 90 minuuttia lämmityksen jälkeen ilman lattian pintamateriaalia. Eron merkitys kuitenkin pienenee, kun kiertävän veden lämpötila vastaa todellisuutta ja päälle asennetaan kelluva parketti. Kipsi- ja sementtipohjaisten pumpputasoiitteiden vertailua ja reagointinopeutta on tarkasteltu myös Metropolian Smartlabissa. Koeluontoisissa mittauksissa parkettipäällystetyn lattiapinnan lämpöön reagoimisessa ei ole havaittu merkittävää ajallista eroa kummankaan tasoiitteen hyväksi, jos tasoiitekerroksen arvioidaan olevan saman vahvuinen [17, s. 54].

Alla kuvassa nähtävillä Knaufin julkaisema tasoitteiden lämmönsiirtonopeutta kuvaava testi. Huomioitavaa on, että testissä kiertävän veden lämpötila on huomattavan korkea eikä tasoitteita ole päällystetty kelluvilla pinnoitteilla.

**Kipsi- ja sementtipohjaisten lattiamassojen lämpöteknisen toiminnan vertailu  
lattialämmityskohteissa**

	<b>Testikappale F 35</b> Kipsipohjainen lattiamassa, 35 mm lämmityselementin yläpuolella	<b>Testikappale F 45</b> Kipsipohjainen lattiamassa, 45 mm lämmityselementin yläpuolella	<b>Testikappale K 45</b> Sementtipohjainen lattiamassa, 45 mm lämmityselementin yläpuolella
Pinnan maksimilämpö, kun veden lämpötila on +45 °C	<b>34,8 °C</b>	<b>34,4 °C</b>	<b>32,4 °C</b>
Kulunut aika, jossa valun pinta saavuttaa +30 °C lämpötilan	noin. 42 min. kuluttua	noin. 63 min. kuluttua	noin. 99 min. kuluttua
Lämpökameran kuva (200*200mm) valun pinnasta veden ollessa lämmitettynä +45 °C lämpötilaan yhden tunnin ajan			
Testikappale			

Lähde: Knauf Gips KG: Untersuchung der Reoeffektivität von Heizestrichen

Kuva 20. Kuvassa Knaufin julkaisema tasoitteiden lämmönsiirtonopeutta kuvaava testi [18, s. 54].

Kipsi- ja sementtipohjaisen tasoitteen ominaisuuksia taulukoituna:

Taulukko 1. Kipsi- ja sementtipohjaisen tasoitteen ominaisuuksia.

Tekniset tiedot:	WEBER 130 CORE	KNAUF LM80
	<a href="https://www.fi.weber/lattiaratkaisut-ja-tuotteet/lattiatasoiitteet/weber-130-core-comfort-plaano">https://www.fi.weber/lattiaratkaisut-ja-tuotteet/lattiatasoiitteet/weber-130-core-comfort-plaano</a>	<a href="https://knauf.fi/fileadmin/user_upload/tuotekortit/TKO_LM80.pdf">https://knauf.fi/fileadmin/user_upload/tuotekortit/TKO_LM80.pdf</a>
Menekki	n. 1,7 kg/m <sup>2</sup> /1 mm:n kerros	n. 1,8 kg/m <sup>2</sup> /1 mm:n kerros
Vedentarve	3,8 litraa/20kg	3,1 litraa/20 kg
Suosittelava kerropaksuus	10-80 mm	20-80 mm
Kerropaksuus uivana	≥ 20 mm	≥ 30 mm
Kerropaksuus putken päälle	Halkaisijaltaan 17 mm:n putkien kanssa tasoitteen minimipaksuus tulee olla 40 mm.	Halkaisijaltaan 17 mm:n putkien kanssa tasoitteen minimipaksuus tulee olla 40 mm.
Kuituvahvistettu	kyllä	kyllä
Verkotus/raudoitustarve	suositellaan	ei
Työstöaika	n. 20min	n. 60min
Kuivuminen/kovettumisaika, päällystykelpoisuus	2-8 viikkoa (+23 °C, 50 % RH) 60mm asti. Ilmoitettu ihannelämpötila on 15...20C	noin 1cm/vk (valut 60mm asti, tämän jälkeen ylittävä 1cm/2vk) olosuhde: 20C ja RH max 65% (työohjeessa yli 50mm kuivuu 1cm 1-2vk)
Kovettumisaika, kävelykelpoisuus	3-4 h (+23 °C, 50 % RH)	noin 24h
Kuormitettavuus	"Lattiapinnalle syntyvää vetoa on vältettävä tasoituksen aikana ja 3 vrk ajan sen jälkeen."	Uivana n.7vrk
Sideaine	Erikoisementtiseos	Erikoiskipsi
Puristuslujuusluokka	C 16 (EN 13813) (+23 °C, 50 % RH)	C30
Taivutusvetolujuusluokka	≥4Mpa, F 4 (EN 13813) (+23 °C, 50 % RH)	≥6Mpa, F6
Kutistuma	28 vrk < 0,4 mm/m (+23 °C, 50 % RH)	n. 0,1 mm/m
Vedenkestävyys	Vedenkestävä	Ei vedenkestävä, lujuus palautuu hyväksi kuivuessaan
pH (kovettunut materiaali)	10,5-11. Matala-alkalinen.	≤11,5. Matala-alkalinen.
Lämmönjohtavuus	1 W/K*m (EN 12524:2001)	1,87 W/K*m

## 2.7 Parketin asettamat ehdot alustalle

Poimintoja valmistajan (Tarkett) asettamista ehdoista lattiarakenteelle ja lämmitykselle tulevan parkettilattian alla [19, s.54]:

Alusta: Betonin suhteellinen kosteus saa olla rakenteen mukaisella arviointisyvyydellä A korkeintaan 85 % RH ja lisäksi syvyydellä 0,4 x A korkeintaan 75 % RH. Mittaus tulee tehdä vastaavassa lämpötilassa, jossa rakenne on käytön aikana.

Kosteussuoja: Kosteussuojaa (höyrysulku) on käytettävä aina, kun alusta on betoni- tai kevytbetonilattia. Ennen kosteussuojan asentamista täytyy alustan olla täysin puhdas orgaanisesta materiaalista, koska alle voi muuten myöhemmin muodostua mikrobivaurioita, jos kosteussuojan alle tiivistyy kosteutta.

Lattialämmitys: Lämpöjärjestelmän on tuotettava tasaisesti lämpöä koko lattiapinnan alueelle, eikä pinnan lämpötila saa nousta koskaan yli 27°C:n missään kohdassa lattiaa. Vuorokautinen vaihtelu saa olla korkeintaan 5 °C, koska suuret lämpötilamuutokset rasittavat puulattiaa voimakkaasti. Lämmön siirtyessä puulattian läpi lattia kuivuu tavallista enemmän, mikä voi aiheuttaa rakojen muodostumista lämmityskaudella.

Pyökki ja vaahtera liikkuvat muita puulajeja enemmän ja siksi niiden käyttäminen lattialämmityksen kanssa ei ole suositeltavaa.

Vastaavia ohjeistuksia löytyy muiltakin valmistajilta ja jälleenmyyjiltä.

## 2.8 Välipohjarakenteelle asetetut vaatimukset ja määräykset

Toimivan ja hyvin tarkoitustaan palvelevan lämpölattiarakenteen tulee yhdessä rakennuksen rungon kanssa täyttää rakennusosille asetetut vaatimukset asuntojen ja muiden tilojen välillä. Rakenteesta valmistajan esimerkki kohdassa: Johdanto 1.1. kuva 1.

### 2.8.1 Ääni

Ääni (askelääni ja ilmaääni)

Äänellä on useita reittejä ja tapoja kulkeutua kerrosten välillä, mutta kaikilla tutkimuksessa käsiteltävillä toteutustavoilla ja niiden yhdistelmillä, joissa on eriste, pumpputasoite, alushuopa (tasauskerros/askeläänieriste) ja parketti, saavutetaan oikein toteutettuna riittävät tai huomattavasti vaadittua paremmat äänieristysominaisuudet lattian osalta: askeläänieristys  $\leq 53$  dB sekä ilmaäänieristysluku  $\geq 55$  dB, ympäristöministeriön asetuksen 796/2017 mukaiset vaatimukset uuden rakennuksen ääneneristykselle.

Huolimattoman toteutuksen seurauksena mahdollisesti rakennekerrosten väliin ja läpivientien ympärille syntyvien äänisiltojen seurauksena äänieristys voi jäädä lattiankin osalta helposti puutteelliseksi, vaikka rakenteen pitäisi täyttää helposti vaaditut lukemat. Äänit voivat kulkeutua suoraan holville kiinnitettyjä rakennusosia pitkin. Näitä ovat mm. väliseinät, jakotukkikaapit ja -laatikot ja huonosti onnistunut pumpputasoitevalu, joka on päässyt valumaan tasoitelaatan ja holvin väliin. Äänisiltojen minimoimiseksi kaikki holviin ennen tasoitevalua tehtävät kiinnitykset ja työnaikaiset tuennat, jotka yhdistävät holvin tasoitelaattaan, on pystyttävä poistamaan ennen tasoitteen kovettumista. Perinteiseen lämpöpattereilla lämpenevään kerrostaloon verrattaessa jäävät varsinaiset putkistojen aiheuttamat äänisillat vähäisiksi.

### 2.8.2 Palo

Materiaalien palo- ja kosteusteknisessä toimivuudessa on eroja vertailtaessa mineraali-/lasivilla ja umpisolurakenteisia polymeeripohjaisia levyjä keskenään. Kaikilla käsiteltävillä toteutustavoilla saavutetaan oikein toteutettuna riittävät paloeristysominaisuudet käytettäväksi P1 paloluokan asuinkerrostalossa. Palokoteloitien lisäksi erityistä huomiota on kiinnitettävä palo-osastojen välisiin läpivienteihin ja niiden oikeanlaiseen toteutukseen.

### 2.8.3 Lämpö

Tutkimuksessa kerrosten väliselle lämpöeristykselle ei ole asetettu vaatimuksia. Materiaalivalinnoilla ei saavuteta merkittäviä eroja rakennuksen käytön aikana energian kulutuksessa tai käyttömukavuudessa. Eristepaksuus vaikuttaa lämmön jakautumiseen rakennuksessa. Lattialämmitys lämmittää myös alapuolella olevaa tilaa.

### 2.8.4 Kosteus

Kosteusteknisesti huomio keskittyy rakennusaikaisen kosteudenhallinnan onnistumiseen, kuivumisaikoihin, kuivumisolosuhteiden järjestämiseen ja raja-arvojen noudattamiseen. Holvi eristyskuiva:  $RH < 90\%$ , pumpputasoite pinnoituskuiva  $RH < 85\%$  [20, s. 54]. Työmailla rakenteiden kuivumista seurataan usein ulkoisen palvelutarjoajan toimesta ja työmaahenkilökunta valvoo sekä järjestää olosuhteiden toteutumisen. Materiaalivalmistajilla on myös tiukempia vaatimuksia. Materiaalivalmistajien asettamiin vaatimuksiin on tutustuttava ennen tuotteiden asentamista. Materiaaliteknisesti rakenne on huono esimerkiksi kastumistilanteissa, koska rakenne sisältää heikosti hengittäviä ainekerroksia. Kuivattaminen on hankalaa rakennetta purkamatta. Tulevaisuuden kehityksessä olisi hyvä huomioida tämä paremmin, sillä mahdolliset esimerkiksi putkiin poraamiset ja naulaamiset ovat työläästi korjattavia kosteusriskejä.

### 2.8.5 Ympäristö ja vastuullisuus

Kun tavoitellaan rakennukselle muita mahdollisesti kaupallisesti järkeviä ja imagon kannalta tärkeitä arvoja tai sertifikaatteja, on ne myös huomioitava valintoja tehtäessä. Näitä ovat mm. kotimaisuus, ympäristösertifikaatit: energialuokka, ympäristöluokitus, joutsenmerkki, avainlippu ja vastaavat.

Uusi 1.1.2025 voimaan astunut rakentamislaki vuoden siirtymäajalla, velvoittaa että uusille rakennuksille laaditaan jatkossa ilmastaselvitykset ja materiaalilosteet, joista selviää materiaalien aiheuttamat hiilikuormat ja alkuperä. Lain siirtymäaika on 1.1.2026 mennessä. Myös edellä mainittuja asioita sivutaan työssä, aihe on erittäin ajankohtainen [21, s. 54].

### 3 Haastattelututkimus

#### 3.1 Tietoa haastatteluista

Tutkimuksessa haastateltiin yrityksen työmaahenkilökuntaa eri työmailta. Kohdeet ovat toisiaan vastaavia ja vertailukelpoisia. Haastattelun tulosten perusteella on tarkoitus löytää ongelmakohtia, kehittää menetelmiä, sujuvoittaa/tehostaa tuotantoa ja parantaa laatua.

Haastattelut toteutettiin Teams-haastatteluina. Haastattelija käytti pohjana ennakoon laadittua Forms-lomaketta, joka sisälsi yli 100 kysymystä ja lisäksi vapaata keskustelua. Kysymykset oli laadittu yhteistyössä yrityksen kanssa, kysymykset liitteenä (LIITE 1). Kysymykset käsittivät aiheita runkovaiheesta valmiiseen lattiapintaan. Aihe käytiin perusteellisesti läpi, vastausaika vaihteli 2–3,5 tunnin välillä haastattelua kohden. Haastateltavina oli neljä työnjohtajaa. Lisäksi haastattelun tuloksista keskusteltiin suunnittelun ja kehitystyön parissa työskentelevien kanssa.

#### 3.2 Haastatellut työmaat

As. Oy A, Kuopio

Rakennuksen runkoratkaisu:	Paikallavalu vp+ kantavat elem.seinät
Asuinkerroksia:	7
Kerrostasoala(m2):	398
Rakennustyön aloitus:	22.9.2021
Kohde valmis (luovutus):	30.11.2022
Rakennustyön kesto päivinä:	434
ensimmäisen ja viimeisen holvivalun aikaväli päivinä:	100
Vesikatto päällä:	29.4.2022
Työjärjestys: Pintavalu vai väliseinät ensin?	Väliseinät

## As. Oy B, Tampere

Rakennuksen runkoratkaisu:	Paikallavalu vp+ kantavat elementtiseinät
Asuinkerroksia:	6
Kerrostasoala(m2):	346
Rakennustyön aloitus:	7.6.2021
Kohde valmis (luovutus):	31.8.2022
Rakennustyön kesto päivinä:	450
ensimmäisen ja viimeisen holvivalun aikaväli päivinä:	43
Vesikatto päällä:	19.1.2021
Työjärjestys: Pintavalu vai väliseinät ensin?	Väliseinät

## As. Oy C, Turku

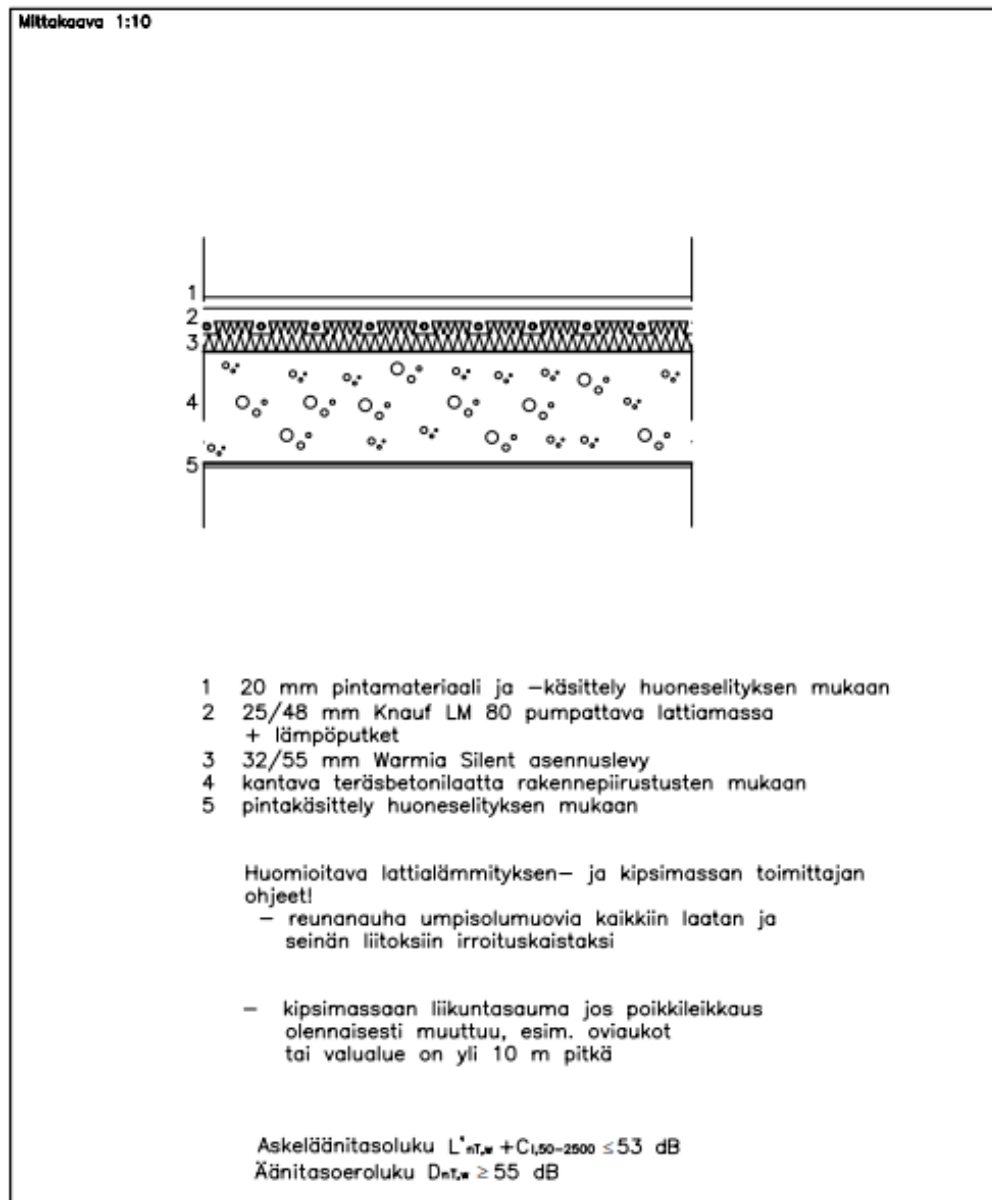
Rakennuksen runkoratkaisu:	Paikallavalu vp+ kantavat elementtiseinät
Asuinkerroksia:	6
Kerrostasoala(m2):	391
Rakennustyön aloitus:	28.6.2022
Kohde valmis (luovutus):	Arvio: 31.8.2023 (arvio)
Rakennustyön kesto päivinä:	429
ensimmäisen ja viimeisen holvivalun aikaväli päivinä:	67
Vesikatto päällä:	27.1.2023
Työjärjestys: Pintavalu vai väliseinät ensin?	Pintavalu

### 3.3 Haastatteluissa ilmennyttä

#### 3.3.1 Rungon ja holvin toteutustapa

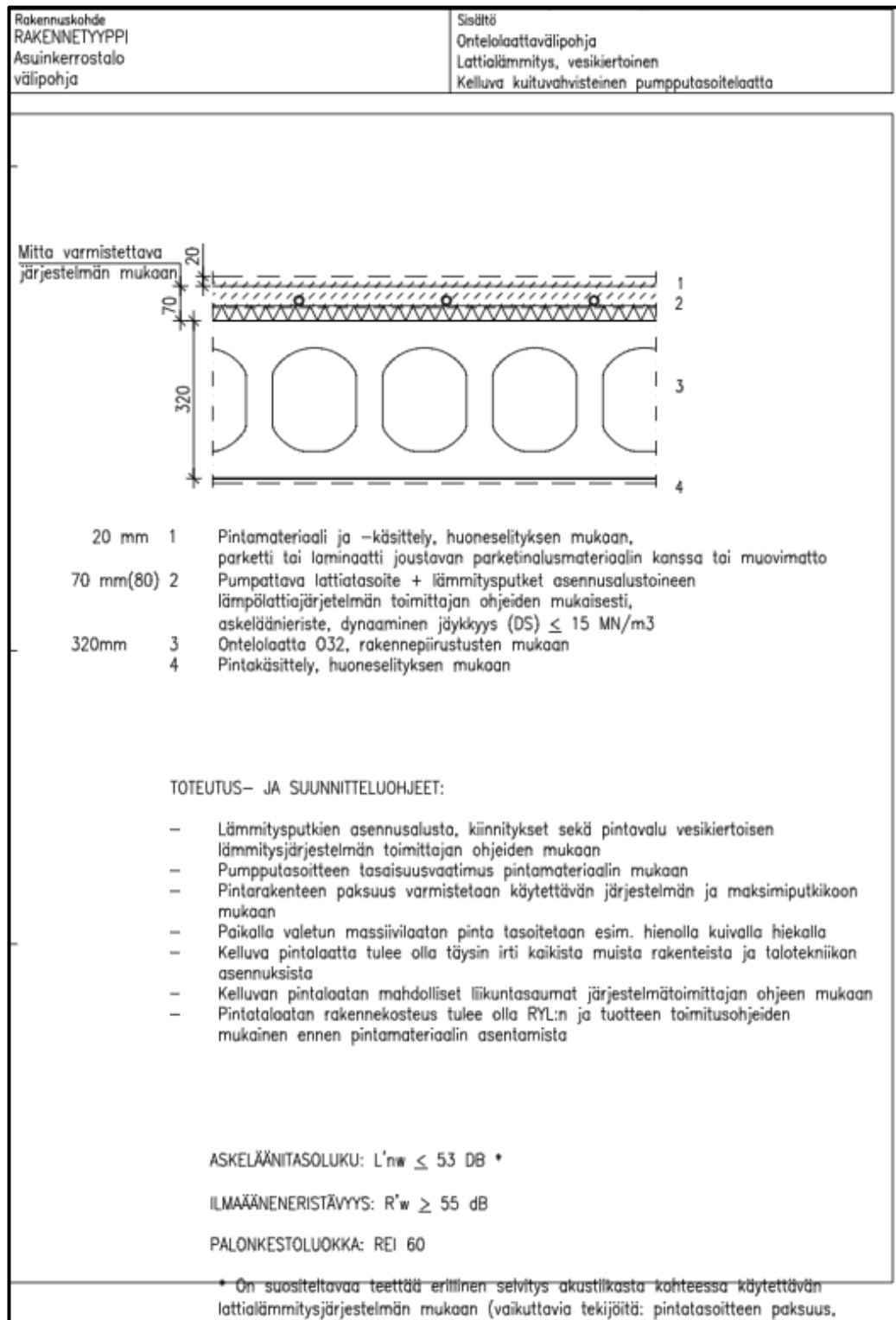
Esimerkkejä välipohjarakenteista työmailta.

Kuvassa alla paikallavaluna toteutettu välipohjarakenne:



Kuva 21. Esimerkki tyypillisestä paikallavalu-välipohjarakenteesta, jossa vesikiertoinen lattialämmitys.

Kuvassa alla onteloelementeillä toteutettu välipohjarakenne:



Kuva 22. Esimerkki tyypillisestä onteloelementtivälipohjarakenteesta, jossa vesikiertoinen lattialämmitys.

Vaihtoehtoisia toteutustapoja ovat elementtirunko, paikallavalurunko sekä näiden yhdistelmät. Haastatteluissa ilmeni, että tällä hetkellä selvästi suosituin toteutus-tapa on seinäelementtien ja paikallavaluvälipohjan yhdistelmä. Holvivalun pak-suus kohteissa oli 260 mm - 270 mm. Käytettävät onteloelementit olisivat vastaa-vissa kohteissa paksuudeltaan tavallisimmin 320 mm, mutta elementtirakenteis-ten välipohjien osuus oli pieni.

Haastateltu mestari kertoi, ettei ole ollut mukana toteuttamassa onteloelementti-välipohjaa yli 12 vuoteen. Onteloelementtiala tarjoaa epätasaisemman poh-jan eristykselle ja vaatii saumavalut sekä välitasoituksen. Elementtivelipohja on myös rakenteena paksumpi, ääniteknisesti heikompi vaihtoehto ja suojaa huo-nommin säärasitukselta. Elementtien saumat vuotavat, ja vettä kertyy onteloihin. Onteloelementtiholveissa sadevesi kulkeutuu ja kerääntyy elementtejä pitkin kan-taville seinille, mikä johtaa veden päätymiseen myös alempiin kerroksiin. Onte-loihin porataan reikiä, jotta vedet saadaan valutettua pois ja kuivaamisessa on työnsä.

Yleisintä menetelmää eli paikallavaluvälipohjaa pidetään hyvänä mm. tiiveyden, äänitekni-ken ominaisuuksien, sekä pinnan suoruuden vuoksi. Suoruus helpottaa seuraavia työvaiheita. Tiiveys vaikuttaa paitsi äänitekniisiin ominaisuuksiin myös työnaikaiseen kosteudenhallintaan, kun sääsuojasta ei ole.

Kosteudenhallinnasta ja rakennuksen kuivattamisesta keskusteltiin paljon. Edellä mainitut vaikuttaisivat olevan hyvin hallinnassa, mutta sattumanvaraisuudella on iso sija toteutuksessa. Sadevesien aiheuttama kosteuskuorma saadaan rajattua melko hyvin ylimpään taivasalla olevaan kerrokseen ja johdettua pois rakennuk-sesta holvin läpivientien kautta. Koko rakennuksen huputtaminen on kallista ja hankalaa runkovaiheessa.

Holvin kuivumista nopeutetaan varmistamalla hyvät kuivumisolosuhteet. Kuivu-mista nopeutetaan pinnan hionnalla, lämmöllä, ilmaa kierrättävillä puhaltimilla, sekä kosteudenpoistajilla. Kun kerros saa päällekkäisen kerroksen holvin,

on puhaltavien ilmanlämmittimien ja pelkkien puhaltimien aiheuttama ilman kierätys on oleellinen vaikuttaja tasaisessa kuivumisessa. Ikkuna ja oviaukkojen muovikalvojen avaaminen hetkeksi, tuulettaa tehokkaasti jo lämmitettäviä tiloja, jolloin lämpimän ilman mukana poistuu myös merkittävä määrä kosteutta. Kosteudenpoistajien käytön merkitys kasvaa, mikäli ilman suhteellinen kosteus on koholla ja ilmanvaihto/tuuletus on puutteellista. Etenkin kesällä kuivuminen on hitaampaa vallitsevan korkeamman suhteellisen kosteuden tähden. Lattialämmityksen aikaistettu käyttöönotto nopeuttaisi kuivumista. Työmailta kerätyn tiedon perusteella kuivumisolosuhteet ovat tehdyillä toimilla pääasiassa sellaiset (+18-20°C, ilman rh 20–40 %), ettei kosteudenpoistajia aina tarvita.

Olosuhde- ja kosteudenseuranta oli kaikilla työmailla tarkasti hoidettu, ulkopuoliselta taholta tilattu palvelu. Holvin kuivuttua riittävästi, se on valmis eristettäväksi. Sääsuojauksen puuttuessa kosteusrasitus on kuitenkin arvaamaton, ja holvin kastuessa pitenee myös kuivumisajat. Rakennus saa päälle kunnollisen sääsuojan, eli vesikaton vasta kun runko on valmis.

Laatupoikkeamat paikallavalettavan holvivalun tasaisuudessa ja suoruudessa aiheuttavat usein ylimääräistä tasoitustarvetta ennen eristeiden asentamista. Yhdessä kohteessa valmiin holvin yläpinnan korkopoikkeaman takia valittiin 30 mm eristeen sijaan 40 mm eriste, jotta pumpputasoitemenekki ei kasvaisi. Epäselväksi jäi, johtuiko mittapoikkeama suunnittelu- vai työvirheestä.

Käytössä olevista muottijärjestelmistä mainittiin, että vaihtoehtoja olisi hyvä tutkia. Holvivalut tehdään vakiopalkki-muottijärjestelmillä, joissa I-palkistot tuetaan holvituilla alempaan holviin, ja palkkien päälle asennetaan ristikkäin kevyempi I-palkisto sekä muottivanerit. Työmaalla B käytössä oli Dokan muottijärjestelmä Dokaflex, joka vaatii melko paljon tilaa muottiosien kääntämisessä paikalleen ja pois. Joissakin kohteissa holvin kuivumista nopeutettiin käyttämällä nopeammin kuivuvaa betonilaatua.

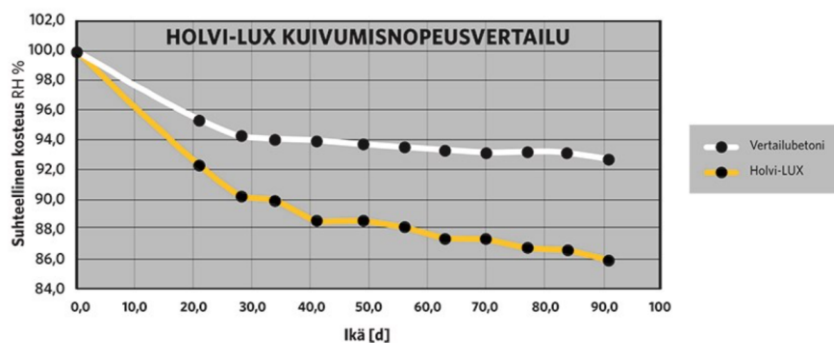
### 3.3.2 Työjärjestys - lämpölattia ja väliseinät

Haastatteluissa ilmeni, että rakentamisjärjestyksissä on työmaakohtaisia eroja. Toisilla työmailla suositetaan väliseinien rakentamista suoraan holville, ennen lämpölattiaa, ja toisilla työmailla kevyet väliseinät rakennetaan valmiin lämpölattian päälle (s.7, kuva 7).

Työmailla A ja B, joissa väliseinät on toteutettu ensin, on järjestys perusteltu holvin kuivumisajalla. Holvin kuivuessa on saatu rakennettua väliseinät valmiiksi, jonka jälkeen holvi on ollut päällystyskuiva lämpölattian eristystä varten. Koska seinät tehtiin ennen eristystä ja tasoitevalua, käytettiin peltirankaseinissä korkeampaa pohjarankaa, jotta kipsilevyn alareuna saadaan lähelle suunniteltua lattiapinnan korkoa. Seinän alapäähän asennettiin myös kertopuiset palikat pystyrunkojen väliin, jalkalistojen kiinnittämistä varten.

Työmaalla C, joissa lämpölattia oli toteutettu ensin, oli nopeutettu holvin kuivumista käyttämällä nopeammin kuivuvaa betonilaatua. Vertailukohteessa käytössä oli Ruduksen Holvi LUX Premium, joka kuivuu huomattavasti tavanomaisia betoneita nopeammin [22, s.54]. Holvin betonin materiaalikustannus on tällöin noin 30 % suurempi [23, s. 55].

Alla kuvassa normaalibetonin ja Holvi-LUX-betonin kuivumisvertailua, etenkin alussa kuivuminen on selvästi nopeampaa:



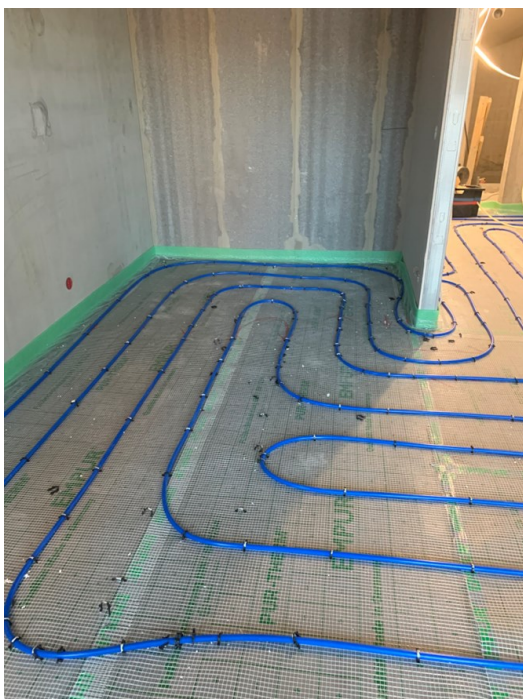
Kuva 23. Betonien kuivumisnopeusvertailu [22, s.54].

Väliseinämateriaalit oli saatu joillakin työmailla nippunostoina valmiille holville ennen seuraavan kerroksen holvimuotin valmistumista ja toisilla työmailla haalattu jälkeempään. Käsin haalaamisen syyksi kerrottiin tilojen ahtaus ja joidenkin, kuten esimerkiksi Dokaflex-holvimuottijärjestelmän vaatima työtila. Tähän ongelmaan voi löytyä ratkaisu esimerkiksi muottijärjestelmän valinnalla tai suunnitelmalla muottityön siten, että väliseinämateriaalien nostot ja varastointi holville onnistuu ennen holvimuotin asennusta.

### 3.3.3 Välipohjan eristys

Haastatteluissa ilmeni, että kaikissa kohteissa suunniteltu eristevahvuus välipohjaan oli 30 mm. Käytetyt eristeet olivat kaikissa kohteissa sileäpintaisia rullaeristeitä, jotka sallivat putken vapaan sijoittelun ja kiinnittämisen. Putkien kiinnitys hoitui muovihakasilla. Eristeiden reunoille asennettiin teippisiivekkeellinen solumuovikaista irrottamaan tasoitelaatta ympäröivistä rakenteista.

Alla kuva kohteesta, jossa on käytössä sileäpintainen eriste.



Kuva 24. Valmis putkitettu eristys kohteessa, Turbocube EPS-DES 30 mm, yksitiheys rullalevy, Askelääneneristys -32 dB

Suunnittelu määrää ainekerrosten vahvuudet ja korkomaailman. Jos tasoitemenekkiä halutaan pienentää, on se aloitettava suunnittelusta. Esimerkiksi kuvissa 24. s. 31 ja 25. s. 33 olevissa esimerkkirakenteissa suunnitellut tasoitekerrokset, ovat tarpeettoman paksuja. Valmistajien ohjeistuksen mukaan n. 40 mm on riittävä tasoitepaksuus pumpattavaksi eristeellä, jossa putki on tasoitteessa. Yhdessä kohteessa valittiin 40 mm paksu eristelevy tasoitemenekin pienentämiseksi, kun holvivalun yläpinta oli jäänyt suunniteltua alemmaksi.

Haastatteluissa havaittiin aliurakoitsijoilla olevan suuria eroja vaatimuksissa työalueen koon suhteen. Yhden kerroksen työaluevarausta voidaan pitää kohtuullisena rakennuksen rungon nousutahtiin suhteutettuna. Yhden kerroksen eristys-, putkitus- ja tasoitetyöhön kului haastatteluiden perusteella n. 1 viikko. Yhdessä kohteessa työalueeksi oli sovittu 2 kerrosta kerrallaan ja työajaksi sovittu 2 viikkoa. Talotekniikan keskeneräisyys aiheutti tässä vaiheessa ylimääräistä tavaroiden siirtelyä ja varastointia. Hyödyttiinkö isommasta työalueesta jotenkin, jäi epäselväksi. Itse työsuorituksiin on oltu tyytyväisiä.

Tämänhetkisellä menetelmällä on koettu ahtautta lattiamallin Tulvarin alimmissa liitännöissä, kun eriste on tullut putkien/läpivientikappaleiden eteen. Eristykselle olisi huomioitava riittävät varat. Myös jakotukkilaatikoiden ja -kaappien eristäminen irti holvista olisi ääniteknillisesti tärkeää.

#### 3.3.4 Lämmitysputkistot

Yleisimmät putkikoot työmailla ovat halkaisijaltaan 16–17 mm, 2 mm seinämävahvuudella. Myös 14 mm putkia on käytössä. Käytettävä putki valikoituu lämmitysjärjestelmäpaketin mukaan. Toimitus sisältää laskelmat ja suunnitelmat tarvikkeineen.

Työmaalta kerätyn tiedon mukaan yhdellä työmaalla oli käytössä 14 mm putki, jolloin poikkileikkauksen pinta-ala pienenee n.25 % tavanomaiseen verrattuna. Kierron virtaus ja lämpötila on tällöin säädettävä suuremmalle. Myös putkiston asennustiheyttä voidaan joutua kasvattamaan riittävän lämmitystehon saamiseksi mikä lisää putkimenekkiä.

Joidenkin kohteiden, ylimmissä kerroksissa on havaittu aiemman kokemuksen perusteella riittämättömyyttä lämmitysjärjestelmässä suunnitteluarvoilla. Esim. veden lämpötilaa ja virtaamaa kasvattamalla on saavutettu tarvittava lisäteho lämmitykseen.

Lämmitysputkiston siirtoputkien on havaittu tuottavan liikaa lämpöä väärään tilaan puutteellisen eristyksen vuoksi. Jäykkien syöttöputkien johtamisessa ja asennuksessa jakotukeille on havaittu ongelmia, mikäli putken reitti on huonosti mietitty. Jos jakotukkikaappi on väliseinän sisällä, taipuu putki huomattavan paljon helpommin, kun se tuodaan seinän sisään seinän suuntaisesti.

### 3.3.5 Jakotukistokaapit/-laatikot

Haastatelluissa kohteissa oli käytössä sekä seinä-, että lattiamalleja. Osassa kohteista siirtoputket oli kuljetettu kaapeille asunnon sisäkattoa pitkin ja osassa lattian holvissa/tasoitelaatassa.

Alla kuva väliseinän sisään sijoitetusta kaapista.



Kuva 25. Väliseinän sisään sijoitettu jakotukkikaappi, kuva työmaalta A, 2022.

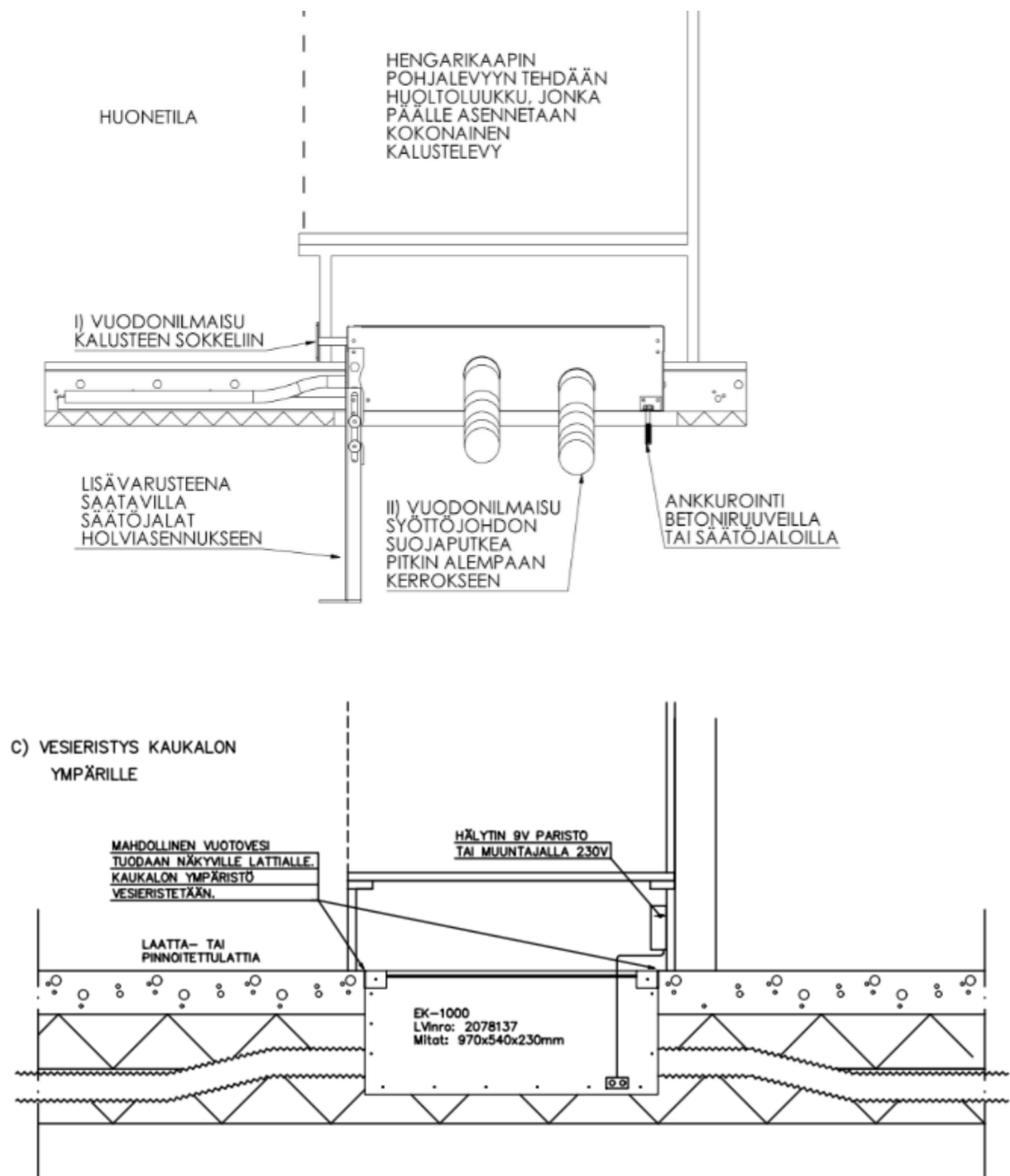
Haastatteluissa ilmennyt haaste on putkien taivuttaminen kaappeihin tilan ollessa vähäinen tai paksujen syöttöputkien taivutuksen ollessa jyrkkä. Myös valun rajoittaminen reunanauhalla kaapin edessä, lähelle seinälinjaa, voi aiheuttaa myöhempiä ongelmia viimeistelytöissä. Alla kuva toteutuksesta, jossa lattialämmitys putkien nousu on hyvin lähellä seinälinjan valmista levypintaa.

Myös lattiamallin jakotukkilaatikon asennuksessa, työvaroissa ja eristyksissä on havaittu haasteita. Eriste tulee alimpien putkivarausten eteen ja valmistajan kuvapankin mukaisesta asennuksesta muodostuu herkästi äänisilta holvin ja tasoitelaatan välille.

Putkistot koeponnistetaan vuotojen varalta ennen tasoitteen pumppausta. Käytönaikaisien vuodonilmaisimien vuotoputkien esiinohjaus toteutetaan tavallisimmin painovoimaisena valmiille lattiapinnalle tai alemman asunnon kattoon.

Saatavilla olevien lämpölattioiden tuoteperheet sisältävät haluttaessa täyden asennuspaketin ja haastatteluista saadun tiedon perusteella onkin suositeltavaa käyttää tuoteperhettä. Sopimuksista mainittiin, että ne syytä valmistella huolellisesti.

Alla kuvia eri tavoin asemoiduista Tulvarin lattiamallin jakotukkilaatikoista:



Kuvat 26. ja 27. Lattiaan osin tai kokonaan upotettujen Tulvari-keskusten detaljit [24, s.55].

### 3.3.6 Pumpattavat tasoitteet

Työmaalta saadun tiedon perusteella tasoitetta pumpataan yleisimmin noin 40 mm kerros eristeen päälle, jolloin halkaisijaltaan 17 mm putken päälle, jää 23–24 mm tasoitekerros. Yhden n. 300 m<sup>2</sup> kerroksen korkomerkitöjen laittamiseen ja tasoitteen pumppaamiseen kuluu noin 1 työpäivä.

Toteutunut tasoitemenekki oli kuitenkin lähes poikkeuksetta suurempi. Tämä johtuu suunnitellusta korkomaailmasta ja tasoitemäärästä, alustan epätasaisuudesta sekä väärästä eristepinnan korosta. Tasoitelaatan paksuuntuessa kuivumisaika pitenee merkittävästi.

Haastatteluiden perusteella pumpattavien tasoitteiden valinta tapahtuu työmailla tällä hetkellä siten, että käytetään aliorakoitsijan suosimaa/kilpailuttamaa pumpputasoitetta. Kaikissa haastatelluissa kohteissa oli käytössä Weber 130 Core Comfort plaano. Aiempaa kokemusta on muistakin pumpputasoiteista.

Osa tasoitteiden valmistajista suosittelee verkon asentamista halkeilun ja vääntymien minimoimiseksi, Weber suosittelee tätä myös, mutta esimerkiksi Knauf ei näin tee. Useimmilla työmailla noudatetaan suositusta vähintään nurkkien osalta, koska nurkkien verkottaminen estää tasoitelaatan käyristymisen. Yhdellä työmaalla jätettiin verkotus kokonaan pois, jolloin tasoitepintaan ilmestyi halkeilua kuivumisen aikana. Vähäisen halkeilun ei koettu aiheuttavan haittaa, koska päällimmäiseksi materiaaliksi oli tulossa kelluva parketti.

Yhdellä työmaalla on havaittu ongelmia korkomaailmassa, lattiasta - kattoon korkuisten ikkunoiden asennuksessa tasoitteen yläpinnan noustessa liian korkealle. Työmaiden palautteen perusteella asennusvaroihin kaivattaisiin nykyistä suurempia toleransseja.

Erityisen hyvää palautetta kerrottiin pumppausyritysten pumppuautosta, joka on koettu helpoksi ja käteväksi. Haastatelluilla työmailla ei ollut käytössä pumppauskaluston vaatimaa lämmintä vettä. Veden lämpötila vaikuttaa massan notkeuteen. Kylmää vettä joudutaan lisäämään enemmän saman notkeuden saavuttamiseksi ja tällöin kuivumisaika pitenee. Työmaahenkilökunta ei seuraa pumpputasoitteen lämpötilaa eikä tee leviämätestejä. Pumppausurakoitsija näitä seuraa itse. Alla aiemman kokemuksen perusteella tärkeä tieto työmaalle.

Weberin vaatimukset ajoneuvopumppaukseen ovat seuraavat:

Tarvittava sähkö: 16A–63A (riippuen kalustosta)

Sulake: 25A Tarvittava vesi: 35–45 l/min.

Paine: vähintään 0,4 MPa (4 bar).

Veden ulosottoputki: vähintään 20 mm (3/4”), mielellään sekä lämmin että kylmää vettä.

Veden ja sähkön tulon on oltava häiriötön koko työsuorituksen ajan ja massan lämpötilan tulee olla yli 10 astetta ja alle 30. Massan lämpötilaa voidaan säätää sekoitusveden lämpötilalla.

Massan lämpötilan tulee olla vähintään +10 °C, koska kylmä massa leviää heikommin ja riski ylivesittämiseen (liiallinen veden käyttö) kasvaa ja sen myötä kuivuminen ja lujuudenkehitys hidastuu.

Työn loputtua paikalla tulee voida pestä pumppukalusto runsaalla, mielellään lämpimällä vedellä.

Lähde: Työmaaohjeet 2020 Weberin tasoitteille [25, s.55].

Tasoitepumppauksen jälkeinen lämmitys ja kuivatus hoidetaan tavallisesti kaukolämpöön kytkettävällä lämmönsiirtimellä, josta lämpö jaetaan puhaltimille kerroksiin. Varsinaista lattialämmitysjärjestelmää voidaan päästä käyttämään nopeammin apuna kuivatuksessa ja lämmityksessä, mikäli tämä tarve huomioidaan lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa. Järjestelmä otettaisiin tällöin käyttöön osissa. Työmailla on kiinnostusta järjestelmien käyttöönottoon osissa.

## 4 Tutkimuksen tulos

### 4.1 Runko

Rungon osalta vaikuttaa perustellulta toteuttaa holvi paikallavaluna ja siihen ollaan perustellusti tyytyväisiä työmailla, alempana vertailua taulukoituna (Taulukko 2). Sääsuojauksen puuttuminen voi aiheuttaa merkittävämpääkin sattumanvaraista kuivumisen viivästymistä. Holville satavat vedet on pyrittävä ohjaamaan ulos rakennuksesta mahdollisimman pian. Tämä toteutuu paremmin paikallavaluholvilla kuin onteloelementeillä. Sääsuojauksen kehittäminen on suositeltavaa.

Holveja toteutetaan eri betonilaaduilla. Holvin kuivumisen nopeuttaminen työjärjestyksen takia betonilaatua muuttamalla lisää materiaalikustannuksia ja kuormittaa materiaalina ympäristöä normaalia betonilaatua enemmän. Tämä ei ole oikea kehityssuunta vaikkakin toimiva ja käyttökelpoinen tarpeen vaatiessa. Työjärjestys olisi hyvä ratkoa muilla keinoilla. Holvin keventäminen olisi oikea kehityssuunta. Se säästäisi materiaalinemessä, nopeuttaisi kuivumista ja mahdollistaisi sisäänpäin kuivattamisen.

Tällä hetkellä ja tulevaisuudessa rakennuksille halutaan sertifikaatteja ja entistä pienempiä päästöjä uuden 1.1.2025 voimaan tulleen rakentamislain myötä [21, s. 54]. Siirtymäsuunta olisi nyt myös vähähiilisen betonin käytön suuntaan [26, s. 55]. Vähähiilistä betonia, esimerkiksi Ruduksen CEVO-betonia, markkinoidaan 70 % pienemmillä päästöillä ja testien mukaan lujuuden kehitys vastaa normaalibetonia. Kantaviin rakenteisiin vähähiilistä CEVO-betonia voidaan käyttää, kun testit on saatu päätökseen. Arvio oli, että betoni olisi käytössä keväällä 2023, mutta tammikuussa 2025 ei vielä löytynyt uutta tietoa CEVO-betonista [5, s. 53]. Useilla toimijoilla on kehitystyö kesken, mutta rakennebetoneiksi soveltuvien suurempien lujuusluokkien betonilaadut lisääntyvät koko ajan.

Holvin kuivumisolosuhteiden tehostaminen toimii hyvin tämänhetkisillä käytännöillä ja seurannalla. Jos holvi halutaan saada nopeammin pinnoituskuivaksi, on seuraavaksi kehitettävää sääsuojauksessa ja holvin kuivaamisessa esimerkiksi sisäkautta tai holvin ja lattiaeristeen välistä.

Rakennustyömaat kuluttavat paljon energiaa lämmittämiseen. Rakennuksen kuivumiseen tarvitaan riittävän tehokas ilmanvaihto, joka lisää lämmitystarvetta. Kylmänä kautena työmaa-aikainen ilmanvaihto olisi järkevää toteuttaa lämmöntalteenotolla. Käyttämällä esim. erillisiä siirrettäviä poistoilmalämpöpumppuja saataisiin osa lämpöenergiasta talteen. Nyt lämmin ilma päästetään suoraan ulos, joten tässä olisi kehitettävää.

Valetun holvin korko, suoruus ja tasaisuus vaikuttavat myöhemmin oleellisesti tasoitemenekkiin ja eristeiden asennukseen. Sovitun yläpinnan koron, suoruu- den ja tasaisuuden toteutumista on syytä valvoa, jotta myös suunniteltu tasoite- määrä toteutuu. Edellä mainitut voidaan tarkastaa ennen eristeen asennusta ja eristemäärää voidaan tarvittaessa kasvattaa. Sovitusta työnjäljen poikkeami- sesta aiheutuneista lisätöistä ja kustannuksista tulisi olla sovittu ennakkoon.

Muottijärjestelmästä mainittiin, että vaativat paljon tilaa. Ketterämpiä ja muun- tautuvampia muottivaihtoehtoja voisi olla olemassa. Muottijärjestelmiä on suosi- teltavaa vertailla.

Alla teoriaan ja haastatteluihin pohjautuvaa vertailua holvin toteutustavan vaiku- tuksesta koko välipohjarakenteeseen ja lämpölattian toteutukseen taulukoituna:

Taulukko 2. Paikallavalu- ja ontelolaattavälipohjan vertailua

Verrattava ominaisuus	Paikallavalu	Ontelolaattaelementit
Rakenteen tiiveys	Tiivis yhtenäinen ra- kenne	Tiiveysongelmia sau- moissa ja liittymäkoh- dissa
Mittatarkkuus, suoruus	Usein riittävän suora, valmis eristettäväksi il- man välitasoitusta. Vaa- tii välihionnan.	Epätasainen. Vaatii sau- mavalut ja välitasoituk- sen ennen eristystä.

Materiaalimenekki	Umpirakenne, materiaalimenekki koko rakenteen tilavuus.	Ontelot keventävät rakennetta ja vähentävät betonimenekkiä.
Suunnittelu	Mahdollistaa muutokset työn edetessä.	Elementit saapuvat työmaalle oletusarvoisesti suunnitelmien mukaisina. Muutokset hankalampi toteuttaa. Varauksien oltava paikallaan.
Kuivuminen	Hidas (betonin normaali kuivuminen).	Nopea. Sadevedet ja onteloihin kerääntyvät vedet aiheuttavat ongelmia.
Fysikaaliset ominaisuudet	Paremmat äänitekniset ominaisuudet. Tiiviimpi.	Heikommat äänitekniset ominaisuudet.
Vaikutus LVISA	Holvivalussa oltava kaikki holvin sisällä kuljetettava tarkasti paikalleen asennettuna ennen valua. Voidaan toteuttaa myös varauksilla.	Varaukset suunniteltava ennakkoon tarkasti ja niiden on osuttava oikealle paikalle asennuksessa. Onteloita voidaan hyödyntää mm. sähköasennuksissa.
Toimitusaika	Muotit, teräkset ja betoni voidaan tilata lyhyellä varoitusaikalla.	Tilattava kuukausia etukäteen.
Varastointi ja tilantarve	Muottijärjestelmä ja teräkset.	Elementtien ulko-varastointi tai nosto autosta suoraan kerrokseen.
Työaika/tilavaraus	Alempi kerros on varattuna holvin valutyölle, kunnes massiivilaatta on riittävän luja ja muotit poistetaan ja siirretään seuraavaan kerrokseen.	Ontelolaattaelementtien asennuksen ja saumavalujen jälkeen työtä voidaan jatkaa alemmissä kerroksissa heti.
Rakenteen paksuus	260 mm	320 mm, myös 270 mm paksu elementti soveltuksi käytettäväksi lämpölattian kanssa.

## 4.2 Työjärjestys, lämpölattia ja väliseinät

Työjärjestyksen vaikutukset ja kuivumisen aikaiset työt tulisi selvittää tarkemmin. Rakentamisen on edistyttävä holvin kuivuessa. Miten työjärjestys vaikutukset aliurakoitsijoiden työalueisiin, työaikameneikkiin ja sitä kautta kustannuksiin on suositeltavaa selvittää. Vertailun perusteella vaikuttaa monesta näkökulmasta (taulukko 3., s. 43–44.) siltä, että lattia olisi parempi tehdä ennen seinä. Silti on mahdollista, että aikataulusyistä on järkevämpää tehdä seinät ensin. Työmaalla, jossa lattia tehtiin ensin, rungossa käytettiin nopeammin kuivuvaa betonia.

Kumpi tahansa työjärjestys valikoituisi, olisi väliseinän alapää hyvä saada pois holvilta. Vaikka äänieristykset täyttäisivät asetetut minimivaatimukset, on eristävyttä järkevää parantaa ja myös markkinoida, mikäli se ei aiheuta lisätyötä tai -kustannuksia. Väliseinien alapään liittymässä sekä jakotukkilaatikoiden eristyksissä ja asennuksissa on havaittu kehitettävää.

Mikäli seinät on saatava tehtyä holvin kuivuessa, voisi seinien rakentaminen holvista roikottamalla olla kokeilun arvoinen, ja myös ääniteknisesti hyvä ratkaisu. Edellä mainittu on erittäin helppo asennus kokeiltavaksi. Seinän runko voidaan koota makuuasennossa ja nostaa pystyyn asennettavaksi. Alapään osalta roikotuskorkeus ja kiinnitys on mietittävä siten, että seinä on tukeva ja painumavara huomioidaan tällöin seinän alapäähän jalkalistan taakse. Eristelevy kuljetetaan asennettaessa ehjänä seinän alta. Tällöin ennakkoon kohteeseen nostetut väliseinämateriaalit saadaan pois lattiatöiden tieltä ja varastointiongelmien poistuvat. Seinärakenne on jätettävä toiselta puolelta levyttämättä LVISA-asennuksia varten.

Nykyisellä toteutusmallilla väliseinät seisovat holvilla ja johtavat ääniä asuntojen välillä. Kaikki seinään kiinnitetyt ääntä pitävät laitteet, kalusteet ja ovet aiheuttavat alas kulkeutuvia ääniä, vaikka paikallavaluholvi eristää ääniä hyvin. Työjärjestyksestä riippumatta, seinien alapään toteutukseen olisi suositeltavaa kehit-

tää selkeä yhteinen toimintamalli, jolla saavutetaan laadukas helposti toteutettava lopputulos. Väliseinän muodostama äänisilta alempaan kerrokseen olisi joka tapauksessa hyvä katkaista. Väliseinän pohjaranka voidaan asentaa myös n. 70–80 mm korkean eristekaistan päälle.

Edellä mainittuihin liittyen haastatteluissa ilmeni, että on tullut vastaan myös kohteita, joissa asukas on ollut tyytymätön asuntojen välisiin äänierityksiin, mutta tutkimusten ja mittausten jälkeen on eristävyden todettu täyttävän sille asetetut raja-arvot.

Lainaus edelleen ajankohtaisesta, Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston 2007 julkaisusta [27, s. 55.]:

Ääneneristys on oleellinen tekijä asumisviihtyvyyden kannalta. Huono ääneneristys koetaan usein kerrostalon negatiiviseksi puoleksi. Rauha ja itsenäinen elämänrytmi korostuvat asumisolaja parantavina ominaisuuksina. Limittyvät ja monimuotoiset asuntoratkaisut sekä muokattavat tilaratkaisut, kuten uusloftasunnnot edellyttävät edelleen parempaa huoneistojen välistä ääneneristystä. Myös yksittäisen huoneiston sisällä on kasvavaa tarvetta ääneneristettyihin harrastetiloihin. Ääneneristävyden vaatimukset asuntosuunnittelussa ovat 55 dB ilmaääneneristävyden ja 53 dB askelääneneristävyden osalta. Nykyinen ontelolaattavälipohja yhdessä lisääntyneen talotekniikan kanssa soveltuu huonosti kiristyviin ääneneristysnormeihin, kuten myös päällekkäin erilaisten kerrosten rakentamiseen. Väliseinien osalta ääneneristyksen parantaminen ei vaadi suuria investointeja. [27, s. 55.]

Nostot ja materiaalien varastointi tulisi toteuttaa tehokkaasti. Joillakin työmailla väliseinämateriaaleja kuljetetaan kerrokseen haalaamalla työjärjestyksestä riippumatta. Materiaalit voidaan myös nostaa kerrokseen nosturilla seinäelementtien jälkeen ennen holvimuottien asennusta ja varastoida kosteudelta suojattuina esimerkiksi kannakoituina seinille. Tässä olisi kehitettävää. Väliseinämateriaalien nostot kerrokseen voidaan toteuttaa myös työmaahissillä tai ikkuna-aukkojen kautta nosturilla/kurottajalla.

Työjärjestys, Lattia vai seinät ensin? Aikataulullisesti ei haastatteluiden perusteella havaittu merkittävää eroa kummankaan työjärjestyksen eduksi, mikäli kuivumisaikoja ei huomioida. Alla taulukoituna työjärjestysten vertailua haastatteluiden ja teoriapohdiskelujen pohjalta.

Taulukko 3. Työjärjestysvertailua, väliseinät vai lämpölattia ensin?

Verrattava ominaisuus:	Väliseinät ensin, alapää holville:	Lämpölattia ensin, väliseinät tasoitelaatan päälle:
holvin kuivuminen	Seinät voidaan rakentaa heti holvin vielä kuivuessa, tila lokeroituu, ilman liikkeitä vähenvät, tarvitaan useampia koneellisia puhaltimia	Seiniä ei voida rakentaa heti, yhtä isoa avointa tilaa, holvi kuivuu tasaisesti, puhaltimia tarvitaan vähemmän. Holvin kuivumista voidaan nopeuttaa betonilaatua vaihtamalla.
äänitekkinen toiminta	heikompi, toimii äänisiltana holville, jopa useiden kerrosten välillä väliseinien kautta	parempi, äänisilta katkeaa tasoitelaataan
tasoitelaatan liikuntasaumamat	syntyvät automaattisesti väliseinälinjoihin.	järjestettävä valmistajan ohjeen mukaan väliseinälinjojen alle
Väliseinän liitosten eläminen, liittyminen ympäröiviin rakenteisiin	Tukeva liittyminen, ei halkeiluriskiä.	Kelluvan tasoitelaatan eläminen voi aiheuttaa itse laatan halkeilua sekä lievää rakoilua/halkeilua esimerkiksi väliseinän ja ulkoseinän liittymässä.
valuvalmistelut, reunanauhojen asennus ja tiivistykset	reunanauhojen asennusmetrit lisääntyvät huomattavasti, tarkkuutta vaativana mm. väliseinän sisään jäävä jakotukin alusta	reunanauhoja ei tarvita väliseinien ympärille, lämmitysputkien ylösnousut tilapäistettävä huolellisesti ja tarkasti pystymallisten jakotukkikaappien alle.
Tulvarien ja jakotukkien asennus, seinämalli	Helppoa asentaa valmiiseen seinärunkoon	tuettava väliaikaisesti tarkasti paikalleen
Asunnon muunneltavuus	Huonompi, väliseinän jättämä aukko tasoitelaatassa ja eristeessä. Mahdollinen tilojen välinen korkoero seinän poiston jälkeen.	Parempi, yhtenäisen lattiapinta mahdollistaa vaivattomat väliseinämuutokset.
Työtekniisesti	huonompi työjärjestys, lisää työtä seinänvierusmetrien lisääntyessä. paitsi logistiikan osalta.	parempi, kaikissa työvaiheissa toimivampi ja loogisempi järjestys. eristys, putkitus, tasoitevalu, väliseinätyöt. Huonoa vain väliseinäa- aalien varastointiongelmia,

	Myös äänisiltojen riski kasvaa.	jos ei voida nostaa materiaaleja valmiiksi kerrokseen ennen holvivalua. Aiheuttaa haalaustyötä, jota voidaan pitää vähäisenä.
eristys	useampia pieniä työalueita, materiaalihukka lisääntyy	yksi iso työalue
putkitus	alueet selvät, väliseinät paikallaan, työtilat ahtaammat	väliseinälinjojen mittaus ja merkinnät, avointa työtilaa runsaasti. Putkituksia voidaan viedä myös seinälinjan alta tarvittaessa.
tasoitteen pumppaus	useita pieniä valualueita, korkomerkinnät vaivalloisemmat toteuttaa ja virheiden mahdollisuus kasvaa, enemmän roiskesuojattavia pintoja	yksi iso tila, korkomerkinnät saadaan vähäisillä vaaituslaitteen siirroilla
Tasoitelaatan kuivuminen	tila lokeroituu, ilman liikkeet vähenevät, kuivuminen epätasaista. Tarvitaan puhaltimia.	yhtä isoa avointa tilaa, kuivuminen tasaista, tasoitteella on aikaa kuivua koska seuraava vaihe on väliseinätyöt.
Kosteusteknisesti	Huonompi, mikäli rakenteen sisään jää orgaaninen kartonki, joka voi kastuessaan toimia kasvualustana esim. homeille. Seinän alapää on hankala kuivattaa mahdollisen kastumisen jälkeen. Riskinä esim. siivousvedet tai vuotava jakotukisto huonolla toteutuksella. Tämä voidaan välttää korkealla pohjarangalla.	Parempi. Lattia on yhtenäinen ja seinä on näkyvissä kauttaaltaan.

### 4.3 Eriste, putket ja jakotukkikaapit ja -laatikot

Eriste, putket ja jakotukkikaapit/-laatikot valikoituvat usein aliurakoitsijan käyttämien tuotteiden valikoimasta. Saatavilla olevat tuoteperheet sisältävät täyden asennuspaketin ja haastatteluista saadun tiedon perusteella onkin suositeltavaa käyttää tuoteperhettä. Eroavaisuudet takuuajoissa on hyvä tutkia. Ongelmat lämmityksen tehon riittämättömyydessä ylimmissä kerroksissa olisi saatettava suunnittelun, myös järjestelmän tarjoajan tietoon ja ratkottava.

Työmaalta saadun tiedon mukaan hyvän laadun ja työn sujuvuuden varmistamiseksi sopimukset tulee valmistella huolella ja on suositeltavaa pitää yhteiset palaverit ennen töiden aloittamista. Työvaiheet tulisi suunnitella siten, että kuivumisaikoina tehdään töitä seinien ja kattojen parissa. Työalueen pinta-alan tulisi olla sopivan kokoinen suhteessa muuhun tuotantoon. Liian iso työaluevaaraus häiritsee muuta tuotantoa.

Putkistojen ja jakotukkilaatikoiden eristystöissä on oltava erityisen huolellinen, jotta mahdollisia äänisiltoja ei pääse syntymään. Jälkikorjauksena virheiden korjaaminen on vaikeaa ja kallista. Ongelmakohtat tulee ratkoa, jotta asennustyö on sujuvaa ja laatu taattu. Holvivaluun on hyvä tehdä reilut varaukset, jotta asennukset ja eristystyöt saadaan toteutettua laadukkaasti. Seinämällin jakotukkikaapin alus ja putkien ylösnousujen valuvalmisteluissa ja sijoittelussa on paranneltavaa. Kaappi on irrotettava holvista eivätkä putket saa tulla levytyksen tai jalkalistojen eteen.

Eristeen profiilin suhteen vaikuttaisi järkevältä siirtyä uritettuun eristeeseen ja ohuempaan tasoitekerrokseen tai kelluvaan levytykseen. Tätä voidaan perustella pienemmällä materiaalimenekillä, lyhyemmällä kuivumisaajalla. Uritettu eriste mahdollistaa myös tasoitelaatan helpomman avaamisen joltakin alueelta esimerkiksi kuivatusta varten mahdollisen vesivahingon sattuessa.

Eristys- ja putkitustyöhön kuluva aika on nykyisellä menetelmällä ollut yhteensä noin 4 vuorokautta + 1 vrk tasoitepumppaus kerrosta kohden. Työhön on varattu tavallisimmin koko kerros viikoksi. Uritettu eriste voi olla hitaampi asentaa, mutta asennukseen on mahdollista varata hieman lisää aikaa, jos tasoitemenekkiä voitaisiin vähentää noin 30 % ja tasoitteen kuivumisaika lyhenee.

Tutkittaessa lattialämmityksen ja eristysten vaikutusta asumismukavuuteen, on havaittu, että asunnot ensimmäisestä kerroksesta toiseksi ylimpään ovat hyvin tasalämpöisiä kattoa myöten. Ylimmissä kerroksissa on kuitenkin havaittu tarvittavan runsaammin lämmitystehoa, eikä lämpö jakaudu yhtä tasaisesti. Alemmissä kerroksissa lämmitystehosta osa, n. 10–20 % tulee katon kautta [1, s.53.], jolloin lämpö jakautuu asunnossa tasaisemmin. Ylimmissä kerroksissa

voidaan saada lisättyä asuntoon kohdistuvaa lämmitystehoa käyttämällä paksumpia eristeitä, mutta hyöty jää melko vähäiseksi. Paksumpi putkikoko on varmempi valinta riittävän lämmitystehon takaamiseksi. Ylimmän kerroksen lämmityksen riittävyyden ja kuumina aikoina sopivan lämpötilan takaamiseksi on suositeltavaa pohtia vaihtoehtoja ja koota yhteinen ohjeistus asiasta. Eristyksen parantaminen sekä lämmityksen tehostaminen ylimmissä kerroksissa voi olla tarpeen.

Pienempi putkikoko voisi puolestaan tuoda säästöä tasoitemenekissä, mikäli tehoa saadaan riittävästi ja putkikoko on huomioitu suunnitteluvaiheessa. Mahdollinen säästö 14 mm putkella, 17 mm putkeen verrattuna olisi 3 mm tasoitekerros. Tasoitteiden menekki on 1,7 kg/mm/m<sup>2</sup>. Säästö tällöin 5,1 kg/m<sup>2</sup>. 40 mm tasoitelaatta painaa 68 kg/m<sup>2</sup>. Säästö tasoitemenekissä 7,5 %. Tehokkain, vastaaviin kohteisiin sopiva putkikoko suositeltavaa selvittää.

Siirtoputkien on havaittu lämmittävän reitillään joitakin tiloja häiritsevän paljon. Siirtoputkien tulee olla eristettyjä. Putkille ja eristeelle jätettävä tarvittavat varaukset holvivaluun. Putkitusten reitit tulee miettiä tarkasti työstettävyyden kannalta. Paksut huonosti taipuvat putket tulee tuoda seinän sisään pituussuuntaisesti, jolloin taivutus voi olla loivempi. Mahdollisissa läpivienneissä kerrosten välillä huomioitava palokatkot ja huolellinen eristäminen äänisiltojen välttämiseksi.

Vesikiertoisen kaukoviilennyksen yleistyessä, olisi seuraavaksi tutkittava viilennyksen tuomat haasteet, riskit ja ongelmakohdat. Maltillinen viilennys voidaan ottaa käyttöön taloyhtiöissä jo nyt, ilman erillistä viilennyspiiriä. Kuumana kautena on mahdollista jättää lämmitys kokonaan pois ja ottaa lämmitysjärjestelmä viilennyskäyttöön. Tämä on huomioitava termostaatteja valittaessa.

Haastatteluiden perusteella havaittuja kehityskohteita ovat seuraavat: jakotukistokaappien ja -laatikoiden liitännävarojen huomioiminen, kaappien ja laatikoiden eristäminen irti holvista. Mikään kiinnitys ei saisi yhdistää holvia ja tasoitelaattaa

toisiinsa. Asennuksissa on oltava erityisen huolellinen, jotta mahdollisia äänisiltoja ei pääse syntymään. Jälkikorjauksena virheiden korjaaminen on vaikeaa ja kallista.

Vuodon esiinohjaus voidaan tuoda näkyviin lattiamallin jakotukkilaatikosta esim. alemman kerroksen kattoon. Seinään asennettavan kaapin vuodonilmaisimen letku voidaan johtaa suoraan seinä- tai lattiapinnalle, josta mahdollinen vuoto on helppo havaita. Vuoto ei saa ohjautua huonon tai huolimattoman toteutuksen vuoksi rakenteiden sisään tai parketin alle. Lattiamallin jakotukkilaatikko vaikuttaisi järkevimmältä silloin kun sitä voidaan käyttää. Lattiamallin laatikko on helppo asentaa tarvittaessa paikalleen jo ennen holvivalua ilman ylimääräisiä tuentoja. Laatikon sijainti lattiassa ei vaikuta myöhempisiin mahdollisiin väliseinämuutoksiin.

Lattiamallin keskuksissa oleellista olisi, että keskus on irrotettu holvista ja kiinnivaluna tasoitelaatassa, jotta äänisiltoja ei synny tasoitelaatan ja holvin välille ja korkeusasema on lukittu valmiiseen lattiapintaan. Tulvarin detaljeissa tai ohjeistuksessa irrotusta ei ole nähtävissä. Ei holvista, eikä tasoitelaatasta [24, s. 55].

Haastatteluissa ilmennyt ongelma, että eriste tulee laatikon läpivientivarausten eteen, ei vaikuttaisi olevan Tulvarin ohjeen mukainen asennus. Asennuksessa laatikko on ankkuroitu suoraan holville, jolloin eristeelle jäävä tila alimpien putkiläpivientien alla on riittämätön. Asennustavassa vaikuttaisi olevan parannettavaa.

Missä vaiheessa laatikko on parasta asentaa paikalleen? Osa putkituksista saadaan asennettua paikalleen jo ennen holvivalua, ja osa heti holvin erityksen jälkeen. Jos jakotukkilaatikko halutaan tasan valmiin lattiapinnan kanssa, mikä olisi järkevää mahdollisia myöhempiä muutoksia ajatellen, on holviin jätettävä riittävän suuri varaus keskukselle ja eristeille. Tämä onnistuisi esimerkiksi päästöllisellä muotilla holvivalun yhteydessä. Uusiokäytettävät päästölliset muotit sopisivat muidenkin varausten valamiseen ilman valun jälkeisiä purkutöitä. Pääs-

töllisessä muotissa sivut ovat kauttaaltaan viistettyjä, jolloin muotti ei jää puristuksiin holvivaluun vaan se on helppo poistaa ja käyttää uudestaan seuraavassa holvivalussa.

#### 4.4 Pumpputasoite

Pumpattavat tasoiitteet ovat yleisesti suuri kustannuserä ja käytettävä tasoiite valikoituu tyypillisesti hinnan perusteella. Tällä hetkellä lattiaita suunnitellaan tarpeettoman paksuilla tasoiitelaatoilla. Valmistajien julkaisuihin perustuen vaikuttaa, että 40 mm on riittävä vahvuus ja ohuemmallakin laatalla toteutuksia ohjeistetaan tekemään [10, s. 53].

Tasoiitteiden valintaan liittyvät oleelliset erot vaikuttaisivat olevan kuormitettavuus, kuivumisaika, ympäristökuormitus ja hinta. Sementtipohjaisilla tasoiitteilla on hyvä käyttää verkkoa vähintään nurkka-alueilla. Verkko estää tasoiitelaatan nurkkien kipristymisen ylöspäin tasoiitteen kuivuessa. Tasoiitteiden lämmönjohtavuudessa ei ole merkittävää eroa, kun tarkastellaan rakennetta valmiina, parkettipäällysteisenä kokonaisuutena ja tilanne vastaa todellista käyttötilannetta. Knaufin testissä [18, s. 54] kiertävän veden lämpötila oli 45 °C, joka on huomattavasti normaalikiertoa lämpimämpi. Parketeille suositeltu maksimi lämpötila on 27 °C. Lämmönsiirtymisen nopeuden vaikutus vähenee parketin alla, kierron ollessa normaalissa lämpötilassa ja tasoiitekerrokset saman vahvuisia [17, s. 54].

Suunnitellun pumpputasoiitemenekin toteutuminen tulisi varmistaa yrityksen tavoitteiden mukaiseksi. Uritetulla eristelevyllä voidaan saavuttaa selvää säästöä tasoiitemenekissä ja kuivumisajassa, ohuempi laatta kuivuu huomattavasti paksumpaa nopeammin. Weberin esimerkkirakenteessa on käytetty uritettua eristettä 35 mm + tasoiite 25 mm. 25 mm kerros taas poikkeaa muusta ohjeistuksesta, vaikka Weberin tuotteella voidaan toteuttaa kelluva tasoiitelaatta jopa 20 mm kerroksellakin [10, s. 53.]. Nyt pumpattu tasoiitemäärä on usein n. 50 mm. Uritetulle eristelevylle, jossa lattialämmityspotki upotetaan eristeessä olevaan uraan,

voitaisiin valaa useiden valmistajien julkaisuiden mukaan joka tapauksessa huomattavasti ohuempi tasoitevalu kuin mitä nyt tehdään. Knaufin ilmoittama minimikerrosvahvuus LM80 tasoitteella kelluvana on 30 mm. Vastaava luku Weberin 130 Corella on 20 mm ja Fesconin tasoitteella 16 mm. Parkettipäällysteinen rakenne olisi siis mahdollista toteuttaa noin 20 mm paksulla tasoitekerroksella, mikä puolittaisi tasoitemenekin. Tasoitteiden lujuusarvoissa on eroja ja niiden merkitys kasvaa tasoitekerroksen ohentuessa. Huomioitavaa on myös, että tasoitelaatan oheneminen vaikuttaisi myös mm. äänieristykseen, palonkestoon, ympäristöseikkoihin ja lattialämmityksen reagoitinopeuteen.

Työmailla tulisi olla saatavilla pumppauskaluston tarvitsemaa lämmintä käyttövettä, tasoitteen valmistamista varten. Tasoitelaatan kuivumisen nopeuttamiseksi vesimäärä tulisi pitää ohjeen mukaisena. Kylmään veteen sekoitettu tasoitemassa vaatii enemmän vettä notkistuakseen. Kylmä ja enemmän notkistettu tasoite kovettuu ja kuivuu hitaammin [28, s. 55]. Notkeuden on oltava sopiva hyvän työnlaadun varmistamiseksi. Pumppauksen ollessa käynnissä on mahdollista mitata tasoitemassan lämpötila, ja ottaa massasta näyte leviämätestiä varten. Tasoitteen oikea notkeus ja lämpötila ovat tärkeitä onnistuneen pumppauksen ja työn jäljen takaamiseksi. Testiin tarvitaan kannu, levynpala ja lämpömittari. Ylimääräisistä työvaiheista, materiaalimenekeistä ja kuluista tulee sopia etukäteen aliurakoitsijoiden kanssa.

#### 4.5 Tuloksen tiivistelmä - taulukko

Kun jokin yksityiskohta tai jotain sellaista, joka ei ilmene suunnitelmista, onnistutaan ratkaisemaan hyvin, olisi tieto saatava jaettua muillekin työmaille ja suunnitteluun. Myös puutteista ja virheistä tulisi olla helppo antaa palautetta, jotta tuotanto materiaaleineen ja menetelmineen voi kehittyä. Seuraavilla sivuilla s. 50–51, Taulukko 4. on havaintoja ja pohdintoja taulukoituina aiheittain.

Taulukko 4. Valintoihin liittyviä havaintoja ja pohdintoja, (2 sivua).

Holvin toteutustapa	Paikallavalu on tämänhetkisiin tarpeisiin sopivampi toteutustapa monesta syystä. Asia perusteltu työssä (taulukko 2.).
Holvimuotin valinta	Muotin valinta/ käyttö siten, että materiaalien nosto onnistuu ennen holvimuottia. Muottijärjestelmien tutkiminen suositeltavaa.
Betonin valinta	Betonilaatua voidaan vaihtaa, jotta saadaan halutut ominaisuudet. Vain tarvittaessa nopeaa. Ennenmin vähähiillistä betonia tulevaisuudessa.
Betonin kuivuminen	Tällä hetkellä kuivumisolosuhteet saadaan pidettyä työssä mainituilla toimilla erittäin hyvinä. Olosuhteita ja kuivumista seurataan ulkoisen palvelutarjoajan kautta. Parempi sääsuojaus ja betonin/rakenteen sisään päin kuivuminen esim. putkiston tai salaojamaton avulla mahdollistaisi huolettomamman ja nopeamman pinnoittamisen. Tämä mahdollistaisi vahingon sattuessa myös kuivattamisen rakennetta avaamatta.
Työjärjestys	Laadullisesti vaikuttaisi, että tasoitelaatta ennen seiniä, jo pelkästään ääniteknisistä syistä (taulukko 3.) Holvin kuivuminen aiheuttaa haasteen tässä. Kehitysideana väliseinät voitaisiin rakentaa ripustamalla. Työvaiheita järjestelemällä onnistuu.
Pintojen valmistelu seuraavaan työvaiheeseen	Työmaalta saadun tiedon perusteella holvivalu ja tasoitevalu on järkevintä hioa kauttaaltaan/lähes kauttaaltaan tasaisuuden varmistamiseksi, sekä kuivumisen nopeuttamiseksi.
Eriste	Uritettua, alumiinipintaista eristelevyä käytettäessä olisi mahdollista säästää merkittävästi pumpputasoitemenekissä, tai jättää tasoite jopa kokonaan pois. Eristeiden ääneneristävydessä on merkittäviä eroja. Parhaisiin eristeisiin on lisätty erillisiä ääntä vaimentavia materiaalikerroksia. Eristeen paksuus vaikuttaa myös hieman mm. lämpöjakaumaan talon sisällä.
Lämmöneristeen määrä	Tällä hetkellä valmistajien tietojen perusteella vaikuttaa siltä, että ääni- ja lämpöteknisesti 30 mm on riittävä eristys. Holvivalun korontarkistuksen jälkeen, mikäli tuleva tasoitekerroksen paksuus on

	muodostumassa suunniteltua paksummaksi, voi harkita eristekerroksen kasvattamista.
Tulvarit, kehitettävää:	<p>Lattiamallin korkeusaseman päättäminen/sopiminen. Onko laatikon oltava paikallaan jo holvivalussa? Kuinka paljon liitettävää on jo holvivalun yhteydessä? Laatikolle olisi järkevää tehdä riittävän tilava varaus holvivalun yhteydessä, jotta se voidaan asentaa helposti ja tilavasti paikalleen valun kovetuttua. Mikäli laatikko on eteisen kaapin sisällä, ei laatikkoa ole tarve välttämättä upottaa tasan lattiapinnan kanssa. Mikäli laatikko sijoitetaan näkyvään paikkaan, on asennuskorkeuden oltava tarkka.</p> <p>Seinämallin jakotukkikaapin ja putkien liittymässä kehitettävää toteutuksessa. Putkien asemointi on lähellä valmista seinäpintaa (kuva 25.)</p> <p>Holvin ja tasoitelaatan välille ei saisi muodostua äänisilloja jakotukkikaapin asennuksista johtuen.</p>
Lämmitysputkistot, jakotukistot ja säätimet	Putket ja muut LVIS-osat valikoituvat järjestelmän tarjoajan ja lämpösuunnitelman mukaan. Huolellinen sopiminen tärkeää. Takuuasioihin suositeltavaa perehtyä. Mahdollinen viilennys huomioitava.
Suunnittelu	Työmaalta olisi hyvä tulla palautetta suunnitteluun, jotta muutokset/kehitystyö tehdään yhteistyössä ja järkevästi. Myös suunnittelun on hyvä ilmaista omat haasteensa.
Pumpputasoitekalusto	Pumppausauto on todettu hyväksi ratkaisuksi työmailla. Työmaita on hyvä ohjeistaa kaluston vaatimuksista, jotta esimerkiksi tasoiteen vesimäärää ei tarvitse ylittää lämpimän veden puuttuessa kylmillä keleillä.
Pumpputasoite	Kaikki tasoitteet toimivat hyvin tässä käytössä parkeetin alla kelluvana, kun tasoitekerros on $\geq 30$ mm. Jos tasoitekerrosta ohennetaan, on hyvä vertailla lujuusarvoja. Ohuempi rakenne reagoi nopeammin lämpötilan muutostarpeeseen. Sementtipohjaisten lujuudenkehitys on nopeampaa. Vähähiilisyys tulee tässäkin huomioitavaksi. Ympäristön kannalta parasta on, mitä vähemmän materiaalia kuluu.
Työalueiden koko	Työalueiden koon vaikutukset on hyvä selvittää. Yhden kerroksen työaluevaraus kerrallaan viikoksi vaikuttaisi sopivalta eristys, putkitus ja tasoitevaluun.

## 5 Yhteenveto

Työssä tutkittiin ja pohdittiin kirjalliseen materiaaliin ja haastatteluihin pohjautuen asuinkerrostalon lämpölattiatuotannon kehittämiseen liittyviä seikkoja. Tarkoituksena oli havaita ja tuoda esille hyviä käytänteitä, ongelmakohtia ja mahdollisia kehityskohteita.

Työtä tehdessä hyviä käytäntöjä ja mahdollisia kehityskohteita löytyi useita, mutta varsinainen tuotannon kehittäminen vaatii ison kokonaisuuden pohtimista kerralla. Suurin osa havaituista ongelmakohtista ovat sellaisia, joista on oltu tietoisia yleisestikin jo vuosia, mutta tekijöitä on useita ja muutokset tapahtuvat hitaasti. Esimerkkinä tästä on kuluneen pumpputasoitemäärän vähentäminen. Monet ongelmat ratkotaan työmaakohtaisesti työn edetessä.

Työn lopputuloksia hyödyntämällä on mahdollista kehittää ja yhtenäistää tuotantoa. Yhtenäisempi tuotanto säästää työtä, materiaaleja ja parantaa laatua. Yhtenäistä tuotantoa on helpompi vertailla ja havaita poikkeavuuksia.

Kehitystyön tulisi olla jatkuvaa ja mahdollisimman vaivatonta. Mikäli jonkin projektin kohdalla havaitaan muutostarvetta, olisi rakennusyhtiöllä hyvä olla selkeä toimintatapa, jota myötäilemällä ongelma saadaan ratkaistua ja tieto vaihtoehtoisesta toteutuksesta saavuttaisi koko organisaation suunnittelusta toteutukseen. Kehittämiskokeilut eivät välttämättä aina tuota toivottua tulosta, jos kokeilu on huonosti valmisteltu. Näin ollen muutoksia suunniteltaessa on syytä olla huolellinen.

Työhön perehtymällä tietämättömämpikin rakennusorganisaation jäsen saa peruskäsityksen tämänhetkisestä tilanteesta lämpölattiatuotannossa. Huomiota tulisi keskittää kaikkien valintojen osalta entistä enemmän ympäristövaikutuksiin.

## Lähteet

- 1 Tacker lattia. Verkkajulkaisu. Uponor. <[https://images.tuotetieto.fi/32231\\_TDS\\_810159\\_8345\\_2023047\\_tektie.pdf](https://images.tuotetieto.fi/32231_TDS_810159_8345_2023047_tektie.pdf)>. Luettu 22.8.2024.
- 2 Runkorakenteet. Verkkajulkaisu. Betonitieto. <<https://www.betonitieto.fi/suunnittelijat/arkkitehdit/runkorakenteet.html>>. Luettu 11.12.2024.
- 3 Holvimuotit. Verkkajulkaisu. Peri Suomi Ltd Oy <<https://www.peri.fi/tuotteet.html#products:muotit:holvimuotit>>. Luettu: 23.5.2024.
- 4 Holvimuotit. Verkkajulkaisu. Doka <<https://www.doka.com/fi/solutions/Holvimuotti>>. Luettu 23.5.2024.
- 5 Dakota Lavento. 2022. Betonirakenteita 70 prosenttia pienemmillä päästöillä: CEVO – Uuden sukupolven betoni. Verkkajulkaisu. <<https://betoni.com/lehti/ajankohtaista/betonirakenteita-70-prosenttia-pienemmilla-paastoilla-cevo-uuden-sukupolven-betoni/>>. 4.10.2022. Luettu 10.9.2024.
- 6 Ontelolaatat. Verkkajulkaisu. Betonia Oy. <<https://www.elementisuunnittelu.fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>>. Päivitetty 1.11.2024. Luettu 17.12.2024.
- 7 Yksirunkoisten kipsilevyväliseinän liitosdetaljit. Verkkajulkaisu. Knauf. <[https://tools.knauf.fi/fileadmin/user\\_upload/rakennekirjasto/Valiseinat/Detaljit\\_44dB/AINS\\_1616886.9\\_Knauf\\_kipsilevyseinien\\_liitosdetaljit\\_\\_aaniluokka\\_44\\_dB.pdf](https://tools.knauf.fi/fileadmin/user_upload/rakennekirjasto/Valiseinat/Detaljit_44dB/AINS_1616886.9_Knauf_kipsilevyseinien_liitosdetaljit__aaniluokka_44_dB.pdf)>. Luettu 12.9.2024.
- 8 Silent-asennuslevy. Verkkajulkaisu. Warmia Oy. <<https://warmia.fi/lattialammitys/komponentit/silent-asennuslevy/>>. Luettu 9.12.2024.
- 9 Finnfoam välipohja. Verkkajulkaisu. Finnfoam Oy. <<https://finnfoam.fi/kayttokohteet/valipohja/>>. Luettu 19.3.2025
- 10 Comfort Lite -lämpölattia. 2019. Verkkajulkaisu. Weber. <<https://www.fi.weber/files/fi/2019-05/Comfort-Lite-lampolattia-Ratkaisukortti.pdf>> 10.5.2019. Luettu 4.5.2024.
- 11 Tycroc UHP lattialämmityslevyt. Verkkajulkaisu. Tycroc. <<https://www.tycroc.com/fi/tuotteet/tycroc-uhp/>>. Luettu 22.8.2024.

- 12 Putkitettu eriste. Verkkajulkaisu. Aurelia lattilämmitys. <<https://www.facebook.com/aurelialattialammitys>>. 5.10.2020. Luettu 28.2.2025
- 13 Askelääntä vaimentava silent-levy. 2020. Verkkajulkaisu. Rakennusfakta. <<https://www.rakennusfakta.fi/askelaanta-vaimentava-silent-levy-178380/uutiset.html>>. 29.9.2020. Luettu 23.5.2024.
- 14 Uponor comfort pipe. Verkkajulkaisu. Lvinetti. <<https://lvinetti.fi/kauppa/lattialammitys/lattialammitysputket/uponor-lattialammitysputket/lattialammitysputki-uponor-comfort-pipe-qe-plus-20x20-240-m/>>. Luettu 4.7.2024.
- 15 Kuvia LVI-keskukset ja -laatikoista. 2024. Verkkajulkaisu. Tulvari Oy <[www.tulvari.fi](http://www.tulvari.fi)>. Luettu 4.7.2024.
- 16 Knauf-hinnasto / Tuoteluettelo 2023. Verkkajulkaisu. Knauf. <[https://knauf.fi/fileadmin/user\\_upload/esitteet/Knauf\\_tuoteluettelo\\_0421\\_web.pdf](https://knauf.fi/fileadmin/user_upload/esitteet/Knauf_tuoteluettelo_0421_web.pdf)>. 3.5.2023. Luettu 17.5.2023.
- 17 Vepsäläinen, Mikko; Warsame, Muhsin & Zabaluev, Roman. 2022. Innovaatioprojekti: Smartlab lattialämmitys ja -viilennys mittausjärjestely. Metropolia ammattikorkeakoulu. Helsinki.
- 18 Kipsi- ja sementtipohjaisten lattiainmassojen lämpötekniikan vertailu lattialämmityskohteissa. Verkkajulkaisu. Ahveniston Rakennus-Palvelu Oy. <[https://www.kipsivalu.fi/uploads/pdf/kipsi\\_vs\\_betoni.pdf](https://www.kipsivalu.fi/uploads/pdf/kipsi_vs_betoni.pdf)>. Luettu 17.5.2023
- 19 Puulattiat. 2022. Verkkajulkaisu. Tarkett. <[https://media.tarkett.com/docs/ID\\_FI\\_Tarkett\\_Parketti\\_uiva\\_asennusohje.pdf](https://media.tarkett.com/docs/ID_FI_Tarkett_Parketti_uiva_asennusohje.pdf)>. 8.2022. Luettu 11.12.2024.
- 20 Betonilattioiden kosteudenhallinta ja päällystäminen. 2007. SisäRYL 2013.
- 21 Uusi rakentamislaki tulee voimaan 2025. 2023. Verkkajulkaisu. Rakennustieto Oy. <<https://uutiset.rakennustieto.fi/kortistot/rkortisto/uusi-rakentamislaki-tulee-voimaan-2025/>>. 3.3.2023. Luettu 14.1.2025.
- 22 Rudus LUX Laatubetonit – sopiva tuote joka kohteeseen. Verkkajulkaisu. <<https://www.rudus.fi/tuotteet/betoni/rudus-lux-laatu-betonit-sopiva-tuote-joka-kohteeseen>>. Luettu 4.12.2023.

- 23 Valmisbetonihinnasto. 2023. Verkkojulkaisu. Rudus. <<https://www.rudus.fi/hinnasto-ja-esitteet/hinnastot/betonihinnasto>> 29.11.2023. Luettu 4.12.2023.
- 24 Asennusdetaljit. 2024. Verkkojulkaisu. Tulvari. <<https://tulvari.fi/tuoteryhma/lattiakesk>>. Luettu 4.7.2024.
- 25 Työmaaohjeet Weberin tasoitteille. 2022. Verkkojulkaisu. Weber. <[https://www.fi.weber/files/fi/2022-04/Tyomaahjeet-Weberin-lattiatasoitteille\\_0.pdf](https://www.fi.weber/files/fi/2022-04/Tyomaahjeet-Weberin-lattiatasoitteille_0.pdf)>. Luettu 4.5.2024.
- 26 Vähähiilinen betoni. 2025. Verkkojulkaisu. Suomen Betoniyhdistys ry. <<https://vahahiilinenbetoni.fi/>>. Luettu 28.2.2025.
- 27 Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston julkaisuja 2007:10 - Kerrostalojen kehittäminen – Talotyypiselvitys. Verkkojulkaisu. s.31. Arkkitehdit NRT Oy.
- 28 Pumppuauto plaano-lattioille. 2020. Verkkojulkaisu. Weber. <<https://www.fi.weber/files/fi/2020-10/4-47-weberPumppuauto-Plaano-lattioille.pdf>>. 20.1.2020. Luettu 8.11.2023.

## **Liitteet**

**Haastattelulomakkeen kysymykset (3 sivua)**

## LIITE 1, Haastattelulomakkeen kysymykset.

1	Id
2	Alkamisaika
3	Valmistumisaika
4	Sähköposti
5	Nimi
6	Haastattelu pvm.
7	Haastateltava (etunimi, sukunimi):
8	Toimenkuva:
9	Yritys:
10	Puhelinnumero
11	Sähköposti1
12	Työmaa/rakennuskohde (1 kohde/haastattelupohja):
13	Rakennuksen runkoratkaisu:
14	Asuinkerroksia:
15	Kerrostasoala(m2):
16	Holvin/ontelolaatan paksuus (mm):
17	Rakennustyön aloitus:
18	Kohde valmis (luovutus):
19	Ensimmäisen kerroksen massiivilaatta/ontelot valettu:
20	Ylimmän asuinkerroksen massiivilaatta/ontelot valettu:
21	Vesikatto päällä:
22	Rakennusaikaiset lämmöt päällä:
23	Työjärjestys: Pintavalu vai väliseinät ensin?
24	Mitkä seikat vaikuttavat työjärjestykseen? Oliko järjestys järkevä?
25	Miten väliseinien alapään toteutus tehtiin ennen valua?
26	Alustan etuputsi/oikaisu-/tasoitustarve ennen eristeiden asennusta (tahdistaa)?:
27	Miten väliseinien rakennusmateriaalien logistiikka hoidettiin?
28	Oliko käytössä jokin lämpölatiiajärjestelmä kokonaisuus? Sisältö?
29	Välipohjan eriste (ääni & lämpö):
30	Eristeen materiaali:
31	Eristeen paksuus (mm):
32	Havainnot eristeen asennuksessa:
33	Valuvalmistelut/valupinta? (valupaperi, eristeen omapinta, suodatinkangas, saumojen teippaus, läpiviennit jne)
34	Käytetty irroituskaista:
35	Irroituskaista limitetty tiiviisti lämmöneristeen päälle tai alle? Esim liimaamalla tai teippaamalla.
36	Irroituskaistan kiinnitys, sujuvuus ja laatu? (kaistassa oma liimapinta, limitys, teippi, liima, kiinnikkeet läpi)
37	Valun vahvike/raudoitus:
38	Välipohjan eristysten tarkastaminen, mitä tarkastettiin ja kuka tarkasti?  Mahdollisia puutoksia/virheitä, ongelmat ilmenevät alentuneena äänieristyksenä: -eristelevyt eivät ole aseteltu tiiviisti/sau
39	Siisteys vaihettain lämpölatiian toteutuksessa, ongelmat/vinkit?

40	Käytetty lämmitysputki tai järjestelmä:
41	Putkikoko (mm)
42	Putkiston k-jako/jakoon liittyvät kommentit?
43	Lattialämmitysputken kiinnitys:
44	Havaittiinko ongelmia asennuslämpötilan suhteen? Asennuslämpötila? Valmistajan ilmoittama minimi?
45	Lämmitysputkiston (siirtoputket kohta 37) asennuksessa havaittuja asennusongelmia:
46	Havaittiinko siirtoputkien asennuksessa tai eristyksissä ahtautta/ongelmia? Putkien kiinnitys alustaan?
47	Suoritettiin putkistoille koeponnistus ennen käyttöönottoa?
48	Lattialämmityksen kierto päälle:
49	Onko lattialämmitys mahdollista ottaa aiemmin käyttöön? Esim jo valujen yhteydessä?
50	Lämmitysjärjestelmän jakotukistojen sijainnit (tila, sijoitus rakenteessa, asento jne.):
51	Jakotukiston vuodonohjauksen/vuodonilmaisun toteutus:
52	Jakotukkien asennuksissa havaittuja asennusongelmia:
53	Järjestelmän ilmauksessa havaittuja ongelmia:
54	Eteneekö eristys ja putkitukset rytmisessä/tahdissa pumppauksen kanssa?
55	Märkätilojen lattiarakenne asuinkerroksissa:
56	Märkätilojen lämmitystapa:
57	Porrashuoneen lattiarakenne kerroksissa:
58	Porrashuoneen lämmitystapa:
59	Sääsuojaus?
60	Rakenteiden kastumiset rakennusaikana:
61	Rakennusaikainen lämmitys päälle:
62	Lämmitysmenetelmät:
63	Kosteudenpoistajat:
64	Rakennusaikainen ilmanvaihto:
65	Miten holvin ja rungon kuivumisesta seurattiin ja mitattiin, vastuu hlö ja kuka mitasi?:
66	Miten holvin ja rungon kuivumisesta tehostettiin:
67	Mitkä RH% tavoitearvot oli asetettuna ennen välipohjan eristystä:
68	Saavutettu ja mitattu RH% arvo, tulos ja miten mitattiin?:
69	Aiheutuiko rungon ja holvin kuivumisesta viivästyksiä?:
70	Pintalaattojen valujen aloitus:
71	Aloitusedellytykset, olosuhteet valupäivänä (lämpötila, kosteus, ilmanvaihto jne)?:
72	Käytetty valumassa:
73	Mitä valumassaa käytettiin:
74	Valumassan lämpötila (Celsiusta):
75	Massan vesimäärä, tehtiinkö leviämätesti tai mitattiinko muuten?
76	Kerralla pumpattavan alueen pinta-ala+paikka ja pumppausväli (esim. joka toinen viikko)?
77	Massamenekin keskiarvo/m <sup>2</sup> ? (tieto laskusta, kuormakirjasta tai vastaavasta, vesi-/laastisuhde kirjattuna?)

78	Havaittu tai laskutettu valun paksuus/suunniteltu valupaksuus?
79	Pintalaatta kävelykuiva/kuormitettavissa (vastaus: vrk/vrk):
80	Pintalaatan tasoitustarve ennen parkettia:
81	Pintalaatan tasoitustarve ennen liimattavia pinnoitteita:
82	Lattiavalujen muut jälkikorjaukset:
83	Valualueen kuivuminen pinnoituskuivaksi (vrk):
84	Mitattu RH% arvo ennen pinnoitusta? :
85	Mittausmenetelmä/-laitteisto:
86	Mitkä olivat asetetut RH% tavoitearvot pinnoitukselle suoritettulla mittausmenetelmällä:
87	Mittauksen suorittaja (yritys ja mittauksen suorittaja):
88	Pintalaatat pinnoituskuivat kokonaisuudessaan:
89	Muodostuiko pintalattian kuivumisajasta kriittinen kokonaisaikataulun (parketti-asennus) kannalta?
90	Aiheutuiko pintalaatan kuivumisesta viivästyksiä? Onko pintamassan kuivumisella aikataulukriittisiä riippuvuuksia muihin työvaiheisiin?
91	OLOSUHDESEURANTA, miten seurattiinko, onko kirjauksia?
92	Sisälämpötilan keskiarvo kuivumisen aikana:
93	Ilman suhteellisen kosteuden (RH%) keskiarvo kuivumisen aikana:
94	Säätöolosuhteet, Onko kirjauksia?
95	Parkettiasennusten aloitus:
96	Parkettiasennukset suoritettu:
97	Hyvät kokemukset?
98	Huonot kokemukset?
99	Kehitysideat:
100	Haastatteluvinkkaus? (pääurakoitsija, aliurakoitsijat yms.)
101	Miten toteuteltaisit rakenteen ja miksi?
102	Mitkä vaiheet olivat arvioituja nopeampia? Mistä johtui? Voidaanko hyödyntää?
103	Mitkä vaiheet olivat arvioituja hitaampia? Mistä johtui? Voidaanko nopeuttaa?
104	Logistiset onnistumiset?
105	Logistiset ongelmat?
106	Vaiheiden vaikutukset tahtiin, mikä ei toimi, onko muutostarvetta?
107	Työvoiman tiedot ja taidot. Onko tarvetta lisäkoulutukselle/perehdytykselle? Vastaa riittävän tarkasti:
108	Onko työryhmien koossa huomioitavaa?
109	Mitkä työtehtävät siirtäisit pääurakoitsijalta aliurakoitsijoille tai toisinpäin? Perustellut?
110	Haastateltavalta löytyvää materiaalia tutkimuksen tueksi? Aineisto lähetetään esim. sähköpostina osoitteeseen walter.waris@hotmail.com.
111	Muuta:
112	Eteisen ja keittiön lattiamateriaali? Kommentit?