

Maakostean betonin käyttö lämpölattioiden pintavalussa



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusmestari (AMK)

Kevät 2023

Tommi Takala

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Tekijä Tommi Takala

Työn nimi Maakostean betonin käyttö lämpölattioiden pintavalussa

Ohjaaja Jarno Pölönen (HAMK), Riku Karrala (Skanska)

Tiivistelmä

Vuosi 2023

Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden ominaisuuksia, käyttömahdollisuuksia, kustannuksia, työtä ja soveltuvuutta lämpölattioiden pintavaluihin. Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, voidaanko lämpölattioiden pintavaluja toteuttaa maakostealla betonilla pumpattavien lattiatasoitteiden sijaan. Työn tilaajana toimi Skanska Talonrakennus Oy.

Tarve opinnäytetyölle ja aiheen tarkemmalle tutkimukselle tuli työmaalta. Kohteen lämpölattioiden pintavalut toteutettiin pumpattavalla lattiatasoitteella. Pumpattavan lattiatasoitteen vetinen koostumus aiheutti haasteita ja ylimääräisiä kustannuksia työmaalle. Vaihtoehtoisella pintavalumateriaalilla voitaisiin välttyä pumpattavien lattiatasoitteiden aiheuttamilta haasteilta ja lisäkustannuksilta.

Opinnäytetyö toteutettiin perehtymällä maakostean betoniin sekä pumpattaviin lattiatasoitteisiin kirjallisuuden, opinnäytetöiden, tuotekorttien, työmaaohjeiden, suunnitteluohjeiden ja työmaiden kokemusten kautta. Maakosteasta betonista oli saatavilla todella rajattu määrä julkista tutkimustietoa, joten olennainen osa opinnäytetyön toteutusta oli maakostean betonin käyttöön erikoistuneiden urakoitsijoiden, sekä rakennesuunnitteluun erikoistuneiden henkilöiden haastattelut.

Maakostea betoni on tällä hetkellä suhteellisen tuntematon rakennusmateriaali Suomessa, vaikka sitä on hyödynnetty erilaisissa lattiarakenteissa jo pidempään muualla Euroopassa. Maakostea betonia voitaisiin mahdollisesti käyttää enemmän Suomessa kuin mitä tällä hetkellä käytetään. Maakostean betonin käyttöä ja suosiota rajoittaa heikot lujuusominaisuudet, CE-merkinnän ja standardien puuttuminen, sekä vähäinen tutkimustieto ja huono yleinen tietoisuus maakosteasta betonista rakennusmateriaalina.

Maakostea betonia on käytetty onnistuneesti lämpölattioiden pintavaluissa. Maakostea betoni soveltuu ominaisuuksiensa puolesta lämpölattioiden pintavaluihin, jos pintavalun rakennevahvuus on yli 50 mm, eikä pinnan lujuudelle aseteta vaatimuksia. Lämpölattioiden pintavaluja toteutetaan kuitenkin tällä hetkellä eniten pumpattavilla lattiatasoitteilla. Maakostean betonin käytön lisääntyminen ja aseman vakiintuminen rakennusmateriaalina vaatisi Suomen betoniteollisuudelta ja maakostean betonin toteutuksiin erikoistuneilta urakoitsijoilta materiaalin laajempaa tutkimusta, sekä panostusta CE-merkinnän ja tuotestandardien tuottamiseen.

Avainsanat Lämpölattia, maakostea betoni, pumpattava lattiatasoite

Sivut 54 sivua ja liitteitä 3 sivua

The purpose of this thesis was to research properties, possibilities of use, costs and works of semi-dry concrete and pumpable cementitious screed. The purpose of this thesis was also to survey the suitability of the materials for the surface cast of heated floors. The objective of this thesis was to conclude if semi-dry concrete can be used in the surface cast of the heated floors instead of pumpable cementitious screeds. The commissioner of this thesis was Skanska Talonrakennus Oy.

The need for more detailed research and for this thesis originated in the jobsite. The surface castings of the project's heated floors were made with pumpable cementitious screed. The watery composition of pumpable cementitious screed caused challenges and additional costs for the company. The challenges and additional costs from pumpable cementitious screeds could be saved with an alternative surface cast material.

The thesis was implemented by getting familiar with semi-dry concrete and pumpable floor screeds through literature, theses, product datasheets, jobsite instructions, engineering instructions and jobsite experiences. There is a very limited amount of public research information available about semi-dry concrete, therefore interviews with contractors specializing in the use of semi-dry concrete and people specializing in structural engineering were an essential part of the thesis.

Semi-dry concrete is currently still a relatively unknown construction material in Finland, although it has been used in various floor structures for a long time in other parts of Europe. Semi-dry concrete could be used more in Finland than is currently used. The use and popularity of semi-dry concrete is limited by weak strength properties, the absence of CE marking and standards, together with limited research data and poor general awareness of semi-dry concrete as a construction material.

Semi-dry concrete has been used successfully in surface castings of heated floors. Due to its properties, semi-dry concrete is suitable for the surface casting of heated floors, if the structural thickness of the surface casting is more than 50 mm, and no requirements are placed on the strength of the surface. However, the surface casting of heated floors is still mostly done with pumpable floor screeds. The increase in the use of semi-dry concrete and the establishment of its position as a construction material would require the Finnish concrete industry and contractors to conduct a wider study of the material and put effort in the production of CE marking and product standards.

Keywords Heated floor, semi-dry concrete, pumpable cementitious screed

Pages 54 pages and appendices 3 pages

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Lämpölattiat	2
2.1	Lämpölattiarakenteet yleisesti.....	3
2.2	Lämpölattioiden laatuvaatimukset	5
2.2.1	Suoruus ja tasaisuus	7
2.2.2	Pinnan lujuus ja kulutuksenkestävyys.....	8
2.2.3	Lämmönjohtavuus.....	9
2.2.4	Askelääneneristävyys	9
2.2.5	Asennusalustan ja -olosuhteiden laatuvaatimukset	9
3	Maakostea betoni.....	10
3.1	Koostumus ja ominaisuudet	11
3.2	Käyttökohteet	14
3.3	Kalusto ja vaatimukset työmaalle	15
3.4	Kustannukset.....	17
3.5	Työt lämpölattioissa	18
4	Pumpattavat lattiatasoitteet	19
4.1	Koostumus ja ominaisuudet	20
4.2	Käyttökohteet	23
4.3	Kalusto ja vaatimukset työmaalle	24
4.4	Sementtipohjaisen pumpattavan lattiatasoitteen kustannukset	25
4.5	Työt lämpölattioissa	27
5	Haastattelut	28
5.1	Urakoitsijoiden haastattelut	28
5.2	Suunnittelijoiden haastattelut	31
6	Lämpölattian esimerkkirakenteet paikalla valetussa betonivälipohjassa.....	35
6.1	Lämpölattian esimerkkirakenne pumpattava lattiatasoite	36
6.2	Lämpölattian esimerkkirakenne maakostea betoni	37
7	Pumpattavan lattiatasoitteen ja maakostean betonin vertailu	38
7.1	Ominaisuuksien vertailu	39
7.2	Käyttömahdollisuuksien vertailu	41

7.3	Töiden vertailu	43
7.4	Kustannusvertailu	44
8	Pohdinta ja johtopäätökset	46
	Lähteet.....	51

Liitteet

- Liite 1. Haastattelukysymykset, maakostean betonin käyttöön erikoistuneet urakoitsijat
- Liite 2. Haastattelukysymykset, rakennesuunnitteluun erikoistuneet henkilöt
- Liite 3. Materiaalien vertailutaulukko

1 Johdanto

Lämpölattioiden pintavalumateriaalina käytetään Suomessa tällä hetkellä eniten pumpattavia lattiatasoitteita ja lattiabetoneita. Lämpölattioiden pintavalut sijoittuvat aikataulullisesti hankkeessa sisävalmistusvaiheeseen, jossa rakennuksen vaippa on suljettu. Pintavaluun käytettävien massojen mukana rakennuksen sisään pumpataan suhteellisen paljon vettä, josta suuri osa vapautuu rakennuksen sisään valun kuivuessa. Lämpölattioiden pintavaluihin on olemassa vaihtoehtoisia valumassoja, joilla voidaan välttyä pumpattavien lattiatasoitteiden tai lattiabetoneiden aiheuttamalta kosteusrasitukselta.

Tarve tälle opinnäytetyölle ja aiheen tarkemmalle tutkimukselle tuli työelämästä. Lämpölattioiden pintavaluissa ja yleisesti rakennusalalla paljon käytetyt pumpattavat lattiatasoitteet olivat aiheuttaneet ongelmia asuntokohteiden lämpölattioiden pintavalujen kuivamisen yhteydessä. Pumpattavan lattiatasoitteen kuivamisessa vapautuva kosteus oli vaurioittanut jo asennettuja rakennusosia, ja näin ollen aiheuttanut lisäkustannuksia työmaalle. Pumpattavien lattiatasoitteiden tai lattiabetoneiden käyttö lämpölattioiden pintavaluissa edellyttää työmaalta todella raskasta kuivatus- /tuuletuskalustoa, joka myös nostaa epäsuorasti lämpölattioiden pintavalujen kustannuksia. Näin ollen pumpattavien lattiatasoitteiden tai lattiabetonien sijaan voisi olla kannattavampaa käyttää muita mahdollisia pintavalumateriaaleja.

Yksi mahdollisista ja pumpattaville lattiatasoitteille vaihtoehtoisista pintavalumateriaaleista on maakostea betoni. Maakostea betoni on Suomessa vielä melko tuntematon ja suhteessa vähän käytetty materiaali lattiarakenteissa. Maakostean betonin käytöstä pintabetonilattioissa ja lämpölattioiden pintavaluissa on positiivisia kokemuksia, mutta maakostea betoni ei ole vakiinnuttanut asemaansa rakennusmateriaalina Suomessa. Maakostean betonin käyttö tuo mukanaan lukuisia etuja, mutta sen käyttöä lattiarakenteissa rajoittaa olennaisesti muutama tekijä. Opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, voidaanko pumpattavia lattiatasoitteita korvata maakostealla betonilla lämpölattioiden pintavaluissa, ja samalla vertailla maakostea betonia ja pumpattavia lattiatasoitteita.

Maakostea betonina on tutkittu Suomessa melko vähän verrattuna muihin valumassoihin. Vähäinen tutkimustieto on myös osasy syy maakostean betonin vähäiselle käytölle Suomessa. Muualla Euroopassa, kuten esimerkiksi Saksassa maakosteita valumamassoja on tutkittu laajemmin, ja maakostean betonin käyttöön ja valmistukseen on tuotettu ohjaavat standardit (Nordberg, 2016, s. 20). Vähäinen julkinen tutkimustieto toi myös haastetta opinnäytetyön tietopohjan keräämiseen. Laajempi tutkimus ja mahdollisesti maakostean betonin standardisointi Suomessa lisäisi tietoisuutta maakosteasta betonista ja mahdollisesti edesauttaisi sen käyttöä rakennusmateriaalina. Vähäinen tietoisuus ja tuntemattomuus rakennusmateriaalina, sekä CE-merkinnän puuttuminen ja tuotestandardien vähäisyys nostavat tilaajien ja suunnittelijoiden kynnyistä käyttää maakostea betonina erilaisten rakenteiden toteutuksissa.

Tämän opinnäytetyön tilaajana toimii Skanska Talonrakennus Oy, joka on osa globaalia Skanska AB -konsernia. Yrityksenä Skanska on lähtöisin Ruotsista, mutta 1990-luvulla Skanska laajeni maailmanlaajuisesti yritykseksi. Suomeen perustettiin ensimmäinen Skanskan haarakonttori vuonna 1917, ja nykyinen Skanska Oy perustettiin vuonna 1994. Vuoden 2022 lopussa Skanskalla työskenteli Suomessa noin 2000 henkilöä, mutta kokonaisuudessaan Skanska AB -konserni työllistää noin 28 000 ihmistä eri puolilla maailmaa. Skanskan toiminta Suomessa koostuu rakentamispalveluista, sekä asuntojen ja toimitilojen projektikehityksestä. (Skanska, n.d.-a; Skanska, n.d.-b)

Opinnäytetyön onnistuminen ja työn lopputulos voivat olla merkityksellisiä tilaajayritykselle. Työn lopputuloksesta saadaan informaatiota ja vertailutietoa tällä hetkellä eniten käytettävästä lämpölattian pintavalumateriaalista eli pumpattavista lattiatasoiteista, sekä vaihtoehtoisesta pintavalumateriaalista maakosteasta betonista. Työn lopputulos voi parhaimmillaan vaikuttaa tulevaisuudessa käytettävien pintavalumateriaalien valintaan, sekä mahdollisesti alentaa lämpölattioiden toteutuskustannuksia pintavalumateriaalin osalta.

2 Lämpölattiat

Lämpölattioilla tarkoitetaan lattiarakenteita, joissa lattiarakenteisiin sisällytetään lämmönlähde. Lattian rakennekerrosten väliin jäävä lämmönlähde voi olla vesikiertoinen lattialämmityspotkisto tai sähköllä toimivat lämpökaapelit. Lämpölattiat voivat toimia

rakennuksen, huoneiston tai tilan pääasiallisena lämmitysjärjestelmänä ja lämmönjakotapana, mutta lämpölattiajärjestelmä voidaan yhdistää myös muihin mahdollisiin lämmitysjärjestelmiin (Toivainen, 2017, s. 9). Rakennusalalla tietotaidon kehittyminen, määräysten tiukentuminen ja energiatehokkuuteen pyrkiminen ovat kasvattaneet lämpölattioiden suosiota erityisesti kerrostalorakentamisessa (Leppäsalo, 2020, s. 6).

2.1 Lämpölattiarakenteet yleisesti

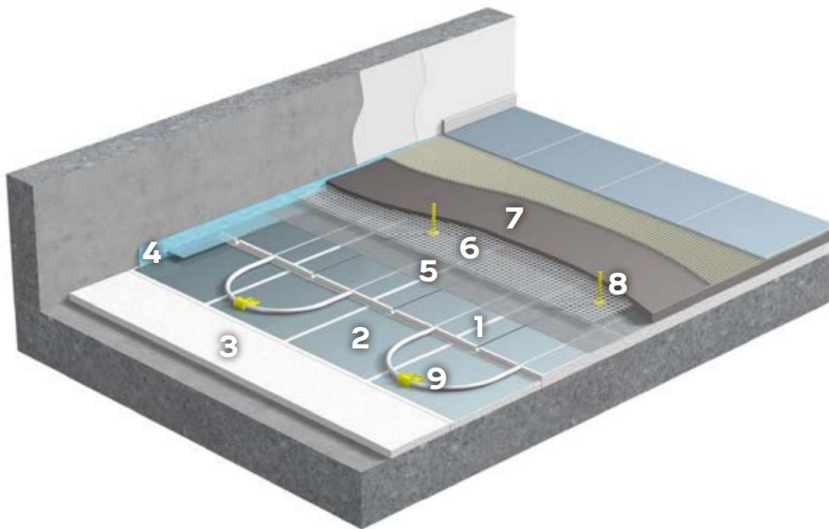
Lämpölattiarakenteet erotetaan yleensä alustastaan, sekä pystysuorista ympäröivistä rakenteista, eli lämpölattiat ovat näin ollen usein kelluvia rakenteita. Lämpölattiarakenteita voidaan toteuttaa monipuolisesti erilaisten kantavien lattiarakenteiden päälle, mutta alapuolisten rakenteiden ominaispiirteet ja vaatimukset on huomioitava aina. Esimerkiksi maanvaraisissa alapohjarakenteissa on huomioitava mahdollinen kosteuden nousu maapohjasta. (Leppäsalo, 2020, s. 9)

Lämpölattiarakenteet yksityiskohtineen vaihtelevat valmistajien ja urakoitsijoiden välillä, mutta perusrakenne/toimintaperiaate lämpölattioissa on usein sama. Lämpölattiarakenne erotetaan asennusalustastaan erotuskankaalla ja/tai eristelevyillä. Eristelevyt toimivat rakenteessa lämmöneristeinä, askelääneneristeinä ja lattialämmitysputkiston tai lämpökaapeleiden asennusalustana. Vesikiertoinen lattialämmitysputkisto tai lämpökaapelit kiinnitetään tai upotetaan eristelevyihin, ja tarvittaessa päälle asennetaan erotuskangas, sekä lasikuituverkko vahvistamaan rakennetta. Rakennetta ympäröiviin pystyrakenteisiin kiinnitetään reunanauha erottamaan lämpölattiarakenne ympäröivistä rakenteista. Lasikuituverkon ja erotuskankaan päälle valetaan pintavalu yleensä pumpattavalla valumassalla. Pintavalun päälle asennetaan yleensä haluttu lattiapinnoitusmateriaali, mutta joissain tapauksissa pintavalu voi jäädä myös suoraan valmiiksi lattiapinnaksi. Kuvassa 1 on esimerkki Saint-Gobain Finland Oy:n Weber-tuoteperheellä toteutetusta lämpölattiarakenteesta (Saint-Gobain Finland Oy, 2018a, s. 3). Lämpölattioiden materiaalit ja paksuudet vaihtelevat suunnitteluratkaisujen ja käytettävien tuotteiden mukaan, mutta kuva 1 havainnollistaa hyvin lämpölattioiden yleistä rakennetta kokonaisuudessaan. Pinnoitusmateriaali pois lukien lämpölattioiden rakennevahvuudet vaihtelevat tyyppillisesti 60–80 mm välillä (Leppäsalo, 2020, s. 10).

Kuva 1. Comfort-lämpölattia (Saint-Gobain Finland Oy, 2018a, s. 3)

Lattiarakenne

1. weberfloor 4900 Comfort uralevy
2. weberfloor 4901 Comfort kääntölevy
3. weberfloor 4092 Comfort täyttö- ja askeläänilevy
4. weberfloor 4960 Reunanauha
5. weberfloor 4940 Erotuskangas
6. weberfloor 4945 Lasikuituverkko
7. webervetonit 130 Core Comfort Plaano
8. weberfloor Korkomerkki
9. weberfloor 4903 Kiinnike



Kerros- ja rivitalorakentamisessa lämpölattiarakenteiden pintavalumassana käytetään nykyään pääsääntöisesti pumpattavia lattiatasoitteita eli plaanoja, kipsivalumassoja tai lattiabetoneita. Pientalorakentamisessa ja erityisesti märkätiloissa valumassana on käytetty myös tavallista märkäbetonia (Leppäsalo, 2020, s. 12). Tavallinen betoni ei kuitenkaan ominaisuuksiltaan sovellu erityisen hyvin lämpölattioiden pintavaluun. Tavallisen betonin käyttö lämpölattian pintavalussa johtaa usein myös liian suureen rakennepaksuuteen, jonka takia lattiarakenteen reagointi lämpötilan muutoksiin ja lämmityksen säätöihin on hidasta (Leppäsalo, 2020, s. 12). Uivien pintavalujen suositeltava kerrospaksuus on 80 mm, mutta tavanomaisesti kerrospaksuudet sijoittuvat 40–80 mm väliin (Suomen Betonilattiyhdistys Ry, 2021, s. 5).

Pumpattavat lattiatasoitteet soveltuvat lämpölattioiden pintavaluihin lujuuden, nopeuden, helppouden ja hyvän lämmönjohtavuuden puolesta. Pumpattavilla lattiatasoitteilla on mahdollista toteuttaa ohuita, mutta suhteellisen lujia pintavaluja. Ohut rakennekerros luonnollisesti reagoi nopeammin lämpötilanvaihteluihin kuin paksut rakennekerrokset. Pintavalun rakennepaksuus vaikuttaa olennaisesti lämpölattian ominaisuuksiin ja toimivuuteen. Pumpattavien lattiainmassojen, kuten lattiatasoitteiden käyttö lämpölattioiden pintavalussa on yleistynyt vasta 2010-luvulla Suomessa (Leppäsalo, 2020, s. 12). Pumpattavien lattiatasoitteiden toteutusten haasteena on suuri kokonaisvesimäärä ja siitä johtuva massan vetinen koostumus.

Lämmitysjärjestelmiä sisältäviä lattiarakenteita ja yleisesti pintabetonilattioita on toteutettu myös maakostealla betonilla. Maakosteaa betonia on suosittu erityisesti märkätilojen kaatolattioissa. Maakostealla betonilla ei voida toteuttaa yhtä ohuita ja lujia rakenteita kuin pumpattavilla lattiatasoitteilla. Maakosteaa betoni soveltuu ominaisuuksiensa puolesta lattioiden pintabetonointiin, jos pintavalun suunniteltu paksuus on 50 mm tai enemmän, eikä pinnalle ole asetettu suuria lujuus- tai kulutuksenkestovaatimuksia. Maakosteaa betoni omaa myös riittävän hyvän lämmönjohtavuuden käytettäväksi lämmitysjärjestelmiä sisältävissä rakenteissa. Maakostean betonin irtonaisen koostumuksen ja muokattavuuden takia se soveltuu erinomaisesti kaatolattioiden tekemiseen.

2.2 Lämpölattioiden laatuvaatimukset

Lämpölattiarakenne voidaan toteuttaa monien erilaisten kantavien lattiarakenteiden päälle. Lämpölattian suunnittelussa ja toteutuksessa on tärkeää huomioida kantavan lattiarakenteen ominaispiirteet ja vaatimukset. Lämpölattioiden alapuolisia rakenteita on monia erilaisia, mutta asuin- ja toimitilarakentamisessa yleisimmät lämpölattioiden alapuoliset kantavat rakenteet ovat ontelolaatat tai paikallavalettu betonivälipohja. Lämpölattiarakenteita voidaan käyttää lämmönjakotapana monissa eri tiloissa ja käyttökohteissa, mutta yleisimmin lämpölattiarakenteita toteutetaan asunto- ja toimitilarakentamisessa.

Lämpölattioille ja ylipäätään betonilattioille asetettavat vaatimukset vaihtelevat tilojen käyttötarkoituksen mukaan. Betonilattioiden toteutuksissa laatua ohjaa SisäRYL 2013, luku

44 (pintabetonointi), ja Suomen betoniyhdistyksen julkaisu Betonilattiat 2014, by 45-BLY 7. Betonilattioiden toteutusten laatutekijät ja laatuvaatimukset on esitetty käyttökohteittain taulukossa 1 (Suomen betoniyhdistys r.y, 2014, s. 15). Laatutekijöiden vaatimukset vaihtelevat merkittävästi toteutettavien tilojen mukaan.

Betonilattioille on kehitetty oma luokitusjärjestelmänsä oleellisten laatuvaatimusten esittämiseksi. Betonilattioiden luokitusjärjestelmän tarkoituksena on esittää merkitykselliset ja valmiista rakenteista mitattavissa olevat laatutekijät. (Suomen Betoniyhdistys r.y, 2014, s. 14). Julkaisussa määritellyt betonilattioiden laatutekijät ovat:

- Suoruus, esitetään kirjaimin A0, A, B, C, joista A0 on vaativin
- Kulutuskestävyys, esitetään numeroin 1, 2, 3 ja 4, joista luokka 1 on vaativin
- Sallittu halkeamaleveys esitetään roomalaisella numerolla I, II ja III, joista luokka I on vaativin

Taulukko 1, laatutekijöiden valintaohje tavanomaisella vaatimustasolla (Suomen Betoniyhdistys r.y, 2014, s. 15)

kohde	laatuluokka suoruus	kulutus- kestävyys	halkeilu
Asunnot, toimistot			
- päällystettävät lattiat, sisätilat	A	3	III
- parvekkeet ym kylmät tilat ¹⁾	C	4	²⁾
- käytävä	C	4	II
- sauna ja pesuhuonetilojen päällystettävät kaatolattiat	A	4	II
Teollisuuslattiat		3	40 ²⁾
- tasaisuus tärkeä laatutekijä, kuten korkeat varastot (esim. trukkiliikenne)	A ₀ (A)	2	II (I)
- kulutuskestävyys tärkeä laatutekijä (esim. suuret liikennekuormat, vilkas liikenne, pienet ja kovat trukin pyörät)	B	1 (2)	II (I)
- teollisuuslattiat yleensä (esim. pienteollisuustalot, kevyt teollisuus)	C	2	II
Pysäköintilaitokset			
- kulutuskestävyys ja pinnan karheus tärkeitä laatutekijöitä. Kaltevuudet suunnitellaan niin, että lattialle ei muodostu lammikoita.	B	2	II ²⁾
Toisarvoiset päällystämättömät tilat			
- esim. kellaritilat asuinrakennuksissa	C	3	III

¹⁾ Pakkaskestävyys varmistettava ulkorakenteissa

²⁾ Kantavissa rakenteissa noudatetaan voimassa olevien suunnitteluohjeiden vaatimuksia.

2.2.1 Suoruus ja tasaisuus

Yksi lämpölattiarakenteen pintavalun ja yleisesti betonilattioiden vaatimuksista on suoruus ja tasaisuus. Erityisesti asuntorakentamisessa lämpölattiarakenteet ovat usein pinnoitettavia, jolloin tarkastellaan lattian tasaisuutta ja soveltuvuutta sen päälle asennettavalle pinnoitteelle (Nordberg, 2016, s. 6). Pintavalun laadussa noudatettavaksi tulevat edellä mainitut sisäRyl2013 luku 44 (pintabetonointi) ja Betonilattiat 2014 by 45-BLY 7 riippuen pintavalumateriaalista.

Tasoitepintojen tasaisuusvaatimukset esitetään kohteen suunnitelma-asiakirjoissa, mutta normaalisti asuin- ja toimitilarakennusten pinnoitettavien lattioiden tasaisuusvaatimuksissa hyödynnetään SisäRyl2013 taulukkoa 1041:T3, ja taulukon luokkaa 2. Edellä mainitun luokan suurin sallittu tasaisuuden mittapoikkeama on ± 3 mm / 2 metrin matkalla. (Saint-Gobain Finland Oy, 2018b, s. 40)

Lämpölattioiden pintavalumateriaalin ollessa betonia, noudatetaan Suomen betoniyhdistyksen julkaisussa Betonilattiat 2014 by 45-BLY 7 esitettyjä suoruus- ja tasaisuusvaatimuksia. Betonilattian suoruus- ja tasaisuusvaatimukset on esitetty taulukossa 2 (Suomen betoniyhdistys r.y, 2014, s. 18). Taulukkojen 1 ja 2 mukaisesti sisätilojen päällystettävissä lattioissa (luokka A) pinnan vaakasuoruuden tai nimelliskaltevuuden suurin sallittu poikkeama on 7 mm / 2000 mm.

Taulukko 2, Suurimmat sallitut poikkeamat suoruudesta (Suomen Betoniyhdistys r.y, 2014, s. 18)

tasaisuuspoikkeama	mittauspituus	suurin sallittu poikkeama, mm			
		A ₀	A	B	C
Hammastus		0	0	1	1
Poikkeama vaakasuorasta tai nimelliskaltevuudesta					
	enintään 200 mm	1	2	3	4
	enintään 700 mm	2	4	6	8
	enintään 2000 mm	4	7	10	14
	enintään 7000 mm	7	10	14	20
	yli 7000 mm	10	14	20	28

2.2.2 Pinnan lujuus ja kulutuksenkestävyys

Lämpölattioiden pintavalun muita vaatimuksia ovat pinnan lujuus ja kulutuksenkestävyys. Pinnan lujuutta tarkastellaan ja arvioidaan kohtisuorana vetolujuutena (Nordberg, 2016, s. 6). Pinnan vetolujuuden vaatimukset riippuvat tilan käyttötarkoituksesta eli lattialle tulevasta rasituksesta, sekä päällystemateriaalista. Betonipintojen pinnan vetolujuuden vaatimukset on esitetty taulukossa 3 (Suomen Betoniyhdistys r.y, 2014, s. 37). Taulukon 3 mukaisesti pinnan vetolujuuden vaatimus on asuntorakentamisessa yleisesti $0,6 \text{ N/mm}^2$, ja toimitilarakentamisessa $1,2\text{--}2,0 \text{ N/mm}^2$. Pinnoittamattomissa lattioissa kulutuksenkestävyyttä on tarpeellista arvioida, mutta pinnoitetuissa lattioissa kulutuksenkestävyydellä ei ole niin suurta merkitystä. Pinnoitetuissa lattioissa kulutuskestävyysarvoa voidaan tarkastella yhdessä muiden lujuusarvojen kanssa, jotta voidaan arvioida pinnan lujuuden riittävyttä sen päälle asennettavalle lattiapäällysteelle. (Saint-Gobain Finland Oy, 2018b, s. 40)

Taulukko 3, Eri rasitustyypeistä johtuvat pinnan lujuusvaatimukset (Suomen Betoniyhdistys r.y, 2014, s. 37)

Lattiaan kohdistuva rasitus	Esimerkinomainen käyttötilajaotus	Pinnan vetolujuus	Tasoitteen käyttömahdollisuus
Pienet rasitukset Pehmeäpohjaiset matot ja tekstiilimatot	Asuintilat Rasituksen kannalta asumiseen verrattavat käyttötilat	$0,2 \text{ N/mm}^2$	Tasoite, jos täyttää vetolujuusvaatimuksen
Pienet rasitukset Muovimatot ja -laatat, korkkilaatat, linoleum yms.	Asuintilat Rasituksen kannalta asumiseen verrattavat käyttötilat	$0,6 \text{ N/mm}^2$	Tasoite, jos täyttää vetolujuusvaatimuksen
Keskisuuret rasitukset	Liiketilat Sairaalat Toimistot Koulut	$1,2 \text{ N/mm}^2$	Tasoite, jos täyttää vetolujuusvaatimuksen Jos lattialla on kevyttä toimistokäyttöä suurempaa pyöräliikennettä, on tasoitetta vältettävä
Betonilattian pintaan liimattu mosaiikkiparketti	Kaikissa tiloissa	$1,2 \text{ N/mm}^2$	Tasoitetta vältettävä ¹⁾ Käytettäessä lujuudesta varmistauduttava
Suuret rasitukset	Teollisuustilat Varastotilat Liikennetilat Erikoistilat	$2,0 \text{ N/mm}^2$	Mieluummin ei tasoitetta Tasoitetta käytettäessä erikoistasoite, joka täyttää vähimmäisvetolujuusvaatimuksen

2.2.3 Lämmönjohtavuus

Lämpölattiarakenne asettaa edellä mainittujen vaatimusten lisäksi myös muita vaatimuksia kokonaisuudessaan rakenteelle. Näitä vaatimuksia ovat sopiva pintavalun rakennepaksuus, pintavalun riittävä lämmönjohtokyky, sekä tasainen lämmönluovutus. Liian paksu pintavalukerros heikentää lämpölattian ominaisuuksia, mutta pintavalukerros ei saa myöskään olla liian ohut, jotta lattialämmitysputkisto peittyy riittävästi. Pintavalumateriaalin lämmönjohtokyky on oltava riittävän hyvä, jotta lämpölattiarakenne reagoi riittävän nopeasti lämmityksen säätelyihin ja luovuttaa lämpöä tasaisesti. Lämmönjohtavuutta tarkastellaan yleisesti yksiköissä $\lambda 10 \text{ W}/(\text{mK})$.

2.2.4 Askelääneneristävyys

Välipohjien lämpölattiarakenteissa on huomioitava myös rakenteen askelääneneristys. Askelääneneristävyteen voidaan vaikuttaa tehokkaimmin rakenneratkaisuilla ja pintavalun alapuolisilla materiaalivalinnoilla. Tällä hetkellä suurin sallittu askeläänitasoluku on asuntojen välillä 53 dB, sekä uloskäytävän ja asuinhuoneen välillä 63 dB (Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017 4 §). Hyvin usein lämpölattiarakenteet ovat kelluvia rakenteita, ja niissä riittävä askelääneneristävyys saavutetaan irrottamalla rakenne alustasta eristelevyillä, ja ympäröivistä pystysuorista rakenteista reunanauhoilla. Pintavalun mahdolliset valumat eristeiden väliin ja alapuoliseen kantavaan rakenteeseen voivat alentaa rakenteen askelääneneristystä olennaisesti. Lämpölattiarakenteen pintavalumateriaalilla, ja sen paksuudella voidaan vaikuttaa askelääneneristävyteen, mutta eniten siihen vaikuttaa rakenneratkaisun toteutuksen (kelluva) onnistuminen, lämpölattian eristelevyjen ominaisuudet ja paksuus, sekä rakenneratkaisu kokonaisuudessaan.

2.2.5 Asennusalustan ja -olosuhteiden laatuvaatimukset

Lämpölattiarakenteilla on muutamia vaatimuksia asennusalustalleen, työnaikaisille olosuhteille, kuivumisolosuhteille ja yleisesti kohteelle. Edellä mainittujen vaatimusten tarkat raja-arvot voivat hieman vaihdella lämpölattiajärjestelmän, materiaalien, valmistajien ja toteuttajien mukaan. Asennusalusta on oltava valmistajasta tai toteuttajasta riippumatta

tukeva, pölytön, kuiva ja puhdas. Asennusalustan pinnan yksityiskohtaiset vaatimukset vaihtelevat valmistajien ja käytettävien järjestelmien välillä, mutta esimerkiksi Saint-Gobain Comfort-lämpölattian asennusalustan pinnan tasaisuuden sallittu mittapoikkeama on $\pm 5 \text{ mm} / 2 \text{ m}$, eli tarvittaessa asennusalusta on siis oikaistava ennen eristelevyjien asennusta (Saint-Gobain Finland Oy, 2018a, s. 4). Asennusalustan oikaisu voidaan tehdä kolopaikkauksin, hiomalla, viistämällä tai tasoittamalla riippuen asennusalustasta. Esimerkiksi ontelolaattakentän tasoitus vaatii usein enemmän töitä ja materiaaleja kuin paikallavaletun betonivälipohjan tasoitus.

Lämpölattian pintavalun kuivumisen edellytykset on myös varmistettava. Optimaaliset kuivamisolosuhteet vaihtelevat käytettävien materiaalien ja tuotteiden mukaan. Esimerkiksi Fescon Oy:n tuotteilla pintavalun toteutuksen aikana alusrakenteen lämpötilan on oltava yli $10 \text{ }^\circ\text{C}$, ja alusrakenteen suhteellisen kosteuden olisi suositeltavaa olla $< 90 \text{ \% RH}$ (Fescon Oy, 2023a, s. 2). Pintavalun kuivuessa sisäilman lämpötilan on oltava yli $20 \text{ }^\circ\text{C}$, ja suhteellisen kosteuden $< 50 \text{ \% RH}$ (Fescon Oy, 2023a, s. 3). Tila, johon lämpölattia asennetaan, tulee olla suojattuna sään vaikutuksilta vuodenajasta riippumatta. Käytännössä siis kerrostalorakentamisessa rakennuksen vaippa on oltava suljettu lämpölattia-asennuksen alkaessa. Edellä mainitut asennus- ja kuivamisolosuhteiden arvot ovat suuntaa antavia, ja vaihtelevat käytettävien materiaalien ja tuotteiden mukaan.

3 Maakostea betoni

Maakostea betoni on vähän vettä sisältävää, irtonaista ja hyvin muokattavaa betonia. Maakostean betonin koostumuksessa on paljon vähemmän vettä kuin tavallisten märkäbetonien koostumuksissa. Maakostea betonia käytetään esimerkiksi lattiarakenteiden pintavaluissa, lattian mosaiikkilaattojen kiinnityksessä/asennusalustana ja betonipäälysteinä infrarakentamisessa. Yleisesti ottaen asunto- ja toimitilarakentamisessa maakostea betonia käytetään lattiarakenteissa, joissa ei ole suuria vaatimuksia kulutuksenkestolle tai rasitusluokalle. Maakostea betoni on rakennusmateriaalina vielä suhteellisen tuntematon Suomessa, mutta sen käyttö on yleistymässä.

Eurooppalainen standardi SFS-EN 206:2014 + A2:2021 määrittelee maakostean betonin koostumuksen mukaisiin betoneihin, joissa betonin valmistaja tuottaa betonia ennalta sovitun reseptin mukaisesti ja ainesosien kilomäärien mukaan (Suomen Betonilattiyhdistys Ry, 2016, s. 10). Maakostealla betonilla / tuotteilla ei ole CE-merkintää, eikä käyttöä tai valmistusta ohjaavia standardeja. Edellä mainittujen tekijöiden puuttuminen rajoittaa maakostean betonin käyttöä ja suunnittelua.

3.1 Koostumus ja ominaisuudet

Aivan kuten tavallinen märkäbetoni myös maakostea betoni koostuu kiviaineksesta, sementistä ja vedestä, sekä mahdollisista lisä- ja seosaineista. Maakostean betonin ja tavallisen märkäbetonin koostumuksien ja ominaisuuksien erot johtuvat osa-aineiden eriävistä laaduista, tyypeistä ja suhteutuksista toisiinsa nähden. Maakostean betonin valmistukseen ei ole olemassa yhtä oikeaa valmistusreseptiä, vaan reseptit ja maakosteamassan ominaisuudet voivat vaihdella valmistajien välillä.

Maakostean betonin valmistuksessa käytetään runkoaineena 0–8 mm kiviainesta, kuten pestyä betonisoraa. Maakostean valmistuksessa käytettävä sementtilaatu vaihtelee valmistusreseptien välillä, mutta yleisesti valmistuksessa käytettävät sementtilaadut ovat CEM I 42,5 N, CEM I 52,5 N, CEM II 42,5 N ja CEM II 52,5N. Osa maakostean betonin toteutuksiin erikoistuneista urakoitsijoista jalostaa itse valmistuksessa käytettävän kiviaineksen, ja osa urakoitsijoista ostaa kiviaineksen valmiiksi jalostettuna.

Maakostean betonin määritelty notkeus on 20sVB, joka tarkoittaa sen olevan painaumamittauksella tarkasteltuna alle S1-luokan (Suomen betonilattiyhdistys, 2016 s. 10). Käytännössä maakostealla ei ole painumaa, tai se on hyvin vähäistä. Koostumukseltaan maakostea betoni on siis hyvin jäykkää ja helposti muotoiltavaa.

Maakostean betonin kokonaisvesimäärä on yleensä noin 80–130 l/ m³, ja sementin määrä on noin 200 kg/m³ (Heikkinen yhtiöt Oy, 2018, s. 2). Maakostean betonin valmistajilla on kaikilla oma reseptinsä betonin valmistuksessa, mutta yleisesti ottaen maakostean vesi-sementtisuhde on alle 0,45 (Heikkinen yhtiöt Oy, 2018, s. 2). Alhaisen vesimäärän takia maakostean betonin koostumus on hyvin huokoinen ja irtonainen. Kuiva ja irtonainen

koostumus tekee maakosteasta helposti muokattavan materiaalin. Maakostean betonimassan tiheys vaihtelee valmistajien reseptien mukaan, mutta pääsääntöisesti maakosteamassan tiheys asettuu 1900–2300 kg/m³ välille (Nordberg, 2016, s. 21).

Maakostean betonin huokoisuus eli ilmamäärä on huomattavasti suurempaa kuin märkäbetonissa. Maakostean huokoisuus voi olla yli 10 % tilavuusyksikköinä, kun tavanomaisen märkäbetonin huokoisuus on yleensä noin 1–2 % (Suomen betonilattiyhdistys Ry, 2016, s. 10). Maakostean betonin vähäisen kokonaisvesimäärän ja huokoisen koostumuksen takia se myös kuivuu huomattavasti nopeammin kuin tavallinen märkäbetoni. Esimerkiksi 100 mm lattiarakennetta tarkasteltaessa maakostean betonin kuivumisaika pinnoituskuivaksi on seitsemän viikkoa lyhyempi kuin tavallisen märkäbetonin (Heikkinen yhtiöt Oy, 2018, s. 2). Maakostealla toteutettuja lattiarakenteita päästään siis pinnoittamaan suhteellisen nopeasti verrattuna tavalliseen märkäbetoniin. Heikkinen yhtiöt Oy:n maakosteista betonilattioista vastaava yksikönpäällikkö Tomi Kanto kertoi 50 mm maakostean rakennekerroksen (lämpölattia) kuivuneen optimaalisissa kuivumisolosuhteissa pinnoituskuivaksi (85RH%) 13 vuorokaudessa (henkilökohtainen tiedonanto, 11.4.2023). Karkeasti arvioiden voidaan todeta maakostean betonin kuivuvan noin 3,8–4,8 millimetriä vuorokaudessa, riippuen hieman betonin valmistusreseptistä ja kuivumisolosuhteista.

Maakostea betoni on todella herkkä ulkopuolisten kosteusrasitusten suhteen. Maakostean betonin koostumus ja ominaisuudet ovat riippuvaisia osa-aineiden suhteutuksen onnistumisesta, ja erityisesti vesi-sementtisuhteesta. Ulkopuoliset ja ylimääräiset kosteusrasitukset toteutuksen tai kuivumisen yhteydessä vaikuttavat merkittävästi maakostean betonin kuivumisaikaan. Maakosteaä käytettäessä riittävät työ- ja kuivumisolosuhteet on varmistettava. Käytännössä katsoen maakosteaä betonia käytettäessä rakennuksen vaippa tulee olla suljettuna. Maakostean betonin optimaaliset kuivamisolosuhteet edellyttävät sisäilman lämpötilaksi > 20 °C, ja sisäilman suhteelliseksi kosteudeksi < 50 % RH (Husu, 2019, s. 13). Maakostean betonin kuivuessa sisäilma ei saa kuitenkaan olla liian kuivaa. Heikkinen yhtiöt Oy:n maakosteista betonilattioista vastaava yksikönpäällikkö Tomi Kanto arvioi maakostean betonin kuivumiselle optimaalisen sisäilman kosteuden olevan noin 35 % RH (henkilökohtainen tiedonanto, 11.4.2023).

Maakostean betonin pieni kutistuma tekee siitä myös suhteellisen mittatarkan rakennusmateriaalin. Esimerkiksi tarkasteltaessa 100 mm paksuista lattiarakennetta maakostean betonin kutistuma on 3 %, kun taas tavallisen märkäbetonin kutistuma on 5 % (RT 103010, 2018). Maakostean koostumuksen ja pienen kutistuman takia sillä voidaan toteuttaa suoria ja mittatarkkoja lattiarakenteita ilman tasoitusta tai hiontaa. Maakostea betoni ei juurikaan halkeile kuivuessaan alhaisen vesi- ja sementtimäärän takia (Nordberg, 2016, s. 30). Maakosteamassasta, valmistusreseptistä, toteuttajista ja jälkihoidosta riippuen maakostea betoni voi käyristyä laatan reunoilta kuivuessaan etenkin alle 50 mm rakennepaksuuksissa. Käyristymistä voidaan kuitenkin ehkäistä tehokkaasti valetun laatan muovituksella eli laatan yläpinnan kuivumista hidastamalla. Maakostean betonin valmis pinta on melko karkea, joten vedeneristettävissä tiloissa pinnan tasoitus voi olla tarpeellista vedeneristeen menekin minimoimiseksi.

Maakostean betonin suurin heikkous on sen alhainen lopullinen lujuus. Maakostean betonin valmistukseen ei ole normien mukaan virallisia lujuusvaatimuksia, vaan maakostean betonin lopullinen lujuus riippuu valmistusreseptistä ja tiivistämisen onnistumisesta (Suomen Betonilattiayhdistys Ry, 2016, s. 10). Heikkinen yhtiöt Oy:n maakosteista betonilattioista vastaava yksikönpäällikkö Tomi Kanto arvioi (Henkilökohtainen tiedonanto, 11.4.2023) maakostean betonin lopulliseksi lujuudeksi heidän valmistusreseptillään C20-C25. Maakostean lopullinen lujuus voi vaihdella lujuusalueella C15-C25 valmistusreseptin ja tiivistämisen onnistumisen mukaan. Alhaisen lopullisen lujuuden takia maakostea betonia ei voida käyttää kantavissa rakenteissa tai muissa raskaita kuormituksia vastaanottavissa rakenteissa.

Ympäristön kannalta maakostea betoni on erinomainen valinta, ainakin verrattuna tavalliseen valmisbetoniin. Maakostean betonin valmistusprosessia ohjataan nykyään usein tietokoneella, ja näin ollen valmistusprosessi on melko tarkka ja virheetön. Maakostean betonin valmistukseen käytetään 100–150 kg /m³ vähemmän sementtiä, ja reilusti vähemmän vettä kuin tavallisen valmisbetonin valmistukseen (Heikkinen yhtiöt Oy, 2018, s. 2). Maakostean betonin valmistusprosessi on tietokoneella ohjattuna tarkka, ja valmistus tapahtuu työmaalla maakosteayksiköllä, jolloin säästytään myös betonin kuljetuksilta. Tarkka valmistusprosessi minimoi syntyvän jätteen määrän, ja jätebetonia syntyy yleensä vain kaluston pesun yhteydessä.

3.2 Käyttökohteet

Maakostea betonia käytetään monilla eri rakentamisen aloilla. Maakostea betonia käytetään infra-, piha-, toimitila- ja asuinrakentamisessa. Aikaisemmin maakostean betonin käyttö on painottunut pääosin infra-, toimitila- ja piharakentamiseen erilaisten asennusalojen ja piharakenteiden toteutukseen, mutta maakostean betonin käyttö on yleistynyt myös asuinrakentamisen puolella. Asuinrakentamisessa maakostea betonia käytetään erilaisissa lattiarakenteiden pintavaluissa, ja toimitilarakentamisessa esimerkiksi mosaiikkibetonilaattojen kiinnityksessä (Suomen Betonilattiyhdistys Ry, 2016, s. 5). Maakostean betonin käyttö Suomessa asuinrakentamisessa on vielä suhteellisen vähäistä, mutta muualla Euroopassa, kuten Saksassa ja Italiassa maakostea betonia tai vastaavia maakosteamassoja on hyödynnetty jo pidempään erilaisissa lattiarakenteissa.

Maakostea betonia voidaan käyttää uivissa pintalattioissa tavallisen märkäbetonin tapaan (Suomen Betonilattiyhdistys Ry, 2021, s. 5). Heikon lujuutensa takia maakostea betoni soveltuu asuinrakentamisessa parhaiten lattiarakenteisiin, joilla ei ole suuria lujuus- tai kulutuksenkesto vaatimuksia. Maakostean betonin koostumuksen takia se johtaa myös erinomaisesti lämpöä, joten sitä voidaan hyödyntää myös erilaisissa lattialämmitysjärjestelmiä sisältävissä rakenteissa. Maakostea betoni soveltuu myös hyvin erilaisten kaatolattioiden toteuttamiseen irtonaisen ja helposti muokattavan koostumuksensa takia. Mittatarkkuutensa takia maakostealla betonilla voidaan toteuttaa valmiita suoria asennusaloja yleisimmille lattioiden pintamateriaaleille ilman oikomis- tai ylitasoituksia. Maakostean betonin valmis pinta jää karkeaksi, jolloin esimerkiksi vedeneristettävissä tiloissa tasoitus voi olla tarpeellista. Maakostean betonin käyttöä rajoittaa sen heikot lujuusominaisuudet, CE-merkinnän ja standardien puuttuminen, sekä herkkyys ulkopuolisille kosteusrasituksille.

Maakostean betonin suosion muualla Euroopassa selittää sen nopea kuivumisaika, ja alhaisen kokonaisvesimäärän tuomat edut. Yleensä maakostea betoni kuivuu nopeammin kuin muut lattiarakenteissa vastaavissa rakennepaksumuksissa käytettävät materiaalit, kuten märkäbetoni tai pumpattavat lattiatasoitteet. Alhaisen kokonaisvesimäärän takia rakennukselle tuleva kosteusrasitus ei ole suurta, eikä jo valmiita rakenteita tarvitse suojata valuroiskeilta ennen toteutusta. Irtonaisen koostumuksen takia maakostean betonin pinnan

muotoilu on työlästä, mutta lopputulos on yleensä kiitettävä toteuttajien ollessa ammattilaisia. Maakostea betoni soveltuu käytettäväksi tiloissa ja lattiarakenteissa, joissa ei ole suuria kulutuksenkesto- tai rasitusvaatimuksia, kuten tavanomaisten asuintilojen pintabetonilattioissa (Husu, 2019, s. 8). Esimerkiksi asuntorakentamisessa olisi mahdollista hyödyntää maakostea betonia monipuolisemmin lattiarakenteiden toteutuksissa.

Maakostean betonin tunnettu suositeltu rakennepaksuus on 50–100 mm. Maakostealla betonilla on kuitenkin mahdollista toteuttaa jopa 20 mm paksuisia rakenteita, mutta alhaisissa rakennepaksuuksissa maakostea betoni käyristyy ja halkeilee kuivuessaan herkemmin. Alhaisissa rakennepaksuuksissa maakostean betonilaatan yläpinnan kuivumista on usein hidastettava valetun laatan muovituksella. Maakostean betonin minimirakennepaksuudet ovat 20–50 mm riippuen toteuttavasta urakoitsijasta. Osa maakostean betonin käyttöön erikoistuneista urakoitsijoista ei toteuta ollenkaan alle 50 mm vahvuisia rakennekerroksia maakostealla betonilla.

3.3 Kalusto ja vaatimukset työmaalle

Asunto- ja toimitilarakentamisessa Suomessa maakostea betoni valmistetaan lähtökohtaisesti aina työmaalla, ja valmistus voi tapahtua kahdella eri tavalla. Maakostean betonin valmistustapa riippuu työtä suorittavasta urakoitsijasta. Maakostea betoni valmistetaan työmaalla käsin Estrich-pumppua hyödyntäen, tai tietokoneen ohjauksella maakosteayksiköllä.

Maakostean betonin käsin valmistus tapahtuu sekoitinta ja pumppuasemaa hyödyntäen (Estrich-pumppu). Maakostean betonin käsin sekoittaminen vaatii työmaalta noin 40 m² vapaata ja yhtenäistä tilaa (Nordberg, 2016, s. 21). Työmaan sekoituspisteelle tuodaan maakostean betonin ainesosat kasoina, ja ainesosien mittaus tapahtuu manuaalisesti. Maakostean betonin käsin sekoittaminen on työlästä, ja työvaihe vaatii yleensä 2–4 työntekijää. Maakostean betonin valmistaminen käsin altistaa inhimillisille virheille, eikä betonin valmistusprosessi ole välttämättä yhtä tarkka kuin maakosteayksiköiden tietokoneavusteinen valmistusprosessi. Maakostean betonin käsin valmistaminen on vähentynyt huomattavasti maakosteayksiköiden kehittyessä.

Maakostean betonin toinen ja nykyään suosituimpi valmistustapa on maakosteayksikkö. Maakosteayksiköt ovat käytännössä vain maakostean betonin valmistukseen ja pumppaukseen luotuja liikuteltavia betonitehtaita. Maakosteayksiköt ovat yleensä 2–6- akselisia raskaita ajoneuvoja. Maakosteayksikkö koostuu kuljetusajoneuvosta, runkoainesäiliöstä, sekoitusasemasta ja pumppuyksiköstä. Maakosteayksiköiden rakenne ja laitteisto voivat vaihdella urakoitsijoiden välillä, mutta lähtökohtaisesti kaikkien maakosteayksiköiden edellä mainittu toimintaperiaate on sama. Esimerkiksi EcoFloor Finland Oy:n maakosteayksiköiden tuotantokyky yhdellä kuormalla on noin 16 m³ maakostea betonia, ja tarvittaessa maakosteayksiköiden runkoainesäiliöitä ja osa-ainesäiliöitä voidaan täyttää myös kesken urakan (RT 103010, 2018). Maakosteayksikössä maakostean betonin valmistus tapahtuu tietokoneen ohjaamana. Pumppausyksikön tietokoneeseen syötetään haluttu valmistusresepti, ja tietokone jakaa reseptin mukaiset ainesosat seokseen 100 gramman tarkkuudella (EcoFloor Finland Oy, 2018). Tietokoneella avustettu betonin valmistus on tarkkaa, eikä jätä juurikaan sijaa inhimillisille virheille betonin valmistuksessa. Maakosteayksikön valmistusprosessi myös minimoi työvaiheessa syntyvän jätteen määrän. Tietokoneavusteisessa valmistusprosessissa tuotetaan vain tarvittu määrä maakostea betonia, ja materiaalihukkaa tulee vain kaluston pesun yhteydessä. Maakosteayksikön valmistusprosessin materiaalihukka on noin 10 litraa (EcoFloor Finland Oy, 2018). Nykyaikaisilla maakosteayksiköillä on mahdollista pumpata betonia noin 120–200 metrin päähän maakosteayksiköstä, riippuen hieman paineilmapumpun suorituskyvystä (Nordberg, 2016, s. 15; RT 103010, 2018). Kuvassa 2 on Bekason Oy:n maakosteayksikkö. Kuvassa näkyy myös massan valmistusta ohjaava tietokone, sekä maakosteayksikön perässä oleva pumppauskalusto.

Kuva 2. Bekason Oy:n maakosteayksikkö



Yleisesti ottaen maakostean betonin vaivattomin valmistustapa on maakosteayksikkö, jossa valmistusprosessi on automatisoitu. Maakostean betonin käyttö vaatii työmaalta aina tilaa ja vettä valmistustavasta riippumatta. Erityisesti ahtailla työmailla on huomioitava edellä mainitut vaatimukset. Käsien sekoitettaessa tilantarve on aiemmin mainittu 40 m², mutta ainesosien, sekoitusaseman ja pumpun sijoitteluun voidaan vaikuttaa. Maakosteayksiköt vaativat työmaalta tilaa noin 20 x 4 metrin kokoisen alueen, eikä niiden sijoitteluun ei voida vaikuttaa niin paljoa kuin käsien sekoitettaessa. Maakostean betonin valmistustavasta riippumatta molemmat sekoituspisteet on sijoitettava niin, että työmaan vesipisteeltä saadaan järjestettyä vesisyöttö sekoituspisteelle. Varsinkin ahtailla työmailla maakosteaa betonia käytettäessä on huomioitava myös työmaan muu logistiikka, ja tarpeen vaatiessa yhteensovitettava muita töitä ja tavaratoimituksia.

3.4 Kustannukset

Maakostean betonin kustannukset muodostuvat materiaaleista, kalustosta ja työstä. Maakostean betonin käyttö edellyttää vähintään sekoitusaseman, pumppauskaluston, materiaalit, työkalut ja ammattitaitoiset toteuttajat. Suurimmalla osalla asuntorakentamisessa toimivilla rakennusliikkeillä ei ole tarvittavaa kalustoa tai

ammattitaitoa maakostean betonin käyttöön itsenäisesti, joten maakostean betonin toteutuksissa suositetaan usein materiaaliin erikoistuneita aliurakoitsijoita.

Maakostean betonin käyttöön erikoistuneet urakoitsijat hinnoittelevat työnsä usein neliöhinnoin, joihin vaikuttavat rakennepaksuus ja rakennetyyppi eli pumpattava tila (kaatolattia tai tasainen lattia). Käytännössä maakostean betonin hinta määräytyy siis betonin menekin ja tarvittavan työn mukaan (rakennetyyppi). Yleensä asuntorakentamisessa maakostealla betonilla toteutettavat lattiarakenteet ovat asuintilojen tai käytävien tasaisia lattioita, tai märkätilojen kaatolattioita. Luonnollisesti kaatolattiat vaativat enemmän työtä valupinnan viimeistelyssä, joten kaatolattioiden hinta on myös kalliimpi kuin tasaisten lattioiden.

Tällä hetkellä pääkaupunkiseudulla maakostean betonin käyttöön erikoistuneita urakoitsijoita ei ole paljoa, ja kilpailu ainakin asuntorakentamisessa keskittyy muutaman ison toimijan välille. Maakostean betonin hinta vaihtelee urakoitsijoiden välillä, ja mahdolliset kausisopimukset sekä tarjoukset voivat vaikuttaa lopulliseen hintaan. Maakostean betonin hintoja ei pääsääntöisesti lasketa tai anneta kilohinnoin. Maakostean betonin hinnat ovat suoraan verrannollisia rakennepaksuuteen eli pumpattavan betonin määrään. Mitä paksumpi rakenne, sitä kalliimpi neliöhinta. Tällä hetkellä maakostean betonin kustannukset (markkinahinta) töineen, eli aliurakkana sijoittuu tasaisissa lattioissa 20–30 €/m² riippuen rakennepaksuudesta. Kaatolattioissa maakostean betonin kustannukset aliurakkana ovat noin 40–60 €/m².

3.5 Työt lämpölattioissa

Yleisesti ottaen asunto- ja toimitilarakentamisessa lämpölattia-asennukset toteutetaan aliurakkoina. Maakostean betonin työvaiheet lämpölattioiden pintavalussa koostuvat aloittavista töistä, mittauksista, betonoinnista, hierrosta ja mahdollisista jälkitöistä. Aloittaviin töihin sisältyy valun rajaus, valustoppareiden asennus, irrotussaumauhojen asennus, sekä kaluston siirrot, valmistelut ja mahdolliset koekäytöt. Maakostean betonin toteutuksissa valustoppareiden asennus ei ole pakollista, mutta usein niiden asennus helpottaa valun toteutusta. Asuntorakentamisessa aliurakkana toteutetun pintavalun työt jakautuvat usein niin, että tilaajan vastuulla on hoitaa kaikki muut työvaiheet paitsi kaluston

siirto ja valmistelu, valukoron merkinnät, betonointi ja pinnan viimeistely. Asennuspohjan valmistelu, siivous ja raivaus, ”metrimerkkin” mittaukset ja merkinnät, kaivojen korkojen mittaukset, sekä muut mahdolliset aloittavat työt jäävät tilaajan vastuulle. Edellä mainittu toteutusmalli on kuitenkin vain yksi monista mahdollisista, ja töiden jakautuminen osapuolille riippuu toteuttajista, kohteesta ja urakkarajoista.

Maakostean betonin työsaavutukset ja työmenekit vaihtelevat urakoitsijoiden, kaluston, toteutettavien rakenteiden ja toteuttajien kokemuksen mukaan. Maakostean betonin työsaavutus kahden tai kolmen rakennusammattimiehen työryhmällä on kaatolattioissa noin 60–100 m²/tv, ja tasaisissa lattioissa 150–350 m²/tv. Maakostean betonin työstöä hidastavat olennaisesti irtonainen ja jäykkä koostumus, sekä käsin tehtävä tiivistystyö (Nordberg, 2016, s. 14). Koostumuksen takia maakostea betonია ei voida tiivistää tärysauvalla, vaan tiivistyö on tehtävä käsin. Maakostea betonია tiivistetään polkemalla ja erilaisilla tiivistyssauvoilla, sekä loppuvaiheessa pinta tiivistetään linjalaudalla. Maakostean betonin tiivistäminen on melko raskasta fyysistä työtä. Työn raskaus ja fyysisyys vaikuttavat alentavasti työsaavutukseen. Maakostean betonivalun lopuksi valmis pinta hierretään. Pinnan hierto voidaan tehdä käsin tai koneellisesti riippuen tilan vaatimuksista. Yleisesti ottaen kaatolattiat hierretään käsin, ja tasaisissa lattioissa pinnan hierto tapahtuu koneellisesti. Maakostea betonin jälkihoito on hyvin vähäistä. Suurissa valualueissa valmiille pinnalle levitetään usein rakennusmuovit hidastamaan laatan yläpinnan kuivumista, mutta pienemmissä valualueissa, kuten märkätilojen kaatolattioissa muovitus ei ole aina tarpeellista. Muovituksella ehkäistään laatan yläpinnan nopean kuivumisen aiheuttamaa laatan käyrystymistä.

4 Pumpattavat lattiatasoitteet

Pumpattava lattiatasoite eli plaano on matala-alkalinen, ja helposti tai itsestään leviävä lattiatasoite. Pumpattavia lattiatasoitteita käytetään niin pienten kuin suurtenkin betonipintojen tasoittamiseen, sekä erilaisten pintavalujen toteutukseen. Pumpattavia lattiatasoitteita käytetään luonnollisesti eniten asunto- ja toimitilarakentamisessa lattiarakenteiden pintavaluissa ja tasoituksissa. Pumpattavia lattiatasoitteita on käytetty Suomessa monipuolisesti 1970-luvulta lähtien (Tiihonen, 2010, s. 3).

Tasoiitteiden käyttöä lattiarakenteissa ohjaavat lukuisat eri standardit, kuten SFS-EN 13318 ja SFS-EN 13813. Lattiarakenteissa käytettävät tasoiitteet luokitellaan ominaisuuksiensa ja laatuvaatimusten mukaan eurooppalaisessa standardissa SFS-EN 13813. Yleisesti ottaen tasoiitelattioiden toteutusten, töiden ja valmiin pinnan laadun osalta noudatetaan myös SisäRYL2013 kappaleiden 1322 (Lattiapinnat) ja 441 (Pintabetonityö) laatuvaatimuksia ja ohjeistuksia, sekä valmistajien ja urakoitsijoiden omia ohjeistuksia (Saint-Gobain Finland Oy, 2018b, s. 9).

4.1 Koostumus ja ominaisuudet

Suomessa käytettävät pumpattavat lattiatasoiitteet ovat sideaineiltaan yleensä sementtipohjaisia tai kipsipohjaisia. Sementtipohjaiset tasoiitteet koostuvat vedestä, sementtiseoksesta, täyteaineista ja lisäaineista. Sementtipohjaisissa pumpattavissa lattiatasoiitteissa täyteaineena on yleensä luonnonhiekkaa ja kalkkikivijauhetta, jotka ovat raekooltaan alle 2,0 mm (Bostik Oy, 2020, s. 2; Saint-Gobain Finland Oy, 2023, s. 1). Lisäaineina käytetään yleensä työstettävyyttä ja tarttuvuutta parantavia aineita. Kelluvissa rakenteissa ja paksummissa rakennepaksumuksissa käytettävät lattiatasoiitteet ovat usein myös kuituvahvistettuja. Pumpattavien sementtipohjaisten tasoiitteiden koostumus ja ainesosien suhteutus vaihtelevat valmistajien ja käyttökohteiden mukaan. Sementtipohjaisten lattiatasoiitteiden mahdolliset rakennepaksumudet vaihtelevat 0–80 mm riippuen käyttökohteesta ja käytettävästä tuotteesta. Tasoiitteiden valmistajilla on pääsääntöisesti muutamia eri tuotteita eri rakennepaksumuksille ja käyttökohteille.

Pumpattavien lattiatasoiitteiden valmistus vaatii paljon vettä. Vedentarve tasoiitteiden valmistuksessa on yleensä 3,0–4,2 l / 20 kg. (Bostik Oy, 2020, s. 2; Fescon Oy, 2023b, s. 2; Fescon Oy, 2023c, s. 3; Saint-Gobain Finland Oy, 2023, s. 1). Pumpattavien lattiatasoiitteiden kokonaisvesimäärä hieman vaihtelee tuotteiden ja urakoitsijoiden mukaan, mutta yleisesti ottaen kokonaisvesimääräksi muodostuu noin 310–350 L/ m³ (Turtinen, 2021, s. 18; Bostik Oy, 2020, s. 2; Fescon Oy, 2023b, s. 2; Saint-Gobain Finland Oy, 2023, s. 1).

Veden lisäksi pumpattavien lattiatasoiitteiden valmistuksessa kuluu paljon runkoainesta. Tasoiitteiden menekit luonnollisesti vaihtelevat valmistajien ja tuotteiden välillä, mutta kelluvien rakenteiden toteutukseen käytettävien tasoiitteiden menekki on yleensä noin 1,7

kg/m²/mm (Bostik Oy, 2020, s. 2; Fescon Oy, 2023b, s. 2; Saint-Gobain Finland Oy, 2023, s. 1). Lämpölattioiden pintavalua ajatellen, esimerkiksi 50 mm paksuinen pintavalu vaatii noin 85 kg tasoitetta yhtä neliötä kohden, ja tasoitteen kokonaismenekiksi kuutiota kohden muodostuu näin ollen 1700 kg/m³.

Lopulliselta puristuslujuudeltaan pumpattavat sementtipohjaiset lattiatasoitteet ovat yleensä C16 - C35, ja pintavetolujuudeltaan 0,6–3,0 N/mm² (Bostik Oy, 2020, s. 2; Fescon Oy, 2023b, s. 2; Fescon Oy, 2023c, s. 3; Saint-Gobain Finland Oy, 2023, s. 1). Tasoitteiden lujuusominaisuudet vaihtelevat paljonkin käytettävän tuotteen ja käyttökohteen mukaan, mutta lämpölattiarakenteissa käytettävät tasoitetuotteet ominaisuuksineen täyttävät lähtökohtaisesti niille asetetut, ja luvussa 2.2 mainitut laatu- ja lujuusvaatimukset.

Sementtipohjaisten pumpattavien lattiatasoitteiden lämmönjohtavuus on pääsääntöisesti hyvä, mutta eri tuotteiden ja valmistajien välillä on eroja. Esimerkiksi suurin osa Saint-Gobain Weber-tuoteperheen pumpattavista lattiatasoitteista sijoittuu lämmönjohtoalueelle 0,80–1,2 W/mK (Saint-Gobain Finland Oy, 2018, s. 5).

Pumpattavien lattiatasoitteiden kuivumisajat ovat suhteellisen lyhyitä. Erilaiset pikamassat voivat olla pinnoituskelpoisia jopa yhdessä vuorokaudessa, mutta yleisesti ottaen pumpattavat lattiatasoitteet ovat pinnoituskelpoisia 1–8 viikossa riippuen tuotteesta, kerrospaksuudesta ja kuivumisolosuhteista (Tiihonen, 2010, s. 5). Useimmat pumpattavat lattiatasoitteet kuivuvat kävelykelpoisiksi 2–6 tunnissa (Bostik Oy, 2020, s. 2; Fescon Oy, 2023b, s. 2; Saint-Gobain Finland Oy, 2023, s. 1). Ohuemmat kerrospaksuudet kuivuvat melko nopeasti päällystekelpoisiksi, mutta suuremmissa kerrospaksuuksissa pumpattavat lattiatasoitteet kuivuvat karkeasti arvioiden noin 10 mm viikossa (Tiihonen, 2010, s. 5). Lattiatasoitteiden kerrospaksuus vaikuttaa siis olennaisesti kuivumisaikaan. Esimerkiksi 50 mm paksuinen lämpölattian pintavalu tavallisella sementtipohjaisella tasoitteella kuivuu pinnoituskuivaksi noin 5 viikkoa kuivumisolosuhteiden ollessa optimaaliset.

Sementtipohjaisten lattiatasoitteiden kutistuma kuivuessa on suhteellisen pientä.

Valmistajasta riippumatta sementtipohjaisten lattiatasoitteiden kutistumat ovat 0,3–0,5 mm/m (Tiihonen, 2010, s. 5; Bostik Oy, 2020, s. 2; Fescon Oy, 2023b, s. 2; Saint-Gobain Finland Oy, 2023, s. 1). Pumpattavat lattiatasoitteet eivät juurikaan halkeile tai käyristy kuivuessaan, jos kuivumisolosuhteet on varmistettu materiaalivalmistajien edellyttämällä

tavalla. Plaanojen pienen kutistuman, ja hyvin vähäisen halkeilun vuoksi niillä voidaan toteuttaa mittatarkkoja ja suoria rakennekerroksia.

Pumpattavien lattiatasoitteiden etuina ovat lujuusominaisuudet, nopeus, helppous ja mittatarkkuus. Pumpattavat lattiatasoitteet ovat helposti- tai itsestään leviäviä, eikä niiden pintaa tarvitse hiertää työstettäessä. Plaanovalun onnistuessa valmista pintaa ei myöskään tarvitse yleensä tasoittaa tai hioa sen kuivuttua. Valmiin pinnan tasaisuus täyttää yleisimpien pintamateriaalien asennusalustan tasaisuusvaatimukset. Toisin sanoen SisäRyl2013 mukaan tasoitetun lattian tasaisuusvaatimukset ovat yhtenevät yleisimpien pintamateriaalien asennusalustojen tasaisuusvaatimusten kanssa (Hacklin, 2021, s. 2). Pumpattavilla lattiatasoitteilla saadaan siis valmis asennusalusta yleisimmille pintamateriaaleille ilman suurempia jälkitöitä. Pumpattavien lattiatasoitteiden nopeus ja helppous perustuu massan vetiseen koostumukseen työstettäessä. Lattiatasoitteissa levittyy suurelta osin painovoiman vaikutuksen seurauksena, ja tasainen leviäminen varmistetaan esimerkiksi rissaamalla. (Hacklin, 2021, s. 3)

Pumpattavien lattiatasoitteiden vetinen koostumus tuo mukanaan haasteita. Lattiatasoitteet tuovat rakennuksen sisään paljon kosteutta plaanojen kokonaisvesimäärän ollessa noin 310–350 L/m³. Rakennuksen sisään tulevan kosteuden määrä riippuu pumpattavan tasoitteen määrästä. Esimerkiksi 500 m² ja 50 mm vahvuisen rakennekerroksen valumateriaalin menekki on 25 m³. Edellä mainitun esimerkin mukaan pumpattavalla lattiatasoitteella toteutettuna rakennukseen pumpataan tasoitteen mukana keskimäärin 8250 litraa vettä, josta suuri osa vapautuu rakennuksen sisään tasoitteen kuivuessa.

Asuntorakentamisessa lattiatasoitteiden pumppaus sijoittuu luonnollisesti sisävalmistusvaiheeseen. Asuntorakentamisessa sisävalmistusvaiheessa käytetään kosteudelle herkkiä materiaaleja, kuten kipsilevyjä. Plaanopumppausta tehtäessä esimerkiksi kipsiväliseinät ovat usein levytetty vähintään toiselta puolelta. Pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö edellyttää siis melko raskasta kuivatus / tuuletuskalustoa kuivumisessa vapautuvan kosteuden poistamiseksi. Kuivumisolosuhteiden varmistamiseen ja ilmanvaihtoon on kiinnitettävä erityistä huomiota etenkin loppukesästä, jolloin sisäilman suhteellinen kosteus on yleensä suurimmillaan. Pumpattavien tasoitteiden mukana tullut

kosteus voi siirtyä muihin rakenteisiin, ja jopa vaurioittaa jo asennettuja rakenteita, jos rakennuksen tuuletusta tai kuivumisolosuhteita on laiminlyöty.

4.2 Käyttökohteet

Pumpattavan lattiatasoitteen eli plaanon käyttö on yleistä asuin- ja toimitilarakentamisessa. Plaanon käyttökohteina ovat alustojen tasoitukset ja erilaiset pintavalut, kuten lämpölattioiden pintavalut. Asuntorakentamisessa plaanolla tasoitettavat alustat ovat yleisimmin paikalla valetut betonivälipohjat tai ontelolaatat. Pumpattavia lattiatasoitteita on mahdollista käyttää myös puualustoilla (Saint-Gobain Finland Oy, 2018, s. 8). Käytännössä pumpattavilla lattiatasoitteilla voidaan toteuttaa valmista asennusalustaa pinnoitusmateriaaleille, jotka ovat mittatarkkoja asennusalustan puolesta.

Pumpattavia lattiatasoitteita on moniin eri käyttökohteisiin. Valmistajilla on useita lattiatasoitteituotteita ja vaihtoehtoja monille eri käyttökohteille. Valmistajien tarjoamien vaihtoehtojen ominaisuuksien suurimmat erot painottuvat lujuusluokkaan ja kuivumisaikaan. Luonnollisesti lattiatasoitteiden tekniset ominaisuudet hieman vaihtelevat käyttökohteiden mukaan. Lattiatasoitevaihtoehtoja löytyy lujuusluokissa C16-C35, joten pumpattavilla lattiatasoitteilla on mahdollista toteuttaa myös suhteellisen kovalle rasitukselle ja kulutukselle altistuvia lattiarakenteita. Tietyillä tasoitete tuotteilla on mahdollisuus saavuttaa pinnan vetolujuudeksi jopa $3,0 \text{ N/mm}^2$, joka mahdollistaa tasoitteen käytön esimerkiksi rasitukseltaan vaativissa julkisissa tiloissa. Käytännössä tasoitteiden valmistajilta löytyy eri tuotevaihtoehdot eri käyttökohteisiin, jotta asetetut pinnan vetolujuus- ja kulutuksenkestovaatimukset saadaan täytettyä mahdollisimman monissa eri käyttökohteissa.

Lattiatasoitteiden valmistajien laajasta tuotevalikoimasta löytyy myös sopiva tuote monille eri rakennekaksuiksille ja käyttökohteille. Erityisesti betonipinnan tasoitukseen käytettävillä tasoitteilla voidaan toteuttaa paikkatasoituksia tai vain muutamien millien paksuisia rakennekerroksia, mutta kelluvien rakenteiden toteutukseen käytettävien tasoitteiden minimikerrospaksuudet ovat yleensä 15–20 mm (Bostik Oy, 2020, s. 2; Fescon Oy, 2023b, s. 2; Saint-Gobain Finland Oy, 2023, s. 1). Kokonaisuudessaan pumpattavilla lattiatasoitteilla on siis mahdollista toteuttaa 0–80 mm vahvuisia rakennekerroksia riippuen käytettävästä

tuotteesta. Tasoitteiden hyvät lujuusominaisuudet, helppo työstäminen ja laaja tuotevalikoima mahdollistavat niiden monipuolisen käytön erilaisissa tiloissa ja lattiarakenteissa.

Pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö on yleistä uivissa rakenteissa, kuten lämpölattiarakenteissa. Pääsääntöisesti pumpattavien lattiatasoitteiden tekniset ominaisuudet soveltuvat melko hyvin uivan lattiarakenteen toteutukseen. Pumpattavalla lattiatasoitteella voidaan toteuttaa suhteellisen nopeasti yhdellä valukerralla ohut, luja ja suora pintavalu lämpölattiarakenteeseen. Yleisesti ottaen pumpattavilla lattiatasoitteilla on myös hyvä lämmönjohtokyky, joka yhdistettynä ohueen rakennepaksuuteen edesauttaa lämpölattian toimintaa ja tasaista lämmönluovutusta.

4.3 Kalusto ja vaatimukset työmaalle

Asunto- ja toimitilarakentamisessa pumpattavat lattiatasoitteet valmistetaan ja pumpataan nykyään lähtökohtaisesti aina työmaalla pumppuautoja hyödyntäen. Pumppuautot ovat 8–16 metriä pitkiä raskaita ajoneuvoja, jotka sisältävät pumppuyksikön, runkoainesilon ja sekoitusyksikön. Pumppuautojen rakenteet ja laitteistot vaihtelevat urakoitsijoiden välillä, mutta toimintaperiaate on usein sama. Pumppuautoja on yksi- tai kaksisiiloisina, ja siilojen tilavuus runkoaineessa mitattuna vaihtelee 10 000–15 000 kg välillä (Nevanperä, 2017, s. 17). Pumppuautojen siiloja voidaan täyttää pumppauksen aikana, joten suurissa plaanovaluissa kalustoon kuuluu usein myös pumppuautosta erillään oleva säiliöauto. Säiliöautojen tilavuus on runkoaineessa mitattuna noin 35 000 kg (Nevanperä, 2017, s. 17). Pumpattavan rakenteen paksuudesta ja neliömäärästä riippuen plaanovalua toteutettaessa työmaalla on siis yksi tai kaksi raskasta ajoneuvoa. Pumpattavia lattiatasoitteita on mahdollista myös pumpata irtonaisia siiloja, sekoittimia ja pumppauskalustoa hyödyntäen (Nevanperä, 2017, s. 18). Pumppauskalustolle on järjestettävä veden- ja sähkönsyöttö työmaalta. Kuvassa 3 on esimerkki plaanopumppaukseen käytettävästä pumppuautosta (Kiilto Oy, n.d.). Kuvassa on myös pumppuautojen täyttöihin käytettävä siiloauto.

Pumpattavien lattiatasoitteiden valmistus tapahtuu työmaalla pumppuauton sekoitusyksikössä koneenkäyttäjän ohjauksella tietokoneen avustamana. Pumpputasoitteiden valmistus edellä mainitulla tavalla on tarkkaa, ja tasoitteen

koostumusta voidaan muuttaa myös kesken pumppauksen. Pumppuautosta/tietokoneesta saadaan selkeä tuloste, josta ilmenee tarkasti pumppauksen aika- ja määrätiedot, sekä tasoitteen osa-aineiden menekit.

Pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö vaatii työmaalta aina tilaa, vettä ja sähköä valmistustavasta riippumatta. Tasoitteen sekoituspisteelle ja pumpulle, tai pumppuautolle on järjestettävä sähkön- ja vedensyöttö. Pumppaukseen käytettävien raskaiden ajoneuvojen tilantarve on myös suuri. Plaanopumppausta suunnitellessa ja toteutettaessa on tärkeää huomioida kokonaisuudessaan työmaan muu logistiikka ja muut työvaiheet.

Kuva 3, Pumpattavien lattiatasoitteiden säiliö- ja pumppuauto (Kiilto Oy, n.d.)



4.4 Sementtipohjaisen pumpattavan lattiatasoitteen kustannukset

Pumpattavien lattiatasoitteiden kustannukset muodostuvat työstä, materiaalista ja kalustosta. Plaanopumppaukseen toteuttamiseen vaaditaan sekoitusasema, pumppauskalusto, materiaalit, pientyökalut ja ammattitaitoiset toteuttajat. Asunto- tai toimitilarakentamisessa toimivilla rakennusliikkeillä on harvemmin edellytyksiä toteuttaa

plaanopumppauksia vaivattomasti itse, joten pumpattavien lattiatasoitteiden toteutuksissa suositaan usein materiaaliin erikoistuneita aliurakoitsijoita.

Pumpattaviin lattiatasoitteisiin erikoistuneet urakoitsijat hinnoittelevat työnsä pumpattavan tasoitteen kilohinnalla tai neliöhinnalla. Plaanopumppauksen lopulliseen hintaan vaikuttaa pumpattavan tasoitteen määrä sekä rakennepaksuudeltaan, että neliömäärältään. Useilla urakoitsijoilla yhdellä pumppauskerralla pumpattava neliömäärä alentaa kilohintaa, eli mitä enemmän tasoitetta pumpataan neliömäärältään, sitä halvemmaksi tasoite tulee kilohinnaltaan. Pumpattavan neliömäärän vaikutus plaanojen kilohintaan vaihtelee urakoitsijoiden ja sopimusten mukaan, mutta karkeasti arvioiden 100 m² lisäys pumpattavaan neliömäärään kerralla alentaa kilohintaa noin 0,01–0,02 € / kg.

Pumpattavien lattiatasoitteiden toteutuksia voidaan tarjota myös neliöhintaisina, tiettyihin kohteisiin tai rakennepaksuuksiin yksilöitynä. Esimerkiksi kohteen lämpölattian pintavalun paksuuden ollessa 50 mm, erikoistunut urakoitsija voi pyydettäessä ja halutessaan antaa kohteelle yksilöidyn neliöhintaisen tarjouksen. Neliöhintaisissa tarjouksissa nimetään myös ”ylikilojen” hinta. Neliöhintaisen tarjouksen rakenteen yli menevä pumpattu osuus veloitetaan tarjouksessa nimetyllä ylikilo -hinnalla, joka on hieman korkeampi kuin neliöhinnasta laskettu kilohinta. Esimerkiksi lämpölattioiden pintavalujen paksuus voi vaihdella alapuolisten rakenteiden, kuten paikallavaletun betonilaatan toteutuksen onnistumisen mukaan. Alapuolisten rakenteiden toteutuksen pienikin epäonnistuminen voi nostaa pintavalun kustannuksia yllättävän paljon. Esimerkiksi pintavalun suunnitellun ja tarjouksen mukaisen rakennepaksuuden ollessa 50 mm, on kustannusten kannalta äärimäisen tärkeää etteivät pintavalut ylitä pääsääntöisesti 50 mm. Alusrakenteen mittatarkkuuden heittäessä esimerkiksi 10 mm, lisätään jokaiseen pintavaluun alusrakenteesta puuttuvat 10 mm. Pintavalun lopulliseksi kerrospaksuudeksi tulee 60mm, ja 10 mm lisäys pintavalupaksuuteen näkyy pumppauksen loppulaskussa edellä mainitulla ylikilo -hinnalla, joka lisätään alkuperäisen neliöhinnan päälle. Pumpattavien lattiatasoitteiden kustannusten kannalta on siis äärimäisen tärkeää, että myös alusrakenteen, kuten paikalla valetun betonivälipohjan toteutus on onnistunut mittatarkasti.

Pumpattavien lattiatasoitteiden hinnat vaihtelevat eri urakoitsijoiden välillä. Hintaan vaikuttaa myös mahdolliset kausisopimukset ja yksilöidyt tarjoukset. Tällä hetkellä

pumpattavan lattiatasoitteen kustannukset (markkinahinta) aliurakkana vaihtelevat 0,25–0,60 €/kg riippuen kerralla pumpattavasta neliömäärästä. Pumpattavien lattiatasoitteiden mahdolliset neliöhinnat vaihtelevat merkittävästi urakoitsijoiden, tuotteiden, rakennepaksuuksien ja yksilöityjen tarjouksien välillä, mutta lämpölattioiden rakennepaksuuksissa pumpattavien lattiatasoitteiden neliöhinnat (markkinahinta) ovat arviolta tällä hetkellä 16–35 €/ m².

4.5 Työt lämpölattioissa

Asunto- ja kerrostalorakentamissa lämpölattiarakenteet toteutetaan yleisesti ottaen aliurakkoina. Lämpölattiarakenteen pintavaluineen voi toteuttaa kokonaisuudessaan yksi ja sama urakoitsija, mutta usein lämpölattiajärjestelmän asentaa eri urakoitsija kuin pintavalun toteuttava urakoitsija. Pumpattavien lattiatasoitteiden työt koostuvat aloittavista töistä, itse tasoitustyöstä, mahdollisesta pinnan hionnasta ja jälkitöistä. Aloittaviin töihin kuuluu ”metrimerkkien” ja korkojen merkitseminen, valualueen rajausta, irrotussaumauhojen asennus tarvittaessa, kaluston siirrot ja mahdolliset testaukset. Asuntorakentamisen ja lämpölattioiden pintavalun kannalta tarkasteltuna työt jakautuvat usein niin, että tilaajan vastuulla on kaikki muut työt paitsi itse pintavalun toteutus / tasoitepumpaus ja siihen liittyvät kaluston siirrot ja testaukset, sekä lopullisten valukorkojen merkitseminen. Töiden jakautuminen riippuu tietenkin kohteen ominaispiirteistä, urakkamuodosta, sekä urakkarajoista, mutta edellä mainittu toteutusmalli on yksi yleisimmistä plaanovalun toteutusmalleista asunto- ja toimitilarakentamisessa.

Pumpattavissa lattiatasoitteissa eniten aikaa vievä valmistelevä työvaihe on valualueen rajausta eli tukkojen tai valustoppareiden asennus. Plaanon vetisen koostumuksen takia valualueen rajausta on tehtävä huolellisesti. Valualueen kaikki mahdolliset reiät ja saumat on tukittava ja tiivistettävä lähes vesitiiviiksi. Lämpölattioiden pintavalua ajatellen esimerkiksi lattialämmitysputkiston läpiviennit valustoppareista vaativat huolellisen tiivistyksen. Valustoppareita asennetaan esimerkiksi oviaukkoihin ja muihin määriteltyihin valurajoihin.

Pumpattavien lattiatasoitteiden työsaavutus vaihtelee käytettävän tuotteen, urakoitsijoiden, kaluston ja toteutettavan rakenteen mukaan. Yleisesti ottaen lämpölattioiden pintavaluissa tai vastaavissa rakennepaksuuksissa pumpattavien lattiatasoitteiden työsaavutus kolmella

työntekijällä on noin 500–600 m²/tv. Ohuemmissa rakennekerroksissa, eli vain tasoitustyössä pumpattavilla lattiatasoiteilla on mahdollista päästä jopa yli 1000 m²/tv työsaavutukseen. Lämpölattioiden pintavalujen ollessa yleensä 40–80 mm vahvuisia, on lähes mahdotonta päästä 1000 m²/tv työsaavutukseen. Pumpattavien lattiatasoitteiden työsaavutukseen vaikuttaa olennaisesti tasoitteiden leviävyys. Pumpattavat lattiatasoitteet ovat pääsääntöisesti helposti- tai itsestään leviäviä, eikä massan tiivistystyötä tarvitse tehdä erikseen. Lattiatasoitteiden pumpppauksen yhteydessä pumpattu pinta usein rissataan ohuissa rakennepaksuuksissa tai ”sluudataan” paksummissa rakennekerroksissa tasaisen leviämisen ja pinnan tasaisuuden varmistamiseksi. Joka tapauksessa pumpattavien lattiatasoitteiden pinnan työstö on pääsääntöisesti nopeaa.

5 Haastattelut

Maakosteasta betonista on saatavilla varsin vähän julkaisuja, ohjeita ja julkista tutkimustietoa, joten opinnäytetyö toteutettiin haastattelututkimuksena. Opinnäytetyöhön haastateltiin kahta maakostean betonin toteutuksiin erikoistunutta urakoitsijaa, sekä kahta rakennesuunnitteluun erikoistunutta henkilöä. Haastattelut toteutettiin yksittäishaastatteluina. Tunnistettavuuden estämiseksi haastateltavien nimiä, yrityksiä tai haastattelujen paikkatietoja ei julkaista opinnäytetyössä. Haastattelukysymykset ovat liitteissä 1 ja 2. Maakostean betonin toteutuksiin erikoistuneille urakoitsijoille esitettiin eri haastattelukysymykset kuin suunnitteluun erikoistuneille henkilöille. Haastatteluiden tavoitteena oli kartoittaa maakostean betonin ominaispiirteitä, käyttömahdollisuuksia ja teknisiä ominaisuuksia.

5.1 Urakoitsijoiden haastattelut

Urakoitsijoiden haastattelukysymykset on jaettu kahteen osaan, joista ensimmäinen osa keskittyy haastateltavan kokemuksiin rakennusalalta ja maakosteasta betonista. Haastattelukysymysten toinen osa keskittyy maakosteaan betoniin. Haastattelukysymysten ensimmäisessä osassa oli kolme kysymystä, ja toisessa osassa 10 kysymystä.

Haastatteluiden ensimmäinen osalla varmennettiin haastateltavien kompetenssi toimia haastateltavana opinnäytetyössä. Ensimmäiseksi haastatellulla urakoitsijalla on 25 vuoden kokemus betonialalta, ja 10 vuoden kokemus maakosteasta betonista. Toisen urakoitsijan edustajalla on 18 vuoden kokemus rakennusalalta, ja noin 10 vuoden kokemus maakosteasta betonista. Molemmat haastatellut toimivat edustamiensa yrityksiensä johdossa maakostean betonin valmistukseen ja toteutuksiin liittyvissä tehtävissä.

Haastattelukysymysten toisen osan ensimmäinen kysymys oli ”Onko maakostean betonin käyttö yleistymässä Suomessa?” Molemmat haastatellut urakoitsijat totesivat maakostean betonin suosion olevan nousussa, vaikka käyttö ei ole täysin vakiintunut. Vastauksista ilmeni myös maakostean betonin tulleen Suomeen 2010-luvun alussa, jonka jälkeen maakostean betonin suosio on kasvanut Suomessa tasaisesti.

Toisena kysymyksenä oli ”Mitkä ovat maakostean betonin yleisimmät käyttökohteet Suomessa?” Haastatelluilla urakoitsijoilla ei ollut tarkkaa tilastotietoa maakostean betonin käyttökohteista, mutta molemmat kertoivat maakostean betonin yleisimpien käyttökohteiden olevan pintabetonilattiat, sekä kuivissa että märkätiloissa. Haastateltujen mukaan maakosteaa betonia käytetään myös pien- ja rivitalorakentamisessa maanvaraisissa lattiarakenteissa.

Kolmas haastattelukysymys oli ”Mistä osa-aineista maakosteaa betoni koostuu, sekä mitä sementtilaatuja ja runkoainesta valmistuksessa käytetään?” Haastateltujen urakoitsijoiden mukaan maakosteaa betoni koostuu vedestä, sementistä ja kiviaineksesta, sekä mahdollisista lisä- ja seosaineista. Maakostean betonin valmistukseen käytettävä sementti ja kiviaines voivat urakoitsijoiden mukaan vaihdella valmistusreseptin ja valmistajien välillä. Haastateltujen edustamat yritykset käyttävät maakostean betonin valmistukseen CEM 1 52,5N, CEM 1 42,5 N, CEM 2 52,5N ja CEM 2 42,5 N sementtilaatuja, sekä raekooltaan 0,0–0,8 mm olevaa kiviainesta, kuten pestyä betonisoraa.

Haastattelun neljäs kysymys liittyi maakostean betonin valmistustapojen yleisyyteen. Haastateltavien mukaan maakosteayksiköt ovat syrjäyttäneet maakostean betonin käsin sekoittamisen hyvin tehokkaasti. Osalla maakostean betonin käyttöön erikoistuneista yrityksistä on kuitenkin tarvittava kalusto myös maakostean betonin käsin sekoittamiseen, mutta siihen turvaudutaan käytännössä vain poikkeustilanteissa.

Viides kysymys käsitteli maakostean betonin lujuutta. Molemmat urakoitsijat kertoivat maakostean betonin lopullisten lujuusominaisuuksien olevan todella riippuvaisia valmistusreseptistä, tiivistämisestä ja pinnan työstötavasta. Urakoitsijat arvioivat maakostean betonin lopulliseksi puristuslujuudeksi heidän resepteillään C20-C25. Toinen urakoitsijoista arvioi maakostean betonin pinnan vetolujuudeksi 1–1,5 N/mm² heidän valmistusresepteillään. Toinen urakoitsijoista on varmentanut edellä mainitut lujuusominaisuudet riippumattomilla laboratorionkokeilla.

Kuudes haastattelukysymys oli ”Mitkä ovat maakostean betonin minimi- ja maksimi rakennepaksuudet, ja mikä rajoittaa maakostean betonin rakennepaksuuksia?”

Haastateltujen mukaan maakostean betonin minimirakennepaksaus on noin 20–50 mm riippuen toteuttavasta urakoitsijasta. Ohuissa rakennepaksuuksissa haasteeksi muodostuu laatan pinnan liian nopea kuivuminen. Laatan yläpinnan ja alapinnan välinen epätasainen kuivuminen voi aiheuttaa laatan käyritymistä reunoilta. Urakoitsijoiden mukaan maakosteiden betonilaattojen käyritymistä voidaan ehkäistä tehokkaasti kuivuvan laatan muovituksella, jolloin hitaasti kuivuva laatan pohja saavuttaa riittävän lujuuden nopeasti kuivuvan yläpinnan kutistuman vastustamiseksi.

Seitsemännessä haastattelukysymyksessä käsiteltiin maakostean betonin työsaavutuksia. Molemmat urakoitsijat totesivat työntekijöiden kokemuksen, rakennepaksuuden ja kohteen ominaispiirteiden vaikuttavan työsaavutukseen olennaisesti. Maakostean betonin työsaavutus on haastateltujen mukaan tasaisissa lattioissa noin 150–300 m²/tv, ja kaatolattioissa noin 60–100 m²/tv.

Toisen osion kahdeksas kysymys liittyi maakostean betonin käyttöön lämpölattioiden pintavalussa. Haastateltujen mukaan maakostean betonin käyttö lämpölattioiden pintavalussa on mahdollista, ja maakostea betoni soveltuu lämpöominaisuuksiensa puolesta hyvin pintavalumateriaaliksi lämpölattioihin. Urakoitsijoiden mukaan maakostea betonia voidaan käyttää myös muissa rakenteissa, joissa ei ole kovia kulutuksenkesto- tai rasitusvaatimuksia. Haastateltujen mukaan maakostea betonia ei ainakaan tällä hetkellä suunnitella paljoa käytettäväksi lämpölattioiden pintavaluissa, mutta maakostean käyttäminen lämpölattioiden pintavalumateriaalina on täysin mahdollista.

Toiseksi viimeisenä kysymyksenä oli ”Mitä tulee ottaa huomioon maakostean betonin käytössä lämpölattiarakenteessa?” Haastateltujen urakoitsijoiden mukaan maakostean betonin käytössä tulee aina kiinnittää huomiota jälkihoitoon. Huonosti toteutetulla jälkihoidolla voidaan pilata vasta valettu rakenne. Maakosteet betonilattiat ovat taipuvaisia käyrystymiseen, jos valettua rakennetta yritetään kuivattaa liian kovalla teholla tai liian nopeasti. Urakoitsijoiden mukaan maakosteiden betonilattioiden vauriot kuivumisaikana johtuvat usein valutilan vetoisuudesta, liian kuivasta sisäilmasta, liiallisesta ilmankuivainten käytöstä tai lattialämmityksen liian kovasta tehosta.

Viimeinen kysymys liittyi maakostean betonin käyttömahdollisuuksiin. Toisen haastatellun mukaan maakostealla betonilla on enemmän käyttömahdollisuuksia kuin Suomessa tiedetään olevan. Hänen mukaansa muualla Euroopassa on erilaisia maakosteamassoja tai maakostean betonin kaltaisia valumassoja monipuolisesti erilaisiin käyttökohteisiin. Toisen urakoitsijan mukaan maakostean betonin käyttömahdollisuuksia ei ole tarpeellista laajentaa. Maakostea betoni on vain yksi tuote, joka soveltuu parhaiten sen tämänhetkisiin käyttökohteisiin. Muihin käyttökohteisiin on hänen näkemyksensä mukaan olemassa jo omat ja paremmin soveltuvat tuotteet.

5.2 Suunnittelijoiden haastattelut

Suunnittelijoiden haastattelukysymykset on jaettu kahteen osaan. Haastattelujen ensimmäinen osa keskittyy haastateltavaan, ja hänen kokemuksiinsa rakennusalalta, rakennesuunnittelusta ja maakosteasta betonista. Haastattelukysymysten toinen osa keskittyy lämpölattiarakenteisiin ja maakostean betoniin. Haastattelukysymysten ensimmäisessä osassa oli viisi kysymystä, ja toisessa osassa 10 kysymystä.

Haastattelujen ensimmäisen osan kysymyksillä perehdyttiin haastateltavaan, jotta voidaan arvioida haastateltavan soveltuvuutta haastateltavaksi aiheeseen liittyen. Ensimmäisellä haastatellulla on noin 60 vuoden kokemus rakennusalalta, sekä noin 53 vuoden kokemus rakennesuunnittelusta tai siihen liittyvistä työtehtävistä. Ensimmäinen haastateltava on toiminut erilaisissa maakostean betonin toteutuksissa suunnitteluun liittyvissä tehtävissä, mutta maakostean betonin käytöstä lämpölattioiden pintavaluissa hänellä ei ole kokemusta. Ensimmäisenä haastateltu henkilö on koulutukseltaan rakennustekniikan diplomi-insinööri,

ja hän toimii tällä hetkellä erikoisasiantuntijana suunnittelutoimistossa. Toisena haastatellulla henkilöllä on noin 25 vuoden kokemus rakennesuunnittelu- ja siihen liittyvistä työtehtävistä. Toisella haastatellulla on muutamia positiivisia kokemuksia maakostean betonin käytöstä lämpölattioiden pintavalumateriaalina. Toinen haastateltu on koulutukseltaan rakennusinsinööri (AMK), ja hän toimii suunnittelutoimistossa tulosityksikön johtajana.

Haastattelujen toisen osion ensimmäinen kysymys oli ”Minkälaisia rakenteita lämpölattiarakenteet ovat yleensä kokonaisuudessaan?” Molemmat haastatellut totesivat lämpölattiarakenteiden koostuvan yleensä kantavasta rakenteesta, eristeestä, lattialämmitysjärjestelmästä, sekä pintavalusta ja lattian pinnoitusmateriaalista. Haastateltujen mukaan lämpölattioiden yksityiskohtaiset rakenneratkaisut voivat kuitenkin vaihdella erilaisten järjestelmien tai rakennekokonaisuuksien mukaan.

Haastattelujen toinen kysymys liittyi lämpölattioiden rakennekerrosten vahvuuksiin. Haastateltujen mukaan lämpölattioiden pohjaeristeiden rakennevahvuus on yleensä 30 mm, ja pintavalujen paksuudet vaihtelevat pääsääntöisesti 50–80 mm välillä riippuen käytettävästä pintavalumateriaalista. Esimerkiksi pumpattavilla lattiatasoiteilla on mahdollista toteuttaa ohuempia rakennevahvuuksia kuin tavallisilla- tai lattiabetoneilla. Lämpölattian rakennepaksuus voi myös kasvaa pintavalumateriaalin ollessa betonia, tai eristeen paksuuden kasvaessa tiukempien askelääneneristysvaatimusten myötä.

Kolmas kysymys oli ”Mitä vaatimuksia lämpölattiarakenne asettaa pintavalumateriaalille?” Molempien haastateltujen mukaan lämpölattiarakenne asettaa pintavalumateriaalille vaatimuksia lujuusominaisuuksien, akustiikan, pintavalun riittävän paksuuden (lämmityspotkiston peittäminen) ja vähäisen halkeilun osalta. Valettavan tilan käyttötarkoitus määrittää pintavalumateriaalin lujuusvaatimukset.

Haastattelujen neljäs kysymys liittyi lämpölattioiden pintavalumassoihin. Haastateltavilla ei ole tarkkaa tai tilastoitua tietoa pintavalumateriaalien yleisyyksistä, mutta molempien haastateltujen näkemyksien mukaan lämpölattioiden yleisin pintavalumassa on tällä hetkellä pumpattavat lattiatasoitteet. Lämpölattioiden pintavaluissa käytetään myös tavallisia- tai lattiabetoneita.

Haastattelujen viides kysymys liittyi maakostean betonin käyttöön lämpölattioiden pintavaluissa. Ensimmäisenä haastateltu henkilö ei suosittele maakostean betonin käyttöä lämpölattioiden pintavaluissa. Hänen näkemyksensä mukaan maakostean betonin lujuusominaisuudet tai tietotaito materiaalista eivät ole riittävällä tasolla, jotta käyttö lämpölattioiden pintavaluissa olisi suositeltavaa. Hänen mukaansa maakostean betonin käyttäminen lämpölattian pintavalussa on suuri riski etenkin taloudellisesti. Toisena haastatellun henkilön mukaan maakostean betonin käyttö on mahdollista lämpölattioiden pintavaluissa, ja hänellä on muutamia positiivisia kokemuksia maakostean betonin käytöstä pintavaluissa. Maakostean betonin käyttäminen vaatii kuitenkin suunnittelulta/kohteelta alhaisia lujuusvaatimuksia, riittävän paksua rakennepaksuutta pintavaluun (yli 50 mm), sekä mahdollisesti suunnitelmia halkeilun tai käyrityksen ehkäisemiseksi (mahdollisten liikuntasauvojen suunnittelu).

Haastattelujen kuudes kysymys oli ”Mikä mahdollisesti rajoittaa/estää maakostean betonin käytön lämpölattian pintavalussa?” Haastateltujen mukaan maakostean betonin käyttöä rajoittaa heikot lujuusominaisuudet, sekä vähäinen tietotaito materiaalista. Maakostean betonin lujuusominaisuuksia ei voida suunnittelussa tällä hetkellä varmentaa laskemalla. Toisen haastatellun mukaan maakostean betonin käyttöä ja erityisesti suunnittelua rajoittaa myös materiaalin CE-merkintöjen ja standardien puuttuminen, sekä maakostean betonin herkkyys ulkopuolisille kosteusrasituksille.

Seitsemäs kysymys oli ”Mitä tulee ottaa huomioon maakostean betonin käytössä lämpölattiarakenteen pintavalussa?” Ensimmäisen haastattelun mukaan maakostean betonin käyttö lämpölattian pintavalussa on riski, ja toteuttajien on syytä varautua rakenteen korjaukseen. Toisen haastatellun mukaan maakostean betonin käytössä ja suunnittelussa tulee ottaa huomioon CE-merkintöjen ja standardien puuttuminen. Hänen näkemyksensä mukaan maakostea betoni vaatii myös ammattitaitoiset toteuttajat, sekä asianmukaisen jälkihoidon käyrityksen ehkäisemiseksi.

Kahdeksas kysymys liittyi maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden eroihin rakennesuunnittelun näkökulmasta. Ensimmäisenä haastatellun henkilön mukaan maakostean betonin ja plaanojen merkittävimmät eroavaisuudet ovat hinnassa, koostumuksissa ja kuivumisajoissa. Ensimmäisenä haastatellun henkilön mukaan

maakostealla betonilla on teoriassa mahdollista saavuttaa etuja aikataulun ja kustannusten suhteen verrattuna pumpattaviin lattiatasoitteisiin. Toisena haastatellun henkilön näkemyksen mukaan maakostean betonin ja plaanojen merkittävimmät erot ovat CE-merkinnöissä/standardoinnissa, sekä materiaaliominaisuuksissa, kuten kokonaisvesimäärässä, kuivumisajoissa ja lujuuksissa. CE-merkintöjen ja standardien puuttuminen vaikuttaa olennaisesti maakostean betonin asemaan rakennusmateriaalina. Hänen näkemyksensä mukaan CE-merkintöjen ja standardoinnin osalta plaanoilla on selkeä etulyöntiasema rakennusmateriaalina maakostean betoniin verrattuna.

Haastattelujen yhdeksäs kysymys liittyi lämpölattian esimerkkirakenteeseen, kun alustana on paikalla valettu betonivälipohja, ja pintavalumateriaalina on maakosteaa betoni. Ensimmäisenä haastatellun henkilön mukaan maakostealla betonilla toteutetun kelluvan pintalaatan esimerkkirakenne on Suomen betonilattiyhdistyksen ohjeen 7 (VP2) mukainen rakenne. Hänen mukaansa muita esimerkkirakenteita on haastavaa antaa, koska tutkimustietoa tai ohjeistuksia maakostean betonin toteutuksista on todella vähän. Ensimmäisenä haastatellun näkemyksen mukaan olisi kannattavaa toteuttaa maakostealla betonilla testikohteita tai vain tiettyjä tiloja suuressa kohteessa, jolloin materiaalin käyttäytymistä, soveltuvuutta ja ominaisuuksia voidaan tarkastella käytännössä pienellä taloudellisella riskillä. Toisen haastatellun henkilön mukaan maakosteaa betonia voitaisiin käyttää tavallisten asuinkerrostalojen asuintilojen lämpölattioiden pintavalumateriaalina. Hänen näkemyksensä mukaan rakenne voisi olla seuraavanlainen:

- Kantava rakenne, paikalla valettu betonivälipohja
- 30 mm eriste, askelääneneriste, eristelevy
- 80 mm maakosteaa betoni (raudoitettu) + lattialämmityspotkisto
- Pinnoitusmateriaali, ja sen alusmateriaali

Haastattelujen viimeinen kysymys liittyi maakostean betonin käyttöön ja suunnitteluun yleisesti. Ensimmäisen haastatellun mukaan maakostean betonin käytössä ja suunnittelussa on kiinnitettävä huomiota varovaisuuteen ja kriittisyyteen. Hänen näkemyksensä mukaan rakennusalalla on yleisesti ottaen suhtauduttu liian ennakkoluulottomasti uusiin rakennusmateriaaleihin, ja rakennusalalla vanhat kokemukset tietyistä materiaaleista unohtuvat liiankin nopeasti. Maakostean betonin käyttö vaatii panostusta suunnitteluun ja materiaalin tutkimukseen. Erityisesti suunnittelijoiden on kyettävä tuottamaan riittävät

suunnitelmat maakostean betonin toteutuksista. Maakostean betonin toteutuksissa ei voida luottaa vain sokeasti materiaalivalmistajien ohjeisiin tai myyntimiesten puheisiin. Toisena haastattelun mukaan maakostean betonin käytön lisääntyminen vaatisi materiaalin käyttöön erikoistuneilta urakoitsijoilta reilusti aktiivisuutta CE-merkintöjen ja tuotestandardien suhteen. Maakostean betonin CE-merkintä ja standardointi madaltaisivat materiaalin käyttö- ja suunnittelukynnystä reilusti. Hänen näkemyksensä mukaan maakostean betonin käyttö ja suunnittelu lisääntyisivät varmasti, jos maakostealle betonille saataisiin tuotettua CE-merkintä ja käyttöä/valmistua ohjaavia standardeja. Maakostealla betonilla on hyviä ominaisuuksia, kuten lyhyt kuivumisaika, mutta maakostean betonin käyttö ei ole täysin vakiintunut CE-merkinnän ja standardien puuttuessa.

Haastateltujen suunnitteluun erikoistuneiden henkilöiden vastaukset eroavat joiltain osin toisistaan. Vastausten eroavaisuutta selittää maakostean betonin tuntemattomuus rakennusmateriaalina, vähäinen julkinen tutkimustieto, sekä maakostean betonin vähäinen suunniteltu käyttö pintabetonilattioissa. Haastateltujen vastauksiin vaikuttaa varmasti myös haastateltujen omat kokemukset maakosteasta betonista. Maakosteaa betoni on Suomessa vielä uusi ja melko tuntematon rakennusmateriaali, joten tietotaitoa materiaalista on suhteellisen vähän.

6 Lämpölattian esimerkkirakenteet paikalla valetussa betonivälipohjassa

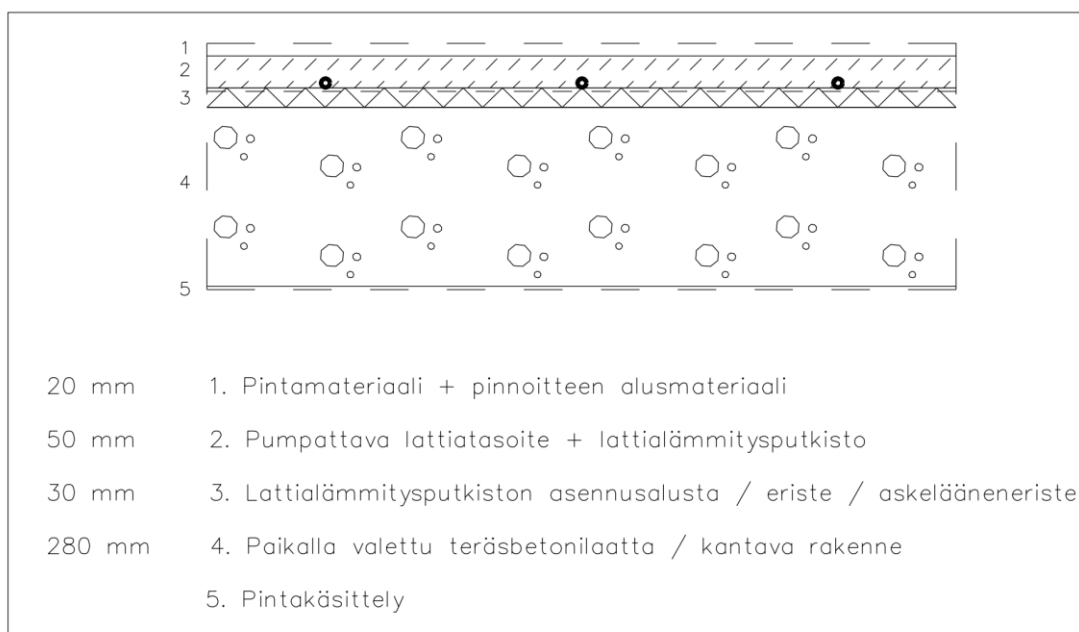
Opinnäytetyön tarkoituksena oli tuottaa myös lämpölattioiden esimerkkirakenteet kahdella eri pintavalumateriaalilla totutettuna, kun alustana on paikalla valettu betonivälipohja. Esimerkkirakenteiden pintavalumateriaalit ovat pumpattava lattiatasoite ja maakosteaa betoni. Opinnäytetyöhön tuotetut esimerkkirakenteet perustuvat työn tietoperustaan ja haastatteluissa kerättyihin tietoihin. Lämpölattiarakenteita on monia erilaisia, ja rakenneratkaisut vaihtelevat reilusti käytettävien järjestelmien ja rakennekokonaisuuksien välillä. Tuotetut esimerkkirakenteet ovat suuntaa antavia perusrakenteita, eivätkä ota kantaa rakenteiden yksityiskohtiin tai erityisten järjestelmien, tuoteperheiden tai rakennekokonaisuuksien käyttöön.

Lämpölattioiden pintavaluja toteutetaan Suomessa tällä hetkellä eniten pumpattavilla lattiatasoiteilla. Lämpölattioiden pintavalujen kerrosvahvuudet vaihtelevat 30–80 mm välillä. Lämpölattiarakenne asettaa pintavalumateriaalille vaatimuksia suoruuden ja tasaisuuden, lujuuden, paksuuden, lämmönluovutuksen ja askelääneneristävyyden kannalta. Suunnittelussa pintavalun paksuuteen vaikuttavat alapuoliset rakenteet, lujuusvaatimukset, käytettävät materiaalit, mahdolliset järjestelmät tai tuoteperheet, sekä käytettävä valumassa.

6.1 Lämpölattian esimerkkirakenne pumpattava lattiatasoite

Pumpattavilla lattiatasoiteilla on mahdollista toteuttaa jopa 25–30 mm vahvuisia lämpölattioiden pintavaluja, mutta se vaatii tiettyjen lämpölattiajärjestelmien tai tuoteperheiden käyttöä. Yleisimmin pumpattavilla lattiatasoiteilla toteutettavat lämpölattioiden pintavalut ovat vahvuudeltaan 40–60 mm, jotta lattialämmitysputkiston päälle saadaan riittävän peittävä kerros lattiatasoitetta. Kuvassa 4 on esimerkkirakenne pumpattavalla lattiatasoiteella (pintavalu) toteutetusta kelluvasta lämpölattiasta. Kuvan 4 esimerkkirakenteessa pintavalun paksuus on 50 mm. Esimerkkirakenteen kaltainen lämpölattia tai rakennekokonaisuus toimisi esimerkiksi tavanomaisen asuinkerrostalon välipohjarakenteena.

Kuva 4, lämpölattian esimerkkirakenne (pintavalumateriaali pumpattava lattiatasoite)



6.2 Lämpölattian esimerkkirakenne maakostea betoni

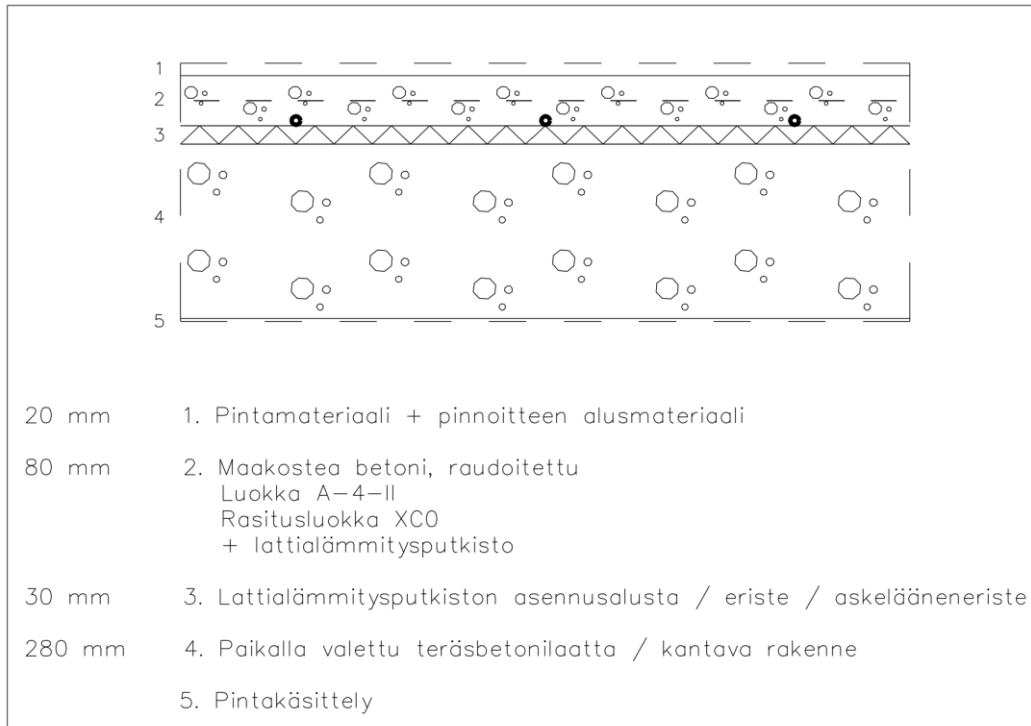
Maakostea betonia suunnitellaan käytettäväksi lämpölattioiden pintavaluissa todella vähän. Maakostean betonin kasvavasta suosiosta huolimatta materiaalin suunniteltu käyttö on tällä hetkellä todella vähäistä. Maakostean betonin toteutuksiin kerrostalorakentamisessa liittyy usein työmaan aloitteesta tehty materiaalivaihto, johon haetaan kohteen rakennesuunnittelijan hyväksyntä.

Maakostean betonin käyttöön liittyviä ohjeistuksia tai esimerkkirakenteita on saatavilla todella vähän. Suomen betonilattiyhdistys Ry:n BLY – OHJE 7 / 2021 on yksi harvoista julkaisuista, joissa käsitellään maakostean betonin käyttöä kelluvissa pintalattioissa.

Maakostea betonia voidaan käyttää uivissa pintalattioissa tavallisen märkäbetonin tapaan (Suomen Betonilattiyhdistys Ry, 2021, s. 5).

Kuvassa 5 on esimerkkirakenne maakostealla betonilla (pintavalu) toteutetusta kelluvasta lämpölattiarakenteesta. Esimerkkirakenne on tuotettu suunnittelijoiden haastatteluihin, aikaisempiin rakennesuunnitelmiin, sekä Suomen betonilattiyhdistys Ry:n BLY – OHJE 7 / 2021 VP2-rakenteeseen pohjautuen. Kuvan 5 esimerkkirakenne on edellä mainitun BLY – OHJE 7 / 2021 VP2-rakenteen mukainen, mutta esimerkkirakenne on muokattu työn tietoperustan ja haastatteluvastausten perusteella lämpölattian vaatimuksiin ja ominaispiirteisiin sopivaksi. Kuvan 5 esimerkkirakenteen kaltainen lämpölattia tai rakennekokonaisuus toimisi esimerkiksi tavanomaisen asuinkerrostalon asuintilojen välipohjarakenteena.

Kuva 5, Lämpölattian esimerkkirakenne (pintavalumateriaali maakosteaa betoni)



7 Pumpattavan lattiatasoitteen ja maakosteaa betonin vertailu

Lämpölattioiden pintavaluissa käytettävissä pumpattavissa lattiatasoiteissa ja maakosteassa betonissa on muutamia yhtäläisyyksiä, mutta myös paljon eroavaisuuksia. Molempia edellä mainittuja materiaaleja käytetään erilaisissa lattiarakenteissa. Asuntorakentamisessa molempia toteutetaan paljon aliurakkana, ja toteutuksissa vaadittavat kalustot ovat toimintaperiaatteiltaan lähes samat. Maakosteaa betonia ja pumpattavia lattiatasoiteita käytetään molempia erilaisissa lattiarakenteissa, vaikka materiaalit eroavatkin ominaisuuksiltaan ja koostumuksiltaan suuresti toisistaan.

Pumpattavilla lattiatasoiteilla on selkeä etulyöntiasema rakennusmateriaalina maakosteaa betoniin verrattuna. Pumpattavia lattiatasoiteita on tutkittu ja käytetty reilusti pidempään Suomessa kuin maakosteaa betonia. Pumpattavilla lattiatasoitetuotteilla on myös kattavat käyttöä/valmistusta ohjaavat standardit, ja osalla tasoitetuotteista on myös CE-merkintä. Maakostealla betonilla/tuotteilla ei ole CE-merkintää, eikä käyttöä/valmistusta ohjaavia standardeja ainakaan niin kattavasti kuin pumpattavilla lattiatasoiteilla. Pitkään ja

monipuolisesti käytettyjen pumpattavien lattiatasoitteiden asema rakennusmateriaalina on parempi kuin maakostean betonin. Materiaalien vertailusta on koostettu vertailutaulukko liitteeseen 3. Vertailutaulukossa esitetään materiaalien olennaisimmat eroavaisuudet ominaisuuksien, luokitusten ja käyttömahdollisuuksien osalta. Materiaaleista on tuotettu myös kustannusvertailu opinnäytetyön tilaajayrityksen käyttöön, mutta sitä ei julkaisuta opinnäytetyön yhteydessä.

7.1 Ominaisuuksien vertailu

Maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden selkeimmät eroavaisuudet löytyvät materiaalien koostumuksista ja ominaisuuksista. Koostumukseen ja ominaisuuksiin vaikuttaa oleellisesti materiaalien ainesosat ja niiden suhteutus toisiinsa, sekä erityisesti valmistuksessa käytettävän veden määrä. Koostumuksiltaan maakostea betoni ja pumpattavat lattiatasoitteet ovat kaksi ääripäätä. Maakostea betonin koostumus on melko kuiva ja irtonainen, kun taas plaanojen koostumus on todella vetinen ja helposti leviävä.

Maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden koostumuksien erot johtuvat osain-
aineiden suhteutuksesta ja valmistuksessa käytettävän veden määrästä. Maakostean
betonin kokonaisvesimäärä on noin 80–130 L/m³, kun taas plaanojen kokonaisvesimäärä on
noin 310–350 L/m³. Ero kokonaisvesimäärissä, ja lopulta kuivumisessa vapautuvassa
kosteudessa on merkittävä. Esimerkiksi suuren asuntokohteen lämpölattioiden
kokonaisneliömäärän ollessa 5000 m², ja pintavalun suunnitellun kerrospaksuuden ollessa 50
mm, pintavalumateriaalin menekki on teoreettisesti 250 m³. Edellä mainitun esimerkin
mukaisesti maakostean betonin mukana kohteeseen pumpataan vettä keskimääräisesti
25 000 litraa, kun plaanon mukana vettä pumpataan noin 82 500 litraa, eli noin kolme kertaa
enemmän. Hieman yleistäen pumpattavan lattiatasoitteen tuoma kosteusrasitus
rakennukselle sisävalmistusvaiheessa on noin kolme kertaa suurempaa kuin maakostean
betonin vastaavassa rakenteessa. Molempien materiaalien tarkat kokonaisvesimäärät
vaihtelevat käytettävien tuotteiden, valmistajien ja valmistustapojen mukaan, joten yhtä ja
oikeaa erotusarvoa kokonaisvesimäärissä ja kosteusrasituksessa on mahdotonta määrittää
yleisellä tasolla.

Kokonaisvesimäärään liittyen maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden kuivumisajoissa on myös merkittäviä eroja. Erot kuivumisajoissa johtuvat materiaalien ainesosien, huokoisuuden ja kokonaisvesimäärien eroista. Maakosteassa betonissa on haihdutettavaa vettä keskimäärin noin kolme kertaa vähemmän kuin pumpattavissa lattiatasoitteissa. Maakostean betoni kuivuu noin 3,8–4,8 mm/vrk, kun taas lämpölattioissa käytettävät lattiatasoitteet kuivuvat noin 1,4 mm/vrk. Molempien materiaalien kuivumisajat vaihtelevat käytettävien tuotteiden, valmistajien, rakennepaksumuksien sekä erityisesti kuivumisolosuhteiden mukaan.

Maakostea betoni on virallisesti lujuusluokittematonta betonia, mutta lopullinen lujuus sijoittuu tasolle C15-C25. Pumpattavien lattiatasoitteiden lopullinen lujuus sijoittuu C16-C35 riippuen käytettävästä tuotteesta ja käyttökohteesta. Pumpattavat lattiatasoitteet ovat siis lähtökohtaisesti lujuusominaisuuksiltaan parempia kuin maakostea betoni. Pumpattavilla lattiatasoitteilla on mahdollista saavuttaa korkeampia lujuusluokkia, sekä toteuttaa lujuusluokiteltuja rakenteita.

Kutistuman ja mittatarkkuutensa puolesta maakostea betoni ja pumpattavat lattiatasoitteet ovat hyvin lähellä toisiaan. Molemmilla materiaaleilla voidaan toteuttaa kerralla mittatarkkoja ja suoria lattiarakenteita. Sementtipohjaisten pumpattavien lattiatasoitteiden kutistuma on pääsääntöisesti 0,3–0,5 mm/m, ja maakostean betonin kutistuma on noin 0,3 mm/m tarkasteltuna. Molemmat materiaalit ovat siis kutistuman puolesta soveltuvia erilaisten lattiarakenteiden toteutukseen. Maakostea betoni on altis käyritykselle kuivessaan alle 50 mm rakennepaksumuksissa, jos kuivumisolosuhteisiin tai laatan yläpinnan kuivumisen hidastamiseen ei kiinnitetä erityistä huomiota. Uivissa rakenteissa käytettävät lattiatasoitteet eivät käyrity kuivessaan, jos pintavalun kuivumisolosuhteet on varmistettu materiaalivalmistajien edellyttämällä tavalla.

Molempien materiaalien lämmönjohtavuus ja askelääneneristävyys on riittävällä tasolla lämpölattiarakenteiden toteutuksiin. Molempiin edellä mainittuihin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa tehokkaimmin rakenneratkaisulla ja lattiaeristeiden materiaalivalinnoilla. Molemmilla materiaaleilla on mahdollista toteuttaa toimiva lämpölattiarakenne askelääneneristykseen ja lämmönluovutuksen kannalta.

Ekologisuuden kannalta maakostea betoni on parempi vaihtoehto kuin tavallinen valmisbetoni tai pumpattavat lattiatasoitteet. Tuotteiden ekologisuutta arvioidessa tarkasteltavaksi tulee valmistus, kuljetus, valmistuksessa syntyvän jätteen määrä ja osa-aineiden määrät. Maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden valmistusprosessi, kuljetustavat sekä toteutukseen tarvittava kalusto ovat melko samankaltaiset. Merkittäviä eroja materiaalien ekologisuuteen tulee vain osa-aineiden menekkien kautta. Maakostean betonin valmistukseen kuluu noin 200 litraa vähemmän vettä kuutiota kohden. Maakostean betonin huokoisen koostumuksen takia myös muita osa-aineita kuluu valmistuksessa huomattavasti vähemmän kuin lattiatasoitteiden valmistuksessa. Osa-aineiden menekkien ja erityisesti veden menekin perusteella maakostea betoni on ekologisempi vaihtoehto kuin pumpattavat lattiatasoitteet.

7.2 Käyttömahdollisuuksien vertailu

Maakostealla betonilla ja pumpattavilla lattiatasoitteilla on osittain samat käyttökohteet, vaikka koostumukset ja ominaisuudet poikkeavatkin selvästi toisistaan. Tällä hetkellä asunto- ja toimitilarakentamisessa pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö on yleisempää, mutta maakostean betonin käyttö on lisääntymässä. Maakostea betoni on kuitenkin vielä suhteellisen uusi ja tuntematon rakennusmateriaali pintabetonilattioihin Suomessa.

Maakostean betonin heikkoutena on sen matala lopullinen lujuus, joka näkyy olennaisesti maakostean käyttömahdollisuuksissa. Maakostea betonia ei ole lujuusluokiteltu, eikä sen valmistukseen ole virallisia lujuusvaatimuksia valmistajalle (Suomen Betonilattiayhdistys Ry, 2016, s. 10). Maakostea betonia ei voi käyttää rakenteissa, joiden täytyy kestää kovaa kulutusta tai räsitusta. Pumpattavilla lattiatasoitteilla on mahdollista saavuttaa korkeampia lujuusluokkia kuin maakostealla betonilla. Maakostean betonin lopullinen lujuus sijoittuu tasolle C15-C25, kun taas pumpattavilla lattiatasoitteilla voidaan saavuttaa jopa C35 lujuusluokka. Pumpattavilla lattiatasoitteilla voidaan toteuttaa ohuita, mutta melko lujia rakennekerroksia. Pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö on mahdollista myös lattiarakenteissa, joissa on suhteellisen kovat räsitus- tai kulutuksenkestovaatimukset.

Luonnollisesti pumpattavilla lattiatasoitteilla voidaan myös tasoittaa ohuilla rakennekerroksilla erilaisia pintoja. Maakostealla betonilla on mahdollista toteuttaa 20–40

mm vahvuisia rakenteita, mutta niiden kuivumiseen ja käyrityksen ehkäisyyn on kiinnitettävä erityistä huomiota. Ohuissa rakennevahvuuksissa maakostea betoni on alttiimpi käyritykselle kuin pumpattavat lattiatasoitteet. Pumpattavilla lattiatasoitteilla voidaan toteuttaa reilusti ohuempia ja lujempia rakennekerroksia kuin maakostealla betonilla. Lämpölattioiden pintavalujen näkökulmasta ohuiden rakennevahvuuksien saavuttaminen on melko merkitykseltä. Lämpölattiarakenne eristeinen ja lattialämmitysputkistoineen asettaa pintavalun minimikerrosvahvuudeksi hyvin usein 40–50 mm.

Maakostea betoni ja pumpattavat lattiatasoitteet ovat koostumuksiltaan kaksi ääripäätä. Maakostean betonin koostumus on kuiva ja irtonainen, kun taas plaanojen koostumus on todella vetinen. Maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden erilaisten koostumuksien takia työstettävyydessä ja muokattavuudessa on eroja. Koostumuksensa takia maakostea betoni helposti muokattava materiaali, jonka takia se soveltuu paremmin esimerkiksi kaatolattioiden toteuttamiseen. Tietyillä lattiatasoitteilla on mahdollista toteuttaa myös kaatolattioita, mutta se vaatii usein muutoksia osa-aineiden suhteutukseen tai valumassan kuivumisen odottelua, jotta koostumus on sopiva pinnan muotoiluun.

Pumpattavien lattiatasoitteiden vetinen koostumus aiheuttaa sisävalmistusvaiheessa haasteita. Paljon vettä sisältävä lattiatasoite vapauttaa kuivuessaan suuren osan sisältämästään vedestä rakennuksen sisään, tai pahimmassa tapauksessa ympäröiviin rakenteisiin. Pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö edellyttää melko tehokkaan ilmanvaihdon tai kuivatuskaluston käyttöönottoa työmaalla. Maakostean betonin vähäisen kokonaisvesimäärän ja kuivan koostumuksen takia maakostea betoni vapauttaa kosteutta sisäilmaan noin kolme kertaa vähemmän kuin pumpattavat lattiatasoitteet. Näin ollen myös ilmanvaihdon ja kuivatuskaluston tarve on maakostean betonin toteutuksissa paljon pienempi. Maakostea betonia käytettäessä ei tarvitse myöskään huolehtia jo asennettujen rakenteiden vastaanottamasta kosteusrasituksesta tai mahdollisesta vaurioitumisesta, kuten esimerkiksi kipsilevyjen vaurioitumisesta. Maakostean betonin kuivan ja irtonaisen koostumuksen takia myöskään seiniä tai muita rakenteita ei tarvitse suojata valuroiskeilta samaan tapaan kuin plaanovaluissa.

Molemmat materiaalit ovat suhteellisen mittatarkkoja materiaaleja. Maakostealla betonilla ja pumpattavilla lattiatasoitteilla voidaan toteuttaa valmista asennusalausta yleisimmille

lattian pintamateriaaleille ilman oikomisista tai suurempia jälkitöitä. Maakostean betonin huokoisen ja kuivan koostumuksen takia valmis pinta on karkeampi kuin lattiatasoitteiden valmis pinta. Esimerkiksi märkätilojen kaatolattioissa maakostean betonin valmiin pinnan hionta tai tasoitus voi tulla tarpeeseen, sillä valmiin pinnan karkeus ja pienikin rosoisuus vaikuttaa olennaisesti vedeneristeiden menekkiin. Maakostean betonin valmiin pinnan karkeudella ei ole niin suurta merkitystä asuntokohteiden tasaisissa lattioissa, joissa päällysteenä on esimerkiksi laminaatti tai parketti.

7.3 Töiden vertailu

Maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden toteutuksissa on töiden osalta merkittäviä eroja. Lämpölattiarakenteiden näkökulmasta tarkasteltuna merkittävin ero töissä on pintavalun toteutusvaiheessa. Materiaalien valmistelemissä töissä on myös pieniä eroja.

Maakostean betonin irtonaisen ja kuivan koostumuksen takia valualueen rajaus maakosteaa käytettäessä voidaan tehdä merkittävästi kevyemmin verrattuna pumpattaviin lattiatasoitteisiin. Pumpattavat lattiatasoitteet voivat vetisen koostumuksen takia valua ja karata melko pienistäkin aukoista valustoppareissa. Maakostealla betonilla ei ole juurikaan painumaa, eikä se leviä painovoiman vaikutuksesta, kuten pumpattavat lattiatasoitteet. Myös maakosteaa betonia käytettäessä asennetaan usein valustoppareita, mutta niiden asennus ja tiivistys ei ole yhtä tarkkaa kuin pumpattavien lattiatasoitteiden valustoppareiden asennus. Pumpattavia lattiatasoitteita käytettäessä valualueen rajaukseen kuluu huomattavasti enemmän aikaa.

Maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden levityksessä on myös eroja. Pumpattavat lattiatasoitteet ovat yleisesti ottaen helposti- tai itsestään leviäviä, jolloin ne leviävät suurelta osin painovoiman vaikutuksesta. Maakosteaa betonia ei kuivan ja irtonaisen koostumuksensa takia leviä yhtä vaivattomasti, vaan levitys ja tiivistys tapahtuu käsin. Valmiin pinnan saavuttaminen vaatii huomattavasti vähemmän työtä pumpattavilla lattiatasoitteilla kuin maakostealla betonilla, ja tämä näkyy luonnollisesti myös työsaavutuksissa.

Maakostean betonin ja pumpattavien työsaavutuksissa on merkittävä ero. Lämpölattioiden pintavalun näkökulmasta tarkasteltuna maakostean betonin työsaavutus on 150–350 m²/tv (tasainen lattia), ja pumpattavien lattiatasoitteiden työsaavutus on 500–600 m²/tv. Karkeasti arvioiden pumpattavilla lattiatasoitteilla on siis teoriassa mahdollista pintavalaa noin puolet enemmän yhdessä työvuorossa. Erityisesti asuntorakentamisessa on haastavaa saada yli 500 m² lämpölattioiden pintavaluja samaan valukertaan muiden töiden yhteensovituksen ja tehokkaan tahdistamisen kannalta. Tavanomaiset lämpölattioiden pintavalujen valualueet ovat asuntorakentamisessa noin 200–500 m². Pumpattavien lattiatasoitteiden maksimaalista työsaavutusta on haastavaa hyödyntää täysin asuntorakentamisessa.

Asunto- ja toimitilarakentamisessa maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden kalusto on hyvin samankaltainen. Nykyaikaisin menetelmin molempien materiaalien valmistus tapahtuu työmaalla tarkasti, ja kokonaan tai osittain tietokoneohjatusti.

Molempien materiaalien valmistukseen on kehitetty pyörillä liikkuvat yksiköt, jotka toimivat samalla pumppaus- ja valmistusasemina, sekä runkoaineen säiliöinä. Kumpaa tahansa materiaalia käytettäessä työmaalta on varattava tilaa raskaille ajoneuvoille, sekä järjestettävä sähkön- ja/tai vedensyöttö pumppauskalustolle.

7.4 Kustannusvertailu

Maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden hinnat vaihtelevat reilusti urakoitsijoiden, toteutettavien rakenteiden, pumpattavien määrien ja mahdollisten sopimusten mukaan. Maakostean betonin ja pumpattavien lattiatasoitteiden hinnoittelu on tällä hetkellä hieman erilaista. Pumpattavat lattiatasoitteet hinnoitellaan usein pumpattavan kilomäärän mukaan, joissa pumpattava neliömäärä vaikuttaa kilohintaan alentavasti.

Tiettyjen kohteiden yksilöidyt hinnat voidaan antaa myös neliöhintoina kohteen rakennetyyppeihin eli rakennepaksuuksiin yksilöitynä. Maakostea betoni hinnoitellaan pääsääntöisesti neliöhinnoin, joissa rakennepaksuus vaikuttaa neliöhintaan.

Pumpattavien lattiatasoitteiden lopulliseen hintaan vaikuttaa todella paljon pumpattava neliömäärä. Kustannustarkastelun näkökulmasta pumpattavilla lattiatasoitteilla olisi siis järkevää toteuttaa ohuita rakennepaksuuksia, mutta neliömäärältään suuria alueita. Edellä mainitun kaltaisia ja kannattavia töitä olisi esimerkiksi kerrostalokohteen lattioiden

betonipintojen tasoitus. Pumpattavien lattiatasoitteiden hinta taas on kalleimmillaan paksuissa ja neliömäärältään pienissä alueissa.

Maakostean betonin hinnoittelu on hieman yksinkertaisempaa kuin pumpattavien lattiatasoitteiden. Maakostean betonin hinta määräytyy pumpattavan rakennepaksuuden, neliömäärän ja rakennetyypin mukaan, ja lopullinen laskennallinen hinta on neliöhinta. Kerralla pumpattavalla määrällä ei ole siis vaikutusta maakostean betonin neliöhintaan.

Erityisesti asuntorakentamisessa toteutettavissa lämpölattiarakenteissa on haastavaa saada samaan valukertaan riittävän suuria valualueita, jotta lattiatasoitteen hinta pienenee merkittävästi. Lämpölattiarakenteen takia myös rakennepaksuus kasvaa suhteellisen suureksi. Lämpölattiarakenteiden rakennepaksuuden ja kerralla valettavien alueiden neliömäärien takia pumpattavat lattiatasoitteet eivät ole kustannusten kannalta paras vaihtoehto lämpölattioiden pintavaluun asuntorakentamisessa.

Lämpölattioiden pintavalujen rakennepaksuus riippuu lämpölattian rakenneratkaisuista ja käytettävistä materiaaleista, mutta pintavalujen suunnitellut rakennepaksuudet ovat tyypillisesti 40–80 mm. Toteutuksessa pintavalun lopullisen paksuuden määrittää valettavan tilan valmiin pinnan korko. Pintavalu valetaan pinnoitusmateriaalin vaatimusten mukaan X mm valmiin pinnan alapuolelle. Alapuolisten rakenteiden mittatarkkuudesta riippuen pintavalun rakennepaksuus voi siis muuttua suunnitellusta. Pintavalun rakennepaksuuden kasvaminen vaikuttaa kustannuksiin. Pumpattavissa lattiatasoitteissa suunnitellusta rakenteesta yli menevä osa laskutetaan usein ylikilo -hinnoin, joka lisää merkittävästi loppulaskun summaa. Pintavalun rakennepaksuuden kasvaminen suunnittelusta ei vaikuta maakostean betonin toteutuksissa hintaan yhtä merkittävästi maakostean betonin hinnoittelun ollessa neliöpohjainen. Maakostean betonin neliöhintaan vaikuttava rakennepaksuus määritellään usein 20 mm tarkkuudella.

Suunnittelulla voidaan vaikuttaa paljon lämpölattioiden hintaan. Pumpattavilla lattiatasoitteilla voidaan toteuttaa reilusti ohuempia pintavaluja kuin maakostealla betonilla. Pumpattavilla lattiatasoitteilla olisi kustannusten kannalta järkevää pyrkiä mahdollisimman pieneen rakennepaksuuteen pintavalussa. Ohuen rakennepaksuuden saavuttaminen lämpölattiarakenteessa voi vaatia usein valmistajien tarjoamien lämpölattiakokonaisuuksien tai lämpölattiatuoteperheiden käyttöä. Ilman erityisten lämpölattiajärjestelmien tai

tuoteperheiden hyödyntämistä lämpölattioiden pintavalujen suunnitellut rakennepaksuudet ovat kuitenkin noin 40–80 mm paksuja, jolloin maakostean betonin käyttö voi olla kustannusten kannalta järkevämpää.

Yleisesti ottaen kustannusten kannalta pumpattavia lattiatasoitteita on kannattavaa suosia ohuissa rakennepaksuuksissa, mutta 50 mm tai sen yli menevissä lämpölattioiden pintavaluissa maakostean betonin käyttö tulee halvemmaksi kuin pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö. Maakostea betonia ei voida kuitenkaan käyttää kaikissa tiloissa heikkojen lujuusominaisuuksien vuoksi, joten lujuusluokiteltujen pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö voi olla perusteltua tai pakollista. Lämpölattioiden pintavalujen tyypillisten valualueiden, rakennepaksuuksien, alusrakenteen mahdollisten muutosten, sekä materiaalien hinnoittelutapojen takia maakostea betoni voi monissa kohteissa olla kustannuksiltaan halvempi vaihtoehto lämpölattioiden pintavaluihin kuin pumpattavat lattiatasoitteet.

8 Pohdinta ja johtopäätökset

Suomessa tällä hetkellä lämpölattioiden pintavaluissa käytetään eniten pumpattavia lattiatasoitteita. Pumpattavat lattiatasoitteet sisältävät todella paljon vettä, mikä aiheuttaa haasteita työmaalla. Lämpölattiarakenteiden pintavalujen pääsääntöisesti suuren kerrospaksuuden takia suurissa asuntokohteissa rakennukseen pumpataan tasoitteen mukana kymmeniä tuhansia litroja vettä, josta suuri osa vapautuu rakennuksen sisään valun kuivussa. Pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö vaatii aina työmaalta järeää tuuletus- tai kuivatuskalustoa, jotta kuivamisessa vapautunut kosteus saadaan poistettua rakennuksesta. Maakostea betoni voi olla tietyissä kohteissa yksi vaihtoehto edellä mainitun kosteusrasituksen pienentämiseksi.

Maakostean betonin julkisen tutkimustiedon vähäisyyden takia opinnäytetyö toteutettiin haastattelututkimuksena. Maakostean betoniin liittyviä aikaisempia opinnäyte-, insinööri- ja diplomitöitä, tai julkaisuja ja ohjeistuksia on saatavilla varsin vähän. Opinnäytetyön tutkimusosuuden aikana havaittiin myös paikkansapitämätöntä tai vanhentunutta tietoa maakostean betoniin liittyvissä aikaisemmissa julkaisuissa. Tällä hetkellä paras tietämys ja ammattitaito maakosteasta betonista rakennusmateriaalina on siihen erikoistuneilla

urakoitsijoilla. Maakostean betoniin erikoistuneet urakoitsijat ovat toteuttaneet, tutkineet ja jalostaneet materiaalia Suomessa noin 10 vuoden ajan. Suunnitteluun erikoistuneiden henkilöiden ja erityisesti urakoitsijoiden haastattelujen vastauksia on kuitenkin syytä arvioida ja tulkita kriittisesti. Haastatelluilla voi olla omia intressejä, jotka voivat vaikuttaa haastatteluvastauksiin. Kriittistä lukutaitoa on syytä soveltaa myös materiaalivalmistajien tai urakoitsijoiden tuottamien materiaaliesitteiden ja tuoteselosteiden tarkastelussa. Maakostean betonin ollessa suhteellisen uusi ja tuntematon rakennusmateriaali Suomessa haastatelluilla voi olla mahdollisesti myös vanhentuneita tai paikkansapitämättömiä käsityksiä materiaalin suhteen.

Maakostea betonia on käytetty lämpölattioiden pintavaluissa onnistuneesti. Maakostean betonin käyttö pintabetonilattioissa tai lämpölattioissa ei ole kuitenkaan vakiintunut hyvistä ominaisuuksista ja kokemuksista huolimatta. Osittain syynä on varmasti se, että maakostea betoni ei ole yhtä tunnettu ja asemaltaan vakiintunut rakennusmateriaali kuin pumpattavat lattiatasoitteet. Suurella osalla pumpattavista lattiatasoitteista on CE-merkintä ja käyttöön/suunnitteluun tarvittavat standardit, joita maakostealla betonilla ei ole. CE-merkinnän puuttuminen ja standardien vähäisyys nostavat merkittävästi maakostean betonin käyttö- ja suunnittelukynnystä. Uuteen ja yleisesti melko tuntemattomaan toteutustapaan/rakennusmateriaaliin siirtyminen voi olla myös haastavaa, kun vanhakin toteutustapa/rakennusmateriaali on toimiva. Maakostean betonin käytön yleistyminen vaatisi tutkimusta Suomen betoniteollisuudelta ja käyttöön/valmistukseen erikoistuneilta urakoitsijoilta. Julkinen tutkimustieto, CE-merkintä sekä valmistuksen ja käytön mahdollinen standardisointi vakiinnuttaisi materiaalin asemaa, ja mahdollisesti alentaisi maakostean betonin käyttö- ja suunnittelukynnystä. Saksassa ja Italiassa maakostea betonia tai vastaavia vähän vettä sisältäviä betoneita on käytetty jo pidempään, ja niille on tuotettu omat valmistusta ja käyttöä ohjaavat standardit. Maakostean betonin laajempi tutkiminen, CE-merkintä ja mahdollinen standardisointi eivät ole mahdottomuuksia Suomessakaan.

Maakostean betonin käyttöä ja suosiota rajoittaa myös sen heikot lujuusominaisuudet. Raskaalta kuormitukselta, rasitukselta tai kulutuksenkestolta vaativissa tiloissa maakostean betonin käyttö ei ole mahdollista. Maakostean betonin käyttäminen vaatii kohteelta alhaisia tai olemattomia lujuusvaatimuksia. Näissä tapauksissa standardoitujen ja lujuusominaisuuksiltaan parempien pumpattavien lattiatasoitteiden käyttö on täysin

perusteltua ja osittain pakollista. Maakostean betonin rajoitetuista käyttömahdollisuuksista huolimatta, esimerkiksi asuntorakentamisessa lämpölattioiden pintavaluissa usein käytetään pumpattavia lattiatasoitteita, vaikka maakostean betoninkin käyttö olisi mahdollista.

Maakostea betonina suunnitellaan käytettäväksi tällä hetkellä todella vähän. Maakostean betonin käyttöön pintabetonilattioissa liittyy hyvin usein materiaalivaihto työmaan aloitteesta, jolle haetaan hyväksyntä kohteen rakennesuunnittelijoilta. Maakostean betonin suunnitellun käytön vähäisyyttä selittää standardien vähäisyys ja CE-merkinnän puuttuminen, alhaiset lujuusominaisuudet, sekä lujuusominaisuuksien varmentamisen vaikeus. Rakennesuunnittelijat eivät voi tällä hetkellä laskennallisesti varmentaa maakostean betonin lujuusominaisuuksia suunnitteluvaiheessa. Suunnittelun ja maakostean betonin käytön lisääntymisen kannalta maakostean CE-merkintä, standardointi ja vakioidut lujuusominaisuudet olisivat merkityksellisiä kehitysaskelia. Maakostean betonin käyttö vaatii myös toimenpiteitä jo kohteiden suunnitteluvaiheessa. Maakostealla betonilla voi olla haastavaa toteuttaa alle 50 mm vahvuisia lattiarakenteita. Lämpölattioiden pintavaluja ajatellen suunnittelussa tulee kiinnittää huomiota pintavalun riittävään rakennepaksuuteen, jotta rakenne voidaan toteuttaa maakostealla betonilla. Luonnollisesti myös maakostean betonin lujuusominaisuudet ja tilojen lujuusvaatimukset on huomioitava suunnittelussa. Jokaiseen tilaan maakostea betoni ei sovellu lattiabetonointiin tai lämpölattian pintavaluun.

Tietyt lämpölattiarakenteiden toteutuksen ominaispiirteet, kuten pintavalun rakennepaksaus ja tyyppilliset valualueet kerralla tekevät kustannusten kannalta maakosteasta betonista vartenotettavan vaihtoehdon pumpattaville lattiatasoitteille. Pumpattavat lattiatasoitteet ovat kalleimmillaan suurissa rakennepaksuuksissa ja kerralla valettavissa pienissä valualueissa. Lämpölattioiden pintavaluissa harvoin päästään valamaan yli 500 m² kerralla, jolloin tasoitteiden suurta työsaavutusta ei päästä hyödyntämään täysin. Samalla neliömäärältään pienet valualueet nostavat tasoitepumpauksen hintaa loppulaskuissa.

Maakostea betoni voi olla monissa kohteissa kustannusten kannalta parempi vaihtoehto lämpölattioiden pintavaluihin kuin pumpattavat lattiatasoitteet. Molempien materiaalien hinnat vaihtelevat reilusti valmistajien, urakoitsijoiden ja tarjousten mukaan.

Tämänhetkisten hinnoittelutapojen eroavaisuuksien takia lopullisen pintavalupaksuuden

muutokset suunnitellusta eivät vaikuta yhtä paljon maakostean betonin hintaan kuin ne vaikuttavat pumpattavien lattiatasoitteiden hintaan. Pintavalujen paksuudet voivat vaihdella alapuolisen rakenteen yläpinnan ja lattiarakenteen valmiin pinnan mukaan. Pintavalun todelliseen rakennepaksuuteen voi siis tulla muutoksia alapuolisten rakenteiden, kuten paikallavaletun betonivälipohjan yläpinnan koron mukaan. Toteutuskustannusten kannalta on lähtökohtaisesti varmempaa toteuttaa lämpölattian pintavalu maakostealla betonilla kuin pumpattavilla lattiatasoitteilla.

Lämpölattioiden pintavalujen suuren rakennepaksuuden takia kohteeseen valumassan mukana pumpattavan veden määrä on suuri valumateriaalista riippumatta. Maakostean betonin rakennukselle tuoma kosteusrasitus on kuitenkin noin kolme kertaa pienempää kuin pumpattavien lattiatasoitteiden tuoma kosteusrasitus. Osittain kokonaisvesimäärään liittyen maakostean betonin kuivumisaika on noin kolme kertaa lyhyempi kuin pumpattavan lattiatasoitteen vastaavassa rakenteessa. Kosteusrasituksen ja kuivumisaikojen kannalta maakostea betoni on erinomainen vaihtoehto pumpattaville lattiatasoitteille.

Maakosteaan betoniin liittyy tällä hetkellä melko paljon epävarmuutta rakennusmateriaalina. Suomessa maakostea betoni on suhteellisen uusi ja melko tuntematon rakennusmateriaali, joka jakaa mielipiteitä rakennusalan toimijoiden keskuudessa. Maakostean betonin ominaisuudet vaihtelevat valmistajien ja valmistusreseptien välillä, ja toteutusten lopputuloksissa voi olla eroavaisuuksia eri urakoitsijoiden tai työryhmien välillä. Tilaajayrityksen kannalta olisi kannattavaa tehdä malli- ja testikohteita, tai toteuttaa alkuun vain tietyjä soveltuvia tiloja/rakenteita maakostealla betonilla. Malli- tai testikohteiden avulla tilaajayritys voi minimoida riskin materiaalin käytön suhteen, ja varmistaa urakoitsijan suorituskyvyn sekä materiaalin soveltuvuuden käytettäväksi.

Maakosteassa betonissa ja pumpattavissa lattiatasoitteissa on molemmissa omat etunsa ja haasteensa. Pumpattavat lattiatasoitteet ovat monikäyttöisiä, kattavasti standardoituja ja osittain CE-merkittyjä toisin kuin maakostea betoni. Tietyissä kohteissa maakostea betoni soveltuu lämpölattioiden pintavaluun ominaisuuksiltaan ja kustannuksiltaan paremmin kuin pumpattavat lattiatasoitteet. Kohteen tai tilan ominaispiirteistä, vaatimuksista, suunnitteluratkaisuista ja urakoitsijasta riippuen tietyissä kohteissa pumpattavia

lattiatasoitteita voitaisiin korvata maakostealla betonilla. Kaikissa kohteissa tai tiloissa maakostean betonin käyttö ei ole mahdollista heikkojen lujuusominaisuuksien tai suunnitteluratkaisuiden takia. Tällä hetkellä Suomessa pumpattavia lattiatasoitteita käytetään myös tiloissa ja kohteissa, joissa maakostean betonin käyttö olisi mahdollista.

Lähteet

Bostik Oy. (2020). *1007 Base Fiber -tekninen tuotelehti*.

https://www.bostik.com/files/live/sites/shared_bostik/files/documents-brochures/Finland/Documents/TDS/bostik-fi-tds-1007-base-fiber-p0977.pdf

Ecofloor Finland Oy. (2018). *Ecofloor Bremat esittelyvideo*. [video]. Youtube.

<https://www.youtube.com/watch?v=m8L8nXrtokc>

Fescon Oy. (2023a). *Työmaaohje pumpattavat lattiaratkaisut*.

https://www.fescon.fi/Download/22908/fescon_tyomaaohje_pumpattavat%20lattiaratkaisut%202023.pdf

Fescon Oy. (2023b). *Flow FS -tuoteseloste*.

<https://www.fescon.fi/tuotteet/rakentaminen-ja-rakennusteollisuus/laastit-ja-betonit/lattiatasoitteet-ja-tarvikkeet/3154/flow-fs>

Fescon Oy. (2023c). *Lattialämmitystasoite LL 5500 -tuoteseloste*.

<https://www.fescon.fi/tuotteet/rakentaminen-ja-rakennusteollisuus/laastit-ja-betonit/lattiatasoitteet-ja-tarvikkeet/43/lattialammitystasoite-ll-5500>

Hacklin, I. (2021). *Plaanomenekin minimointi uudiskerrostaloissa*. [insinööriyö, Metropolia ammattikorkeakoulu]

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/493680/Hacklin_Ilpo.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Heikkinen yhtiöt Oy. (2018). *Maakostea betoni*.

https://www.heikkinen.fi/upload/Heikkinen_maakostea-betoni_2018.pdf

Husu, J. (2019). *Maakostean betonin kuivuminen, seuranta ja kuivumisen edesauttaminen työmaaolosuhteissa* [opinnäytetyö, Saimaan ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/168048/Husu_Joona.pdf?sequence=2&isAllowed=y

Kiilto Oy. (n.d). Pumpattavien lattiatasoitteiden säiliö- ja pumppuauto [kuva].

<https://www.kiilto.fi/rakentaminen/kangasalan-pumppauskeskus/>

Leppäsalo, M. (2020). *Lämpölattioiden ohjeistuksen kehittäminen* [opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/335353/Leppasalo_Miska.pdf?sequence=5

Nevanperä, I. (2017). *Pumpputasoitteiden toteutus uudisrakennuskohteessa* [opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/136090/Ilari_Nevanpera.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Nordberg, J. (2016). *Maakostean betonin käyttö betonilattioissa*. [opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/115233/Nordberg_Jussi.pdf;jsessionid=C38ECA7FD56769A84E5C5FBB896E16CC?sequence=1

RT 103010. (2018). *Maakostea betoni Ecofloor Finland Oy*. Rakennustieto Oy.

<https://kortistot-rakennustieto-fi.ezproxy.hamk.fi/resource/juha/content/24928#page=1>

Saint-Gobain Finland Oy. (2018a). *Comfort lämpölattia työohje*.

https://www.fi.weber/files/fi/2018-12/8-26%20Comfort_Lampolattia_tyohje.pdf

Saint-Gobain Finland Oy. (2018b). *Weber tasoitelattiat suunnitteluohje*.

<https://www.fi.weber/files/fi/2022-09/8-21-Weber-Tasoitelattiat-Suunnitteluohje.pdf>

Saint-Gobain Finland Oy. (2023). *Weber 130 core Comfort Plaano -tuotekortti*.

<https://www.fi.weber/lattiaratkaisut-ja-tuotteet/lattiatasoitteet/weber-130-core-comfort-plaano>

Skanska. (n.d.-a). *Skanska Suomessa. Skanska lyhyesti*. <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/skanska-lyhyesti/>

Skanska. (n.d.-b). *Skanska Suomessa. Historia*. <https://www.skanska.fi/tietoa-skanskasta/skanska-suomessa/historia/>

Suomen Betoniyhdistys r.y. (2014). *Betonilattiat 2014 by 45 / BLY 7*. BY-koulutus Oy.

Suomen Betonilattiyhdistys Ry. (2016). *Maakostean betonin käyttö mosaiikkibetonilattioissa BLY 18*. <http://www.bly.fi/File/BLY-18.pdf?878036>

Suomen Betonilattiyhdistys Ry. (2021). *Paikalla sekoitettava pumpattava maakostea betoni BLY 7- OHJE*. http://www.bly.fi/File/BLY-OHJE_7-2021_Paikalla_sekoitettava_pumpattava_makostea_betoni.pdf?817339

Tiihonen, M. (2010). *Pumpputasoitteet toimitilarakentamisessa*. [opinnäytetyö, Metropolia ammattikorkeakoulu].

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/21534/Pumpputasoitteet%20toimitilarakentamisessa.pdf?sequence=1>

Toivainen, J. (2017). *Lämpölattioiden vaikutus aikataulutukseen*. [opinnäytetyö, Seinäjoen ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/137064/Toivainen_Juuso.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Turtinen, T. (2021). *Maanvaraisen laatan plaano-rakenne pientalossa*. [opinnäytetyö, Oulun ammattikorkeakoulu].

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/497240/Turtinen_Timo.pdf?sequence=5

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796/2017.

<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170796>

Yksittäishaastattelut:

Maakostean betonin käyttöön erikoistunut urakoitsija 1. (20.4.2023)

Maakostean betonin käyttöön erikoistunut urakoitsija 2. (24.4.2023)

Erikoisasiantuntija, suunnittelutoimisto, diplomi-insinööri. (3.5.2023)

Tulosyksikön johtaja, suunnittelutoimisto, insinööri AMK. (4.5.2023)

Liite 1. Haastattelukysymykset, maakostean betonin käyttöön erikoistuneet urakoitsijat

Haastattelukysymykset

– Maakostean betonin käyttöön erikoistuneet urakoitsijat

Haastateltava:

1. Kokemus rakennusalalta
2. Kokemus maakosteasta betonista
3. Tehtävänimike tällä hetkellä

Maakostea betoni:

1. Onko maakostean betonin käyttö yleistymässä Suomessa?
2. Mitkä ovat maakostean betonin yleisimmät käyttökohteet Suomessa, ja onko yrityksillä tilastotietoa käyttökohteista ja määristä?
3. Mistä osa-aineista maakostea betoni koostuu, sekä mitä sementtilaattaa ja runkoainesta valmistuksessa käytetään?
4. Ovatko maakosteayksiköt syrjäyttäneet betonin käsin valmistamisen?
5. Onko yrityksellä tutkimustietoa maakostean betonin lopullisesta lujuudesta tai lujuuden kohottamisesta esimerkiksi lisäainein?
6. Mitkä ovat maakostean betonin minimi- ja maksimi rakennepaksuudet, ja mikä rajoittaa maakostean betonin rakennepaksuuksia?
7. Mitkä ovat maakostean betonin työsaavutukset eri rakennetyypeissä?
8. Onko maakostean betonin käyttö mahdollista lämpölattiarakenteessa, ja minkälainen rakenne olisi kokonaisuudessaan?
9. Mitä tulee ottaa huomioon maakostean betonin käytössä lämpölattiarakenteessa?
10. Onko maakostean betonin käyttömahdollisuuksia mahdollista laajentaa?

Liite 2. Haastattelukysymykset, rakennesuunnitteluun erikoistuneet henkilöt

Haastattelukysymykset

– Rakennesuunnitteluun erikoistuneet henkilöt

Haastateltava:

1. Kokemus rakennusalalta?
2. Kokemus rakennesuunnittelusta?
3. Kokemus maakosteasta betonista?
4. Tehtävänimike tällä hetkellä?
5. Koulutus?

Lämpölattiat ja maakosteaa betoni:

1. Minkälaisia rakenteita lämpölattiarakenteet ovat yleensä kokonaisuudessaan?
 2. Mitkä ovat lämpölattian rakennekerrosten (eriste ja pintavalu) tavanomaiset rakennepaksuudet, kun alustana on paikalla valettu betonivälipohja?
 3. Mitä vaatimuksia lämpölattiarakenne asettaa pintavalumateriaalille?
 4. Mitkä ovat lämpölattiarakenteen yleisimmät pintavalumassat, ja käytetäänkö pintavalumassana tällä hetkellä eniten pumpattavia lattiatasotteita?
 5. Onko lämpölattian pintavalussa mahdollista käyttää maakosteaa betonia, ja jos on, mitä se vaatii suunnittelulta?
 6. Mikä mahdollisesti rajoittaa/estää maakostean betonin käytön lämpölattian pintavalussa?
 7. Mitä tulee ottaa huomioon maakostean betonin käytössä lämpölattiarakenteen pintavalussa?
 8. Mitä eroja tai etuja maakostealla betonilla ja planoilla on lämpölattioiden pintavaluissa rakennesuunnittelun näkökulmasta?
 9. Lämpölattian esimerkkirakenne, kun alustana on paikalla valettu betonivälipohja, ja pintavalumateriaalina maakosteaa betoni?
 10. Mitä tulee ottaa huomioon maakostean betonin käytössä ja suunnittelussa?
-

Liite 3. Materiaalien vertailutaulukko

**Materiaalien vertailutaulukko (lämpölattian
pintavalut / rakennepaksuudet)**

	Maakostea Betoni	Pumpattavat lattiatasoitteet
Ominaisuudet		
Puristuslujuus (lujuusluokka)	C15 - C25	C16 - C30
Kokonaisvesimäärä l / m ³	n. 100	310-350
Sementin määrä kg / m ³	n. 200	n. 1700
Koostumus/notkeus	< S1	S3 - S4 (verrattavissa)
Kuivuminen mm / vrk	3.8 - 4.8	n. 1.4
Kutistuma mm / m	n. 0.3	0.3-0.5
Työt ja kalusto		
Valmistus	Työmaalla	Työmaalla
Valmistustapa	Liikkuva asema, (tietokone)	Liikkuva asema, (tietokone)
Työsaavutus (tasainen lattia) m ² / tv	150-350	500-600
Luokitukset tällä hetkellä		
CE-merkintä	Ei	Kyllä (riippuen tuotteesta)
Standardointi	Vähäisesti	Laajasti
M1-päästöluokitus	Kyllä (riippuen tuotteesta)	Kyllä (riippuen tuotteesta)
(Yllä olevan taulukon materiaaleja on vertailtu 40-80 mm rakennepaksuuksissa / taulukossa on vertailtu kyseisiin rakennepaksuuksiin soveltuvia tuotteita)		
Käyttömahdollisuudet (kaikki tuotteet)		
Lämpölattian pintavalu (50-80 mm)	Kyllä	Kyllä
Alle 20mm rakennekerrokset	Ei	Kyllä
Tasointi ja paikkaus	Ei	Kyllä
Toteutukset kelluvana	Kyllä	Kyllä
Toteutukset alustaan kiinnitettynä	Kyllä	Kyllä