

Lämpö- ja kosteudenhallinta

Työnaikaisen lämmitysjärjestelmän valinta

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2022

Toni-Kristian Linnanen

Tiivistelmä

Tekijä(t) Linnanen, Toni-Kristian	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 28	Valmistumisaika 2022
Työn nimi Lämpö- ja kosteudenhallinta Työnaikaisen lämmitysjärjestelmän valinta		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio (jos opinnäytetyöllä on toimeksiantaja) Jani Wessman, Työpäällikkö, Varte Lahti Oy		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla eri lämmitysjärjestelmiä, joilla lämmitetään rakennusta runko- ja sisätyövaiheessa. Työssä perehdytään kaukolämpö-, sähkö-, kaasu-, ja polttoöljylämmitysjärjestelmiin. Eri lämmitysjärjestelmistä on kerätty tietoa ja ominaisuuksia, joilla luodaan tarvittavat olosuhteet rakenteiden kuivumisen kannalta.</p> <p>Opinnäytetyössä tuotetaan Varte Lahti Oy:n käyttöön materiaalia, jonka avulla pystytään vertailemaan eri lämmitysjärjestelmien käytöstä syntyviä kustannuksia eri kokoluokan hankkeissa.</p> <p>Opinnäytetyön toteutuksessa on käytetty apuna rakennusalan kirjallisuutta, verkkolähteitä ja laitevalmistajien tuotekortteja.</p>		
Asiasanat lämmitysjärjestelmä, kosteudenhallinta, lämmitysenergia		

Abstract

Author(s) Linnanen, Toni-Kristian	Type of Publication Thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 28	
Title of Publication Heat and humidity management selection of heating of a building under construction		
Degree and field of study Engineer (UAS), Civil and Construction Engineering		
Name, title and organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Jani Wessman, Construction manager, Varte Lahti Oy		
Abstract <p>The purpose of the thesis is to compare different heating systems that heat a building during the frame and interior work phase. The work deals with district heating, electricity, gas and oil heating systems. Data and properties have been collected from different heating systems which create the necessary conditions for the drying of structures.</p> <p>In the thesis, material is produced for the use of Varte Lahti Oy, which makes it possible to compare the costs arising from the use of different heating systems in projects of different sizes.</p> <p>Literature, online sources and product cards of equipment manufactures have been used in the implementation of the thesis.</p>		
Keywords heating system, humidity management, heating energy		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Suunnittelun lähtökohdat	2
2.1	Työnaikainen lämmitys	2
2.2	Rakennuksen sisälämpötilan hallinta	2
2.3	Rakenteiden kuivatusolosuhteet	3
2.4	Lämmityksen, kuivatuksen ja suojauksen suunnittelu	5
2.5	Rakennusajankohdan vaikutus lämmitykseen ja kuivatuksen	6
3	Lämmitys ja kuivatus	8
3.1	Rakennustyömaan energiankulutus	8
3.2	Rakennuksen kuivatuksen ja lämmityksen tarve	8
3.3	Rakennuksen kuivatuksen ja lämmityksen tavoitteet	8
4	Lämmitysjärjestelmät	10
4.1	Yleistä.....	10
4.2	Kaukolämpö.....	10
4.3	Sähkölämmitys	12
4.4	Nestekaasulämmitys.....	13
4.4.1	Ominaisuudet	13
4.4.2	Nestekaasun säilytykseen liittyvät määräykset	13
4.5	Polttoöljylämmitys.....	14
5	Kohdelämmitysjärjestelmät	17
5.1	Infrakuivain	17
5.2	Levykuivain.....	17
5.3	Lämmityskaapelit.....	18
6	Rakennettavan kohteen lämmitystehon määrittäminen.....	20
7	Lämmityksen onnistumisen seuranta	22
7.1	Olosuhteiden ja rakenteiden kuivumisen seuranta	22
7.2	Mittausajankohta	24
8	Lämmitysjärjestelmien vertailu	25
9	Yhteenveto ja pohdinta	27
	Lähteet	28

Liitteet

Liite 1. Lämmitystehon laskentaesimerkki

1 Johdanto

Opinnäytetyö tehdään Varte Lahti Oy:n toimeksiannosta. Työn aiheena on lämpö- ja kosteudenhallinta: työnaikaisen lämmitysjärjestelmän valinta. Varte Lahti Oy on vuonna 2017 perustettu suomalainen rakennusalan perheyrittäjä. Varte keskittyy liiketoiminnassaan asuin-, toimitila- ja korjausrakentamiseen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on vertailla eri lämmitysjärjestelmiä, joilla runko- ja sisätyövaiheessa luodaan rakennukseen vaaditut olosuhteet lämpötilan ja rakenteiden kuivumisen kannalta. Työssä on kerätty tietoa eri lämmitysjärjestelmistä sekä niiden ominaisuuksista ja muita huomioitavia asioita. Lämmitysjärjestelmien vertailu keskittyy pääsääntöisesti asuin-kerrostalojen ja toimitilarakennusten vaatimiin lämmitystehon tuottoon. Lämmitystehon ollessa tiedossa voidaan valita oikeanlainen lämmitysjärjestelmä. Lämmitysjärjestelmiä vertaillaan tehontuoton ja ylläpitokustannuksien pohjalta.

Työssä perehdytään neljään käytetyimpään lämmitysjärjestelmään, joita ovat kaukolämpö-, sähkö-, kaasu- ja öljylämmitysjärjestelmä. Järjestelmät eroavat toisistaan ominaisuuksien, työläyden, kustannuksien ja energian kulutuksen perusteella. Työn tarkoituksena ei ole laittaa eri lämmitysjärjestelmiä paremmuusjärjestykseen, sillä jokaisella lämmittimellä on hyvät ja huonot puolensa.

Opinnäytetyössä käsitellään työnaikaisen lämmityksen suunnittelua ja millä keinoilla rakennuksen lämmitys saadaan toimivaksi. Lisäksi työhön on kerätty tietoa menetelmistä, joilla pystytään seuraamaan rakennuksen lämmityksen onnistumista ja miten rakenteiden kuivastusta pystytään tehostamaan kohdelämmittimien avulla.

2 Suunnittelun lähtökohdat

2.1 Työnaikainen lämmitys

Suomen eri vuodenaikojen sääolosuhteet vaihtelevat usein ja etenkin rakennettaessa talvi-aikaan tarvitaan työnaikaista lämmitystä, jotta rakennuksen sisälle saadaan aikaan tarvittavan korkea lämpötila aikaiseksi. Työnaikaista lämmitystä käytetään rakennuksen runko- ja sisätyövaiheessa siihen asti, kunnes rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä saadaan käyttöön ja pysytään sen avulla tuottamaan tarvittava lämpötila rakennuksessa. Rakennusta lämmitetään betonin lujittamiseksi, hyvien työolosuhteiden luomiseksi ja rakenteiden kuivattamiseksi. Rakennustyömaan kosteudenhallinta on osana hankkeen laadunhallintaa ja työsuoritusta, kun tavoitteena on toteuttaa hyvä ja vaatimustenmukainen rakennus. Rakennushankkeen kosteudenhallintaprosessin avulla pystytään varmistamaan kosteusteknisesti toimivan ja terveen rakennuksen toteutus. Kosteudenhallintaprosessin avulla hallitaan rakennuksen kosteusteknistä suunnittelua ja rakennusaikaisia kosteusrasituksia. Rakennusaikaisen kosteudenhallinnan keskeisinä tavoitteina ovat:

- rakennusmateriaalien ja tuotteiden kastumisen estäminen
- rakenteiden kuivumisen varmistaminen aiheuttamatta aikatauluviiveitä
- Minimoida rakennuksen kuivatuksen tarvetta

Rakennushankkeen olosuhteiden hallinnalla minimoidaan kosteusriskit rakennukselle sekä varmistetaan hankkeen toteutus suunnitelmien mukaisessa ajassa sääolosuhteista riippumatta. Olennaisena osana olosuhteiden hallintaa on oikein tehdyt suojaustoimenpiteet rakenteille. Työkohteen kunnollisella suojauksella luodaan tarvittavat olosuhteet työnaikaiselle lämmitykselle ja kuivatukselle. Rakentamisessa hyviä olosuhteita vaativia työvaiheita ovat muuraus-, rappaus-, maalaus-, tasoitus- ja betonointityöt. Rakennuksen työnaikaisen lämmityksen ollessa riittämätön, voi syntyä aikatauluviiveitä eri työvaiheissa, ylimääräisten kustannuksien syntymistä sekä rakenteiden ja rakennusmateriaalien kosteusvaurioitumista. Hyvillä työolosuhteilla edistetään laadukasta ja sujuvaa rakentamista.

2.2 Rakennuksen sisälämpötilan hallinta

Riittävän lämpimällä sisälämpötilalla varmistetaan betonin lujittuminen, rakenteiden kuivuminen sekä hyvät työskentelyolosuhteet. Liian korkea lämpötila tai ilmanvaihtuvuus lisää kuitenkin riskin rakenteiden vaurioitumiselle, kuten betonin halkeilulle. Lämmitysjärjestelmän tulee toimia myös työnajan ulkopuolisina aikoina. Lämmityksen toiminnan takaimiseksi voi työmaa järjestää lämmitysvartiointin tai tarkkailla eri tilojen lämpötilaa hälyttimien avulla. Hälyttimet seuraavat lämpötilojen muutoksia ja hälyttävät liian alhaisen

lämpötilan johdosta. Rakennuksen lämmitystä seuraamalla ja mittaamalla pystytään estämään haitallisten energiahukkien syntyminen. Toimiva lämmitys tarvitsee oikein tiivistetyn tilan, jolloin tuotettu lämpö ei karkaa ja kosteus pääsee poistumaan kuivatettavista tiloista. (Ratu S-1236 2021, 24.)

Lämmitysjärjestelmän sijoittamisessa on hyvä huomioida, että sen tuottama lämpö pääsee leviämään mahdollisimman laajalle alueelle rakennuksessa. Lämmitettävissä tiloissa tulee huomioida erityisesti kylmät kohdat, joita ovat esimerkiksi reuna-alueet. Kuivatettavien tilojen toimivuuden kannalta tilan tulee olla riittävän tiivis ja kosteuden poistumiselle on oltava toimiva reitti. Lämmitystä voidaan tehostaa rajaamalla lämmitettävä tila siihen soveltuvilla rakenteilla ja suojapeitteillä, jolloin lämmitys saadaan mahdollisimman tehokkaaksi. (Ratu S-1236 2021, 24.)

2.3 Rakenteiden kuivatusolosuhteet

Työmaan olosuhteet järjestetään siten, että rakenteiden kuivuminen on mahdollista. Rakenteiden kuivuminen vaatii riittävän kuivat ja lämpimät olosuhteet. Tiloissa, joissa kuivatusta tapahtuu, tulee järjestää riittävä tuuletus. Rakenteiden kuivumisnopeuteen vaikuttaa materiaalin kosteudensiirto-ominaisuudet, ilmansuhteellinen kosteus sekä lämpötila. Kosteiden rakenteiden pinnalta pystytään veden haihtumista nopeuttamaan lämmittämällä tilaa. Kuivumisen kannalta ilman suhteellisen kosteuden tulisi olla riittävän alhainen, jolloin se kykenee vastaanottamaan kosteutta. Ilman suhteellinen kosteus tulisi olla korkeintaan 50 % kuivatettavissa tiloissa. (Ratu S-1236 2021, 20)

Tehokas rakenteiden kuivuminen varmistetaan vaipan tiivistämisellä sekä lämmityksen käynnistämällä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Rakenteiden kuivumista pystytään tehostamaan rakenteita lämmittämällä, luomalla ilmanvirtauksia tiloihin ja alentamalla suhteellista kosteutta kuivatettavassa tilassa. Lämmityksen ollessa käynnissä pyritään lämmitettäviin tiloihin saada noin +20 C lämpötila sekä ilman suhteellinen kosteus alle 50 %, jolloin se pystyy vastaanottamaan kosteutta. (Ratu S-1236 2021, 21)

Rakennusmateriaalien kuivumiseen vaikuttaa niitä ympäröivän ilmankosteus, jolloin materiaali pyrkii kosteustasapainoon sitä ympäröivän kosteuden kanssa. Mikäli ympäröivä ilma on kuivempaa kuin materiaali, on tällöin materiaalin kuivuminen mahdollista. Kosteuden poistumista pystytään nopeuttamaan seuraavilla toimenpiteillä:

- ilmavirtauksia aiheuttamalla materiaalin ympärille, jolloin kosteus poistuu ilmavirran mukana rakenteesta

- rakennetta lämmittämällä, jolloin lämpötilan aiheuttama paine siirtää kosteuden pois rakenteesta
- rakennetta ympäröivän ilman lämpötilan nostamisella, jolloin ilma kykenee vastaanottamaan kosteutta tehokkaammin

Tiloissa, joissa kuivatusta tapahtuu, on ilman suhteellisen kosteuden riittävän alhaisena pitämiseen kaksi vaihtoehtoa:

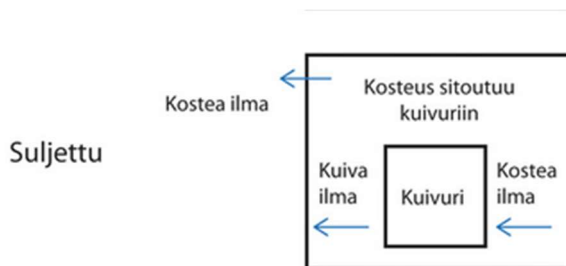
- Suljettu järjestelmä, jossa kuivatettavan tilan ilmasta poistetaan kosteutta ilman-kuivaajien avulla. Kuivatettavan tilan tulee tällöin olla mahdollisimman tiivis.
- Avoin järjestelmä, joka perustuu kuivatettavan tilan ilman lämmittämiseen ja sen vaihtamiseen absoluuttiselta kosteudeltaan pienempään ulkoilmaan.

(Rakentamisen kosteudenhallinta.)

Suljettu järjestelmä

Suljetun järjestelmän toimintaperiaate perustuu kuivatettavan tilan ilmankosteuden poistamiseen ilmankuivaajilla. Tilan tulee olla tiivis, jotta ulkoilmassa vallitsevaa kosteutta ei pääse kuivatettavaan tilaan. Lämpötilan tulee olla kuivatettavassa tilassa ilmankuivaajan käyttöohjeen mukainen, jolloin kuivatus onnistuu parhaiten. Ilmankuivaajat keräävät kosteutta vesisäiliöihin ja niiden tyhjentäminen tulee toteuttaa hallitusti. (Rakentamisen kosteudenhallinta.)

Ulkoilman suhteellisen kosteuden ollessa liian korkea eikä kuivatus onnistu avoimella järjestelmällä, joudutaan tällöin käyttämään suljettua järjestelmää. Kuivatettava tila tulee pysyä tiivistämään tarpeeksi hyvin ja rajaamaan muista tiloista. Suljetun järjestelmän käyttäminen kuivatukseen on tehokasta alkusyksyn ja kesän aikana, jolloin ilmassa on runsaasti kosteutta. Kuvassa 1 esitettynä suljetun järjestelmän toimintaperiaate.



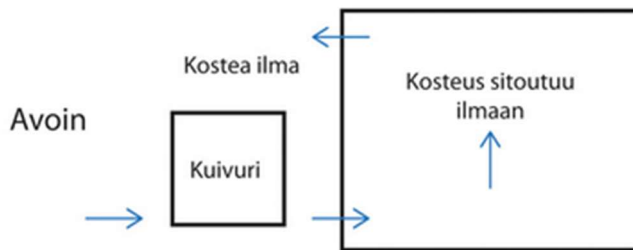
Kuva 1. Suljettu järjestelmä (Rakentamisen kosteudenhallinta.)

Avoin järjestelmä

Avoimen järjestelmän toimintaperiaate perustuu jatkuvan konvektion toteuttamiseen, jolloin kuivatettavan tilan ilmaa lämmitetään ja luodaan hallittu ilmanvaihto. Ilmanvaihto pystytään toteuttamaan luomalla rakennukseen pieniä aukkoja, joista ilma pääsee

vaihtumaan. Liian suurilla aukoilla, joita ovat esimerkiksi parvekeovet ja ikkuna-aukot tuotetaan liian suuri ilmanvaihtuvuus. (Rakentamisen kosteudenhallinta.)

Avointa järjestelmää voidaan käyttää tiloissa, joissa tilan ilman kierrättäminen on hankalaa tai ilma sisältää runsaasti epäpuhtauksia. Kylminä vuoden aikoina, jolloin ilman suhteellinen kosteus on matala, pystytään suljetulla järjestelmällä kuivattamaan tehokkaasti rakenteita. Kuvassa 2 esitettynä avoimen järjestelmän toimintaperiaate. (Rakentamisen kosteudenhallinta.)



Kuva 2. Avoin järjestelmä (Rakentamisen kosteudenhallinta)

2.4 Lämmityksen, kuivatuksen ja suojauksen suunnittelu

Alkutilanteessa, jolloin rakennusta ei ole vielä alettu lämmittämään, on rakennuksen sisäilmasto kostea sekä sisälämpötila on alhainen ja epätasainen paikoittain. Kylmien rakennesien pintaan on voinut tiivistyä kosteutta, joka tulee poistaa. Sisätilojen lämpötilaerot ja sen epätasaisesti jakautuminen jatkuu rakennushankeen edetessä. (Koskenvesa 1999, 703)

Rakennuksen pintarakennetyöt pystytään aloittamaan silloin, kun rakenteesta on poistunut ylimääräinen vesi ja rakenteet ovat riittävän kuivia. Kuivattamistarpeen ja kuivumisaikojen määrittely onkin laskennallisesti hyvin vaikeaa, sillä rakenteiden alkuolosuhteet ovat erilaiset eri vuoden aikoina. Tämän takia kuivatustarvetta ja kuivatuksen tehoa tulee mitata tapauskohtaisesti. (Koskenvesa 1999, 703)

Rakennuksen ilmanvaihdon mitoitus on tärkeä osa kuivatus- ja lämmitys prosessia. Liian suurella ilmanvaihdolla kulutetaan huomattava määrä lämmitysenergiaa, jonka takia sisätiloissa ei lämpötila pääse nousemaan riittävän korkeaksi. Peruseriaatteena toimivalle ilmanvaihdolle on mahdollisimman suuren kosteuden poisto pienellä lisäenergialla. (Koskenvesa 1999, 704)

Ennen kuin rakennusta aletaan lämmittämään ja kuivaamaan on hyvä noudattaa seuraavia periaatteita:

- Minimoidaan materiaalien haitalliset kosteusvauriot huolellisella suojaamisella.
- Ylimääräisen veden käyttö kaikissa työvaiheissa minimoidaan.
- Ennen kuin rakennuksessa aloitetaan työnaikainen lämmitys tulee varmistaa, että laitteiden tuottama lämpötila nousee ja pysyy rakennuksen sisällä.
- Pyritään saamaan rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä käyttöön mahdollisimman pian.
- Tilojen huolellinen putsaaminen irtolumesta ja vesilätäköiden poistaminen, ennen kuin tiloja aletaan lämmitämään.
- Rakennuksen sisällä olevia olosuhteita valvotaan ja mitataan, sekä tarvittaessa kosteutta poistetaan rakennuksesta ilmankuivaajien avulla.
- Mahdolliset muutokset ulkoisten olosuhteiden kannalta otetaan huomioon kuivatus- ja lämmityssuunnittelussa.
- Rakennuksen aukot, joita ovat ikkunat, ulko-ovet, parvekkeidenovet ja muut mahdolliset aukot suljetaan tiiviisti lämmityksen aikana.

(Koskenvesa 1999, 704)

Työnaikaisen lämmityksen tarkoituksena on luoda vaaditut olosuhteet työskentelyyn, tilojen ja rakenteiden kuivumisen kannalta. Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavia asioita ovat mm:

- järjestelmän tehokkuus ja luotettavuus
- käytöstä syntyvät kustannukset, huoltokustannukset ja energian tarve
- soveltuvuus työmaalle
- käyttö- ja huoltojärjestelyt.

Työnaikaisesta lämmitysjärjestelmästä pystytään luopumaan, kun rakennuksen lopullinen lämmitysjärjestelmä saadaan käyttöön. Lopullisen lämmitysjärjestelmän avulla saadaan lämpö leviämään tasaisesti rakennuksessa, sekä ylimääräisistä johdoista ja letkuista pystytään luopumaan. (Koskenvesa 1999, 705)

2.5 Rakennusajankohdan vaikutus lämmitykseen ja kuivatukseen

kesä ja alkusyksy

Ulkoilman sisältämä vesihöyrynpitoisuus on korkea kesällä ja alkusyksyllä, jonka takia ulkoilmaan ei pysty sitoutumaan kosteutta. Rakenteiden kuivuminen ei ole tällöin mahdollista pelkän tuuletuksen avulla. Rakenteiden kuivatuksen kannalta on edullisempi ratkaisu käyttää ilmankuivaajia, kuin lämmitää ja tuulettaa tiloja. (Ratu S-1236 2021, 21)

Ilmankuivaajilla pystytään sitomaan ilmasta kosteutta, joka edesauttaa rakenteiden kuivumisesta. Ilmankuivaajia käytettäessä tulee kuivatettavien tilojen olla tiiviitä, jotta ulkoilmasta ei pääse tilaan kertymään lisää kosteutta. Kuivatettavassa tilassa tulee olla ilmankuivaajan edellyttämä lämpötila, jotta rakenteiden kuivatuksen onnistuminen pystytään varmistamaan. (Ratu S-1236 2021, 21.)

Talvi

Rakenteiden, tilojen ja materiaalien kuivuminen saadaan onnistumaan talviolosuhteilla tilaa lämmittämällä, koska ulkoilman kosteussisältö on tällöin pienimmillään. Lämpötilan suuruudella pystytään sitomaan tilasta enemmän kosteutta. Kuivatettavan tilan lämpötilan nostamisella saadaan nopeutettua veden siirtymistä pois rakenteista sekä lämmitettävän tilan ilma lämpimänä, jolloin se pystyy vastaanottamaan kosteutta. Lämmitettävän tilan tulee kuitenkin olla tiivis. Tällöin kostea ilma ja lämpö ei tiivisty rakenteiden kylmiin pintoihin. (Ratu S-1236 2021, 21.)

Kevät ja loppusyksy

Tehokas tapa kuivattaa rakenteita keväällä ja loppusyksyllä on nostaa kuivatettavan tilan lämpötilaa sekä tehostaa ilmanvaihtoa. Tärkeä osa rakenteen kuivumisen varmistamisen kannalta on myös estää ylimääräisen veden pääsy rakennukseen ja rakenteisiin. Kosteus, joka pääsee tiivistymään, on kalliimpaa kuivattaa lämmittämällä, kuin tiivistymisen estäminen suojuuksilla. (Ratu S-1236 2021, 21.)

3 Lämmitys ja kuivatus

3.1 Rakennustyömaan energiankulutus

Rakennustyömaalla käytettävästä energiasta kuluu eniten rakennuksen lämmittämiseen. Tämän takia on hyvä optimoida juuri oikeanlainen lämmitysjärjestelmä hankkeelle. Kustannuksia ja energiaa pystytään säästämään sulkemalla rakennuksen aukot ennen kuin rakennusta aloitetaan lämmittämään. Ikkunat asennetaan mahdollisimman nopeasti paikoilleen, sekä oviaukkoihin asennetaan väliaikaiset ovet sulkimilla. (Teriö & Hämäläinen, 29)

Hankkeelle oikein optimoidulla lämmitysjärjestelmällä pystytään säästämään energiaa sekä aikaa. Lämmitysjärjestelmillä on eri ominaisuudet, jotka olisi hyvä tietää lämmitystä suunniteltaessa. Oikean lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttaa laitteiden saatavuus, energian hinta, kohteen tiedot ja järjestelmän käytöstä syntyvät kustannukset ja työtunnit (Teriö & Hämäläinen, 29)

3.2 Rakennuksen kuivatuksen ja lämmityksen tarve

Tiettyjen rakennusmateriaalien käytölle tai asennukselle on vaadittu olosuhteet, joihin vaikuttaa lämpötila ja kosteus, jotta pinnoille ja materiaaleille asetetut vaatimukset täyttyvät. Rakennuksen työnaikaisella lämmityksellä pyritään saamaan rakenteet ja olosuhteet niille vaadittujen olosuhteiden mukaisiksi. (Koskenvesa 1999, 702)

Rakennusmateriaaleilla on tietty lämpötila, jonka alitettua materiaaleja ei pystytä käyttämään. Betonointi-, maalaus- ja tasoitetyöt ovat herkkiä alustan ja työskentelytilan lämpötilan alahaisuuteen. Työalustan kosteudelle voidaan määrittää vaatimukset seuraavissa työvaiheissa laatoitus-, lattianpäällystys-, tasoite- ja maalaustöissä. (Koskenvesa 1999, 702)

Rakennusmateriaalien kosteuspitoisuuden sietokyvyn ylityttyä voi rakenteissa esiintyä home- ja laho-ongelmia. Ongelman kehittymiseen vaikuttaa lämpötila ja kosteus, sekä niiden vaikutusajasta ja materiaalista. Rakenteet, jotka on suunniteltu kuiviin olosuhteisiin eivät saa altistua pitkäaikaiselle kosteusrasitukselle. Rakentamisen aikana pitkäaikaisen kosteusrasituksen alaisuuteen joutunut rakenne vaurioituu. (Koskenvesa 1999, 703)

3.3 Rakennuksen kuivatuksen ja lämmityksen tavoitteet

Työnaikaisella lämmittämisen tavoitteena on saada rakennukseen sille sovitujen mukaiset olosuhteet. Lämmityksen lisäksi oleellisena osana tulee rakennuksen kuivattaminen. Kuivattamisella pyritään saamaan tiloista ja rakennusmateriaaleista ylimääräinen kosteus poistumaan. (Koskenvesa 1999, 703)

Rakennuksen rakenteiden lämmittämisellä ja kuivattamisella halutaan varmistaa seuraavat tavoitteet:

Varmistetaan

- Rakennuksen ympäristöolosuhteet ovat oikeanlaiset sisältäen lämpötilan ja suhteellisen kosteuden
- Rakenteiden alustaolosuhteet täyttävät niiltä vaaditut enimmäiskosteudet ja vähimmäislämpötilan

Lämpötilan hallinnalla luodut hyvät työskentelyolosuhteet

- Saada rakennukseen 10–20 C lämpötila
- Tarpeettoman tuuletuksen valvonta, jonka avulla minimoidaan energiahäviöt

Työmaalla materiaalien ja tarvikkeiden ohjeiden mukainen säilytys

- Materiaaleihin ja tarvikkeisiin ei saa syntyä kosteuden aiheuttamia haittoja
- Kosteudelle herkkien materiaalien (puut ja eristeet) erityistä valvontaa työmaalla

Estetään jäätymisestä aiheutuvat haitat

- Mahdollisten putkirikkojen syntyminen jäätymisen takia
- Materiaalien jäätyksen estäminen, joita ovat esimerkiksi liimat, maalit, eristeet

(Koskenvesa 1999, 703)

4 Lämmitysjärjestelmät

4.1 Yleistä

Yleisimmät työmaan lämmitysjärjestelmät ovat öljylämmitys, kaukolämpö, kaasulämmitys ja sähkölämmitys. Rakennustyömaan lämmitysjärjestelmää mitoittaessa lämmitysjärjestelmä valitaan mitoitettua lämmitystarvetta suuremmaksi. Lämmityslaitteiden tulisi olla helpposti käsiteltäviä sekä niiden käyttöönoton helppoa. Lämmittimien toimintaperiaatteet ovat seuraavanlaiset:

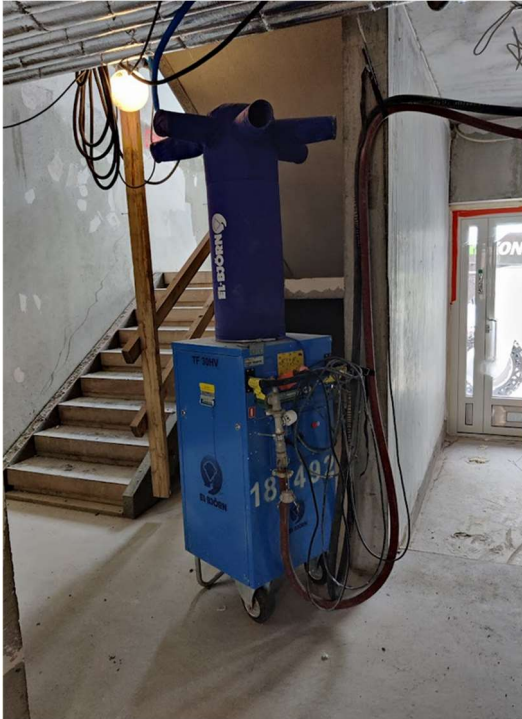
- sähkövastuslämmittimet
- infrapunalämmittimet
- kuumailmapuhaltimet
- Ilmankuivaajat ja höyrykattilat ja -kehittimet.

Siirrettäviä ilma- ja säteilylämmittämiä käytetään tilakohtaisessa lämmityksessä rakennusai- kana. Rakennuksen lopullisen lämmityksen käyttöönotto tapahtuu mahdollisimman pian. (Koskenvesa 1999, 704)

4.2 Kaukolämpö

Lämmitysjärjestelmänä kaukolämpö on työmaakohtainen, sillä se vaatii kaukolämpöliittymän. Kaukolämpö lämmitysjärjestelmän rakentaminen vaatii hieman enemmän aikaa verrattuna esimerkiksi sähkölämmitysjärjestelmään. Etuja kaukolämmityksellä on sen tasaisuus lämmöntuotossa ja Lämmön jakautuminen rakennuksessa on helpompaa. Kaukolämmön etuina nykyrakentamisessa on myös sen ekologisuus. (POLYGON.)

Kaukolämmöllä toimivia lämmitysjärjestelmiä käytetään usein runkovaiheen loppupuolella ja sisätyövaiheen alkupuolella siihen asti, kun rakennuksen oma lämmitysmuoto saadaan kytkettyä päälle. Kaukolämmöllä toimivat lämmittimet ovat pääsääntöisesti kiertovesipuhaltimia ja niiden toimintaan tarvitaan lämmönvaihdin tai erillinen lämmitysjärjestelmä. Kuvassa 3 esitettynä kiertovesipuhallin ja kuvassa 4 lämmönvaihdin. (Teriö & Hämäläinen, 49)



Kuva 3. 30 kW kiertovesipuhallin



Kuva 4. Siirrettävä lämmönvaihdin (HRK.)

Lämpöpuhaltimien maksimitehot ovat luokkaa 15 - 80kW. Kaukolämmöstä saatava veden lämpötila puhaltimille ei kuitenkaan riitä tuottamaan sen maksimitehoa, joten todellinen teho luku jää yleensä puoleen ilmoitetusta maksimitehosta. Rakenteiden kuivattamiseen tarvitaan rakennusvaiheessa suurempaa tehoa lämmityksen kannalta, kuin valmiissa rakennuksessa. Tämä edellyttää lisälämmitysjärjestelmän lisäämistä kaukolämmön rinnalle, jotta

tarvittavat kuivatusolosuhteet saadaan aikaiseksi. Lisälämmitysjärjestelminä voi toimia sähköiset lämpöpuhaltimet kaukolämmön rinnalla. Kaukolämmöllä toimiva lämmitysjärjestelmä on erittäin hyvä, kun sitä voidaan käyttää yhdessä rakennuksen lämmönjakelujärjestelmän kanssa. Kaukolämpö on energian hinnan kannalta edullisin lämmitysvaihtoehto. Tämä vaikuttaa lämmönjakohuoneen rakentamisen kiireyteen työmaalla. (Teriö & Hämäläinen, 49)

4.3 Sähkölämmitys

Sähköllä toimiva lämmitysjärjestelmä on järjestelmistä helpoiten toteutettavissa. Sähkölämmityksestä saadaan parhaimmat edut irti pienissä rakennuskohteissa sekä suuremmissa kohteissa lämmittimiä hyödynnetään kohdelämmittämisessä pääsääntöisen lämmitysjärjestelmän rinnalla. Kustannuksien kannalta sähkölämmitys ei ole tehokas laajemmissa kohteissa, sillä vaaditun lämmitystehon saamiseksi tarvitaan runsaasti lämmittimiä. Sähkölämmitys ei ole kustannustehokas valinta rakennuksen ensisijaisena lämmitysmuotona (Polygon.)

Lämpöpuhaltimet toimivat tehokkaasti pienien tilojen lämmityksessä. Puhaltimien etuina on niiden yksinkertaisuus, mutta energian kulutuksen kannalta laitteesta saatava teho jää pieneksi. Kiinteistön sähköliittymästä saatava maksimiteho rajoittaa sähköpuhaltimien käyttöä. Markkinoilla olevien sähkölämmittimien tehot ovat luokkaa 2 - 23kW. Kuvassa 5 on esitettyä 9 kW lämpöpuhallin. (Teriö & Hämäläinen, 34)



Kuva 5. 9 kW lämpöpuhallin (HRK.)

4.4 Nestekaasulämmitys

Nestekaasulämmitintä käyttäessä on hyvä tietää niiden toiminta-aika. Esimerkiksi kahta 30 kilowatin lämmitintä voidaan käyttää täydellä teholla kaksi vuorokautta, jos käytössä on 210 kilogramman nestekaasuastia. Kerrostalokohteissa käytetään alle 5000 kilogramman kaasusäiliöitä, sillä sen on edullisempi ratkaisu verrattuna astioihin ja pullo ryhmiin. (Teriö & Hämäläinen, 35)

Kaasulämmittimistä saadaan pienistäkin lämmittimistä ja säiliöistä hyvin lämmitystehoa aikaiseksi. Kaasulämmitystä käyttäessä syntyy lämmityksen aikana kuitenkin kosteutta, sekä järjestelmän ylläpito lisää työmäärää ja täten kustannuksia. Nestekaasua käytettäessä talviolosuhteissa tai kaasupullot ovat kylmissä olosuhteissa, jää pulloihin noin 30 % kaasusta käyttämättä. (Teriö & Hämäläinen, 35)

4.4.1 Ominaisuudet

Nestekaasulla toimivan lämmitysjärjestelmän valinnan kriteereitä ovat kaasun hinta, paloviranomaisten vaatimukset, liikuteltavuus, saatavilla olevat lämmitimet ja kaasusäiliöiden saatavuus. Mitä pienempi nestekaasuastia on käytössä, sitä suurempi hinta syntyy sen täyttämisestä verrattuna suurempiin astioihin. Suuremmissa astioissa hintaa nostaa niiden vuokraus ja perustamiskulut työmaalle. Vaihtoehtoisia nestekaasupullojen kokoja vuokraamoilla on 11 ja 33 kg irtopullot sekä markkinoilla on myös 190 ja 210 kilogramman nestekaasusäiliöitä, joiden avulla kaasun vaihtoväli pienenee ja täten saadaan säästöä työmäärässä ja kuljetuskuluissa. (Teriö & Hämäläinen, 35)

Kaasulämmitysjärjestelmien etuihin kuuluu niiden käytöstä syntyvä korkea hyötysuhde, sillä nestekaasun palaminen on puhdasta. Nestekaasulla toimiva lämmitin tuottaa 12,88 kWh energiaa yhdellä kilolla nestekaasua. Lisäksi nestekaasulämmittimien käyttö on ympäristöystävällistä, sekä palamisprosessin aikana syntyy pääsääntöisesti vesihöyryä sekä hiilidioksidia. (Ramirent.)

4.4.2 Nestekaasun säilytykseen liittyvät määräykset

Rakennustyömaalla säilytettäville palaville nesteille ja kaasuille tulee varata auringolta suojatut ja lukitut varastointitilat. Mikäli rakennustyömaalla säilytetään yli 100 litraa helposti syttyviä nesteitä esimerkiksi bensiiniä tai muita helposti palavia nesteitä, 200 litraa tai 200 kilogrammaa nestekaasua tulee varastointiin pyytää lupa paloviranomaisilta. Palaviksi nesteiksi luokitellaan nesteet, joiden syttymispiste on 50 astetta. (Leino & Pinomäki 2019, 29.)

Nestekaasun varastointiin liittyvät ohjeet:

- Kun työmaalla varastoidaan yli 200 kg nestekaasua, tulee tehdä ilmoitus asiasta kunnan paloviranomaisille. Säilytettävän nesteen määrän ylittäessä 5000 kg tulee tehdä ilmoitus Turvallisuus- ja kemikaalivirastoon Tukes.
- Varastoitavan nestekaasun määrän ollessa enintään 1000 kg, on varaston sijaittava vähintään 3 metrin etäisyydellä tontin rajasta, ulkopuolisesta rakennuksesta, liikenneväylästä tai paikasta johon kokoontuu ihmisiä.
- Kun varastoitavan nestekaasun määrä ylittää 1000 kg mutta on alle 5000 kg tulee etäisyyden olla 6 metriä.
- Nestekaasu varaston ollessa enintään 100 kg saa sen varastoida ulkoseinän vieressä, mutta ulkoseinän paloluokan tulee olla vähintään EI60. Poistumisteiden, aukkojen ja ikkunoiden etäisyys nestekaasuastioihin tulee olla vähintään yksi metri.
- Mikäli työmaalla on torninosturi tai jokin muu nostolaite, tulee kaasuvälikon sijaita nosturien siirtoreittien ulkopuolella.
- Varastot, joissa kaasua säilytetään, tulee olla myös riittävä alkusammutus kalusto saatavilla.

(Teriö & Hämäläinen, 29)

4.5 Polttoöljylämmitys

Toiminta periaatteena polttoöljylämmittimellä on kierrättää sisäilmaa ja samalla lämmittää sitä. Polttoöljyn palaessa syntyvät palokaasut johdetaan rakennuksesta ulos pakoputken avulla. Polttoöljyllä toimiva lämmitin soveltuu kokoluokaltaan suureen ja yhtenäiseen tilaan, joita ovat teollisuus- ja pysäköintihallit sekä toimisto- ja liiketilat. Lämmittimessä olevalla lämmönvaihtimella pystytään poistamaan palokaasut sekä vesihöyry, joita syntyy lämmittämistä käyttäessä. (Teriö & Hämäläinen, 42)

Polttoöljylämmityksen tuottamaa lämmitettyä ilmaa pystytään jakamaan eri alueille haaroitusputkien avulla. Haaroitusputkien asennus kuitenkin lisää työmäärää ja kustannuksia. Öljylämmitystä käyttäessä on suositeltavaa käyttää vesiletkuja lämmön siirtämiseen sekä huolehtia sopivan kokoisen termostaattilla varustellun puhaltimen käyttöä tilassa. Kevyen polttoöljyn energia sisältö on seuraavanlainen 10kW/l ja tiheys 0,8 kg/l. Yhdestä poltetusta polttoöljylitrasta syntyy 2,7 kiloa hiilidioksidia sekä 0,56 kilogrammaa vettä. (Teriö & Hämäläinen, 42)

Polttoöljylämmityksen käyttö pienissä ja keskisuurissa kohteissa

Polttoöljylämmitin on usein käytössä hallien ja toimistorakennuksien rungon rakentamisen aikana. Öljylämmittimestä saatava suuri puhallusteho soveltuu mainiosti laajoihin tiloihin. Suunniteltaessa polttoöljylämmittimien sijoittelua kohteessa on seuraavat asiat hyvä huomioida. Lämmityslaitteen imuilman tulisi olla lämmintä eli lämmittimen sijoittelu rakennuksen sisälle tai koneen ottoilman johtaminen putkien avulla lämpimään tilaan. (Teriö & Hämäläinen, 42–43)

Korkeissa kohteissa pystytään käyttämään eristettyä puhallusputkea lämmön siirtämiseen eri kerroksien välillä. Lämmittimen imuilma kannattaa ottaa ylemmistä kerroksista ja suunnata lämpimän ilman puhallin alempiin kerroksiin, jolloin pystytään tasoittamaan kerroksien lämpötilaeroja. (Teriö & Hämäläinen, 44)

Lämpökontit suurissa kohteissa

Lämpökonttien tehoja ovat 195–400kW. Lämmityksen hyötysuhde verrattuna energian käyttöön kasvaa käyttäessä lämmityskontteja. Lämpökonttien käytön kustannuksia lisäävät niiden huollettavuuden tarve pitkäaikaisessa lämmityksessä, sekä polttoöljynkulutus on suurta. Lämpökonttien puhallus tehot ovat luokkaa 13 000–18 000 kuutiota tunnissa sekä öljynkulutus 20–45 litraa tunnissa. Jotta lämpökonteista saadaan mahdollisimman hyvä lämmitysteho, tulisi imuilman ottaa tulla lämmitettävästä tilasta, jolloin koneeseen tuleva ilma on jo lämmintä. Imuilman ottaminen laitteeseen kylmästä ulkoilmasta laskee lämpökontista saatavan lämmityskapasiteettia ja järjestelmä kuluttaa enemmän energiaa. (Teriö & Hämäläinen, 44)

Lämpöyksikkö

Polttoaineena lämmitysyksiköt käyttävät kevytpolttoöljyä. Konttien kokoon vaikuttavat lämmönsiirtimien mallit, koot vaihtelevat 3–6 metrin välillä. Lämpöyksikön tehot vaihtelevat 200–800 kilowatin välillä. (Teriö & Hämäläinen, 45)

Heatmobil htl 250 Lämpöyksikkö, joka on esitettyä kuvassa 6. Laitteen tuottama lämmitysteho riittää lämmittämään 7000 m³ suuruisen tilan sekä laitteen termostaatti säätelee lämpötilaa ja annostelee polttoaineen kulutusta. Puhallusletkujen avulla pystytään laitteesta haaroittamaan lähdöt useampaan lämmitettävään tilaan, jolloin laitteesta saatava lämmitysteho saadaan jaettua rakennuksessa tasaisesti. Yksikköön kuuluu 195kW:n lämmitin ja polttoainesäiliön koko on 2000 litraa. Lämpöyksikön maksimi polttoaineen kulutus on noin luokkaa 20 litraa tunnissa, jolloin täydellä teholla ja 2000 litralla polttoainetta laitetta pystytään käyttämään yhtäjaksoisesti 100 tuntia eli hieman yli neljä työpäivää. (HRK.)



Kuva 6. Heatmobil HTL 250 lämpöyksikkö

5 Kohdelämmitysjärjestelmät

5.1 Infrakuivain

Infrakuivaimella rakenteiden kuivuminen saadaan aikaiseksi nostamalla rakenteen lämpötilaa. Lämpötilaa nostamalla rakenteessa vesihöyryn osapaine huokosissa kasvaa ja vesihöyry vapautuu ympäröivään ilmaan. Rakennetta lämmittämällä kohoaa myös huoneen lämpötila. Huoneen lämpötilan kohotessa lisääntyy myös huoneilman kosteudensitoutumis-kyky. Tilat, joissa kuivatus tapahtuu, on myös varmistettava riittävän tuuletuksen järjestämisestä. Riittävällä tuuletuksella pystytään poistamaan rakenteista vapautuvaa kosteutta. Kuvassa 7 on esitettyä infrakuivain. (Infraheat.)



Kuva 7. INFRAHEAT MAXI TK 400 infrakuivain (HRK.)

Infrakuivaimien tuottama kuivatustehoa pystytään säätämään nostamalla rakenteen lämpötilaa kuivatusprosessin aikana. Lämpötilaa säätäessä tulee kuitenkin huomioida liian korkean lämpötilan tuottamat ongelmat rakenteelle. Lämpötilan ollessa liian korkea voi betonirakenteeseen syntyä halkeamia. Ennen kuin uusia betonipintoja aletaan kuivattamaan, on muistettava, että betonin lujuus on riittävä korkea ja betonipinnat ovat jälkihoidettu oikein. (Infraheat.)

Infrakuivaimia pystytään myös käyttämään katto- ja seinärakenteiden kuivattamiseen. Laitteella pystytään kuivattamaan myös muitakin rakenne osia, jotka kestävät 50–60 celsiusasteen lämpötilan. (Infraheat)

5.2 Levykuivain

Ilmankiertolevykuivaimet ovat tehokas tapa kuivattaa betoni- ja kivirakenteita, joihin on syntynyt kosteusvaurioita tai vesivahinko. Levykuivaimia käytetään kuitenkin myös

uudisrakentamisessa, kun halutaan nopeuttaa kosteudenhallintaa ja rakenteiden kuivumista. Laite asetetaan kuivatettavan rakenteen päälle, jonka jälkeen laitteen tuottama lämpö ja voimakas ilmanvirtaus laitteen sisällä käynnistävät rakenteen energiatehokkaan kuivatusprosessin. Kuivaimien käyttökohteita ovat vesivahinkojen kuivattaminen, VOC-yhdisteiden poistaminen, suurien vesivahinkojen torjuminen useammalla laitteella, märkätilojen kuivatukseen ja kosteusvaurioiden torjumiseen. Kuvassa 8 on esitettyä Ilmakiertolevykuivain. (Strong.)



Kuva 8. Strong STR-600 ilmakiertolevykuivain (Strong.)

Kuivaimen toimintaperiaate on seuraavanlainen. Levykuivaimen rungon lämpövastukset tuottavat kuivatettavaa rakennetta lämmittävän lämpövaikutuksen. Laite lämmittää ilmaa, jonka jälkeen lämmin ilma vapautetaan laitteen alle. Lämmin ilma johdetaan pohjassa sijaitsevaa imupuhallinta kohti, jonka ansiosta laitteen alle syntyy kevyt alipaine. Alipaineen ansiosta syntyy kuivatettavan rakenteen pinnalle kuivaava ilmanvirtaus. (Strong.)

5.3 Lämmityskaapelit

Betonin lämmitykseen käytettäviä lämmityskaapeleita voidaan käyttää anturoissa, valujen reuna-alueissa, seinien alaosissa, ulokkeissa, lattioissa ja elementtien saumoissa. Lämmityskaapeleita on suoraan verkkovirtaanliitettäviä, joka on esitetty kuvassa 9. Verkkovirtaa käyttävien lämmityskaapeleiden teho on noin 40 W/m. Verkkovirta kaapeleiden lisäksi on olemassa muuntajakäyttöisiä lämmityskaapeleita, joiden lämmitys teho on luokkaa 100 W/m. Muuntajakäyttöisessä lämmityskaapelissa pystytään lämmitystehoa säätämään. Suu- rissa betonivaluissa muuntajakäyttöinen lämmityskaapeli on tehokas edullisen hinnan ja

lämmitystehon ansiosta. Betonin lämmitystarve vaikuttaa lämmityskaapeleiden valintaan. Betonin tyyppi, ulkolämpötila, rakenneosan paksuus ja suojaukset vaikuttavat lämmitystarpeeseen. (Teriö & Hämäläinen, 32)



Kuva 9. Lattiavaluun asennetut lämmityskaapelit

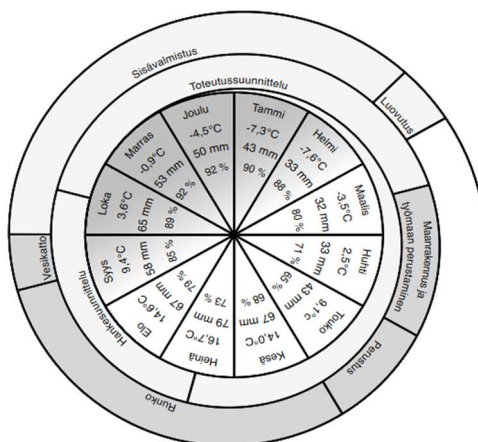
Energiätehokkuudeltaan lämmityskaapelit ovat tehokkaita valettavien rakenteiden lämmittämiseen. Lämmityskaapeleiden tuottama lämpö saadaan tuotettua suoraan betonin sisälle. Rakenteiden huolellinen suojaus on tärkeää, jotta lämmityskaapeleiden tuottama lämpö ei siirry rakenteesta pois ympäröivään ilmaan. (Teriö & Hämäläinen, 34)

6 Rakennettavan kohteen lämmitystehon määrittäminen

Rakennuksen lämmittämiseen tarvittavan energian määrään vaikuttaa rakennuksen lämmöneristeiden määrä sekä rakenteiden ilmanpitävyyden määrä. Lämmöneristettä on tavallisesti ulkoseinissä 200 millimetriä ja yläpohjissa 400 millimetriä puhallusvillaa. Tuuletettavat alapohjat eli rossipohjat eristetään kauttaaltaan. Rakennuksen ollessa eristetty kauttaaltaan sekä ikkunat ja ovet ovat asennettu tiiviisti, kuluu rakennuksen lämmittämiseen huomattavasti vähemmän energiaa. Rakennusvaiheessa onkin hyvä huomioida rakennuksen aukkojen väliaikainen suojaus mahdollisimman hyvin eristävällä menetelmällä, jolloin lämmitysenergia ei pääse karkaamaan. (Teriö & Hämäläinen, 25)

Työmaan runkovaiheen aikana ilmanvaihto ja mahdolliset ilmavuodot kuluttavat noin 40 % lämmitysenergiasta ja sisätyövaiheessa 60 %. Avainasemassa lämmitysenergian säästämiseen on rakenteiden tiiveyden varmistaminen hyvissä ajoin. Rakennuksen lämmitystehon arviolla pystytään valitsemaan hankkeelle sopiva lämmitysjärjestelmä. Lämmitystehon kuitenkin ollessa liian matala, kasvaa riski rakenteiden vaurioitumiselle sekä betonin lujuuden kehittymisen hidastumiselle. Liian suureksi mitoitettu lämmitysteholla saadaan aikaiseksi turhan suuren lämmitysjärjestelmän hankinta, jolloin myös kustannukset ovat suuremmat. Runkovaiheessa lämmitystehon määrittely tehdään usein erikseen, jolloin saadaan oikea lämmitysjärjestelmä. Lämmitystehon suuruutta laskettaessa huomioidaan vaiipan eristys, rakennuksen tilavuus, jossa lämmitys tapahtuu, sisä- ja ulkoilman lämpötilaero ja ilmanvaihto. (Teriö & Hämäläinen, 25)

Kuvassa 10 on esitettyä Jyväskylän eri kuukausien keskimääräiset sademäärät, keskimääräinen suhteellinen kosteus ja kuukausien keskilämpötilat. Kuvan avulla pystytään karkeasti arvioimaan olosuhteita eri vuoden aikoina, joita voidaan käyttää apuna tarvittavan lämmitystehon mitoituksessa rakennushankkeessa.



Kuva 10. Jyväskylän 1991–2020 vertailukauden ulkoilman olosuhdetiedot (Ratu S-1236.)

Runkoa lämmittäessä kuumailmalämmittimillä on tärkeä huomioida laitteen sijoittelun kanalta lämmönjakautumisen mahdollisuudet. Lämmitys tapahtuukin pääsääntöisesti alapuolelta, koska lämmön jakaantuminen alaspäin on vähäistä. Lämmön jakaantumista voidaan tehostaa lisäämällä lämmitysjärjestelmään haaroitusputkia, jonka avulla saadaan lämmintä ilmaa eri tiloihin. Lämmön jakautuminen on seuraavanlainen käytettäessä kuumailmapuhallinta:

- seinät 15–30 %
- alapohja 5–10 %
- ilmanvaihto 40–60 %
- ylä- ja välipohjat 15–30 %.

Sisätyövaiheen lämmitystehon määrittelyn apuna pystytään käyttämään rakennuksen suunniteltua liitântätehoa. Runkotyövaiheen jälkeen usein halutaankin rakennuksen oma lämmitysjärjestelmän toiminta kuntoon mahdollisimman pian, jolloin tätä voidaan käyttää rakennuksen lämmitykseen. Rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän ollessa käytössä pystytään työnaikaisesta lämmitysjärjestelmästä luopumaan kokonaan (Teriö & Hämäläinen, 25)

Rakennusta lämmittäessä on hyvä kiinnittää huomioita ilmanvaihtoon ja ilmapuotoihin, sillä ne kuluttavat tuotetusta lämmitysenergiasta jopa puolet runko- ja sisätyövaiheessa. Yksi Rankennushankkeen suunnittelukohteista on työnaikainen lämmitysjärjestelmä. Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttaa lämmitysteoarvio, jonka perusteella valitaan hankkeeseen lämmitysjärjestelmä. Lämmitystehon arviointi on tehtävä huolella, jotta lämmitysjärjestelmä ei ole liian pieni rakennukseen nähden. Liian pienellä lämmityksellä voidaan saada aikaan betonirakenteiden vaurioitumista, sekä kuivumisajat pitenevät. (Teriö & Hämäläinen, 50–51)

7 Lämmityksen onnistumisen seuranta

7.1 Olosuhteiden ja rakenteiden kuivumisen seuranta

Rakennuksen rakenteiden kuivumista ja olosuhteiden kehittymistä tulee seurata rakentamisen aikana. Rakennuksen sisällä vallitsevia olosuhteita pystytään seuraamaan kosteus- ja lämpötilamittauksin, jonka avulla saadaan tietoa olosuhteista. Olosuhteiden seurantaan on kehitetty jatkuvalla toiminnalla toimivia tiedonkeruulaitteita. Tiedonkeruulaitteita kutsutaan myös loggeriksi. Loggerit mittaavat tietyn väliajoin rakennuksen sisällä vallitsevan lämpötilan ja suhteellisen kosteuden. Tiedonkeruulaite tallentaa tulokset muistiin, jotka pystytään siirtämään tietokoneelle. Rakenteet ja tilat, joita rakennuksessa halutaan kuivattaa ovat hyviä paikkoja mittalaitteille. Mittalaitteiden ollessa kuivatettavassa tilassa saadaan tieto rakenteiden tarvittavan kuivatusolosuhteen olemassaolosta. (Merikallio 2005, 504.)

Rakennuksen sisäilmasta voi myös tehdä hetkellisiä suhteellisen kosteuden mittauksia. Tähän tarkoitukseen on kehitetty suhteellisen kosteuden mittalaitteita. Mittaustuloksien tarkkuutta ei pystytä takaamaan, sillä olosuhteet voivat vaihdella hyvin nopeasti sekä mittajaan ruumiin tuottama lämpö saattaa vääristää mittarista saatavia tuloksia. (Merikallio 2005, 504.)

Kosteusmittaukset tehdään pinnoitettaville tai päällystettäville betonirakenteille. Mittauksia voidaan tehdä myös, kun halutaan tietää tietyn rakenteen kuivatustarvetta rakentamisen aikana tai kosteusvaurion jälkeen. Mittauksia voidaan tehdä tarvittaessa muillekin rakenteille. Rakenteista tehtävien mittauksien mittapisteiden paikan etsimiseen voi apuna käyttää pintakosteusmittaria, joka on esitettyinä kuvassa 11. Pintakosteusmittarilla ei pystytä mittaamaan rakenteen todellista kosteutta tai pinnoitettavuutta. Pintakosteusilmaisimen toiminta perustuu rakenteen kosteuspitoisuuksien mittaukseen materiaalin sähköisistä ominaisuuksien perusteella. Ilmaisimella tehtyjen tuloksien tarkkuuteen vaikuttaa rakenteen materiaalien koostumus, teräkset, vesijohdot ja pintaosien vaihtelut. Rakenteesta tehtävät kosteusmittaukset tehdään yleisesti näytepalamenetelmällä tai porareikämittauksella. (Ratu S-1236 2021, 26)



Kuva 11. Pintakosteusmittari (Rakennusmaailma.)

Rakenteista, joista vaaditaan tarkkoja mittaustuloksia, käytetään pääsääntöisesti porareikämittaria, joka on esitetty kuvassa 12 tai näytepalamittausta. Edellä mainituista mittausten menetelmistä näytepalamittausta pidetään tuloksien kannalta tarkempaan mittaumenetelmänä. Kun rakenteesta halutaan rakenneyksityiskohdan seuranta, voidaan käyttää jatkuvatoimista seurantamittausta. Rakenteisiin, joissa käytetään seurantamittausta, tulee mittalaite asentaa pysyvästi betonivaluun. Mittalaitteiden valmistajat ilmoittavat laitteen mittatarkkuuden sekä niiden soveltuvuuden eri käyttökohteisiin sekä mittapään asennustavan betonin sisälle. (Ratu S-1236 2021, 26)



Kuva 12. Betonin rakennekosteusmittari

7.2 Mittausajankohta

Rakenteiden kosteuspitoisuuden mittauksia ei kannata aloittaa, jos tiedetään rakenteen olevan selvästi märkä. Mittauksien aloitusajankohtaa helpottaa rakenteiden kuivumisaika-arviot, joiden avulla voidaan aloittaa mittaukset. Liian kostea sisäilmasto aiheuttaa vaikeuksia mittauslaitteille, jolloin mittapäiden kalibroinnit saattavat kärsiä. Nämä olosuhteet syntyvät, kun suhteellinen kosteus on yli 95 %. Kun rakennuksen vaippa ja lämmitys on saatu päälle, voidaan olosuhteiden seurannan mittaukset aloittaa. Rakenteista tehtävien seuranta-mittauksien tarkoituksena on saada tietoa rakenteen kuivumisesta. (Ratu S-1236 2021, 27)

8 Lämmitysjärjestelmien vertailu

Lämmitysjärjestelmien vertailuun vaikuttaa niiden käytöstä ja ylläpidosta syntyvät kustannukset. Kustannuksia syntyy laitteistojen vuokra hinnoista, kuljetuksista työmaalle, lämmitysjärjestelmien ylläpidosta syntyvät kustannukset, huollot ja energian hinta. Vertaillen eri lämmitysjärjestelmien käyttöönotosta syntyviä kustannuksia voidaan todeta sähkökäyttöisen lämmityksen olevan vähiten työläin, kun taas kaukolämmöllä toimivan lämmityksen käyttökuntoon laittaminen vie huomattavasti enemmän aikaa.

Sähkölämmityksen etuihin kuuluu sen toimintavarmuus ja helppokäyttöisyys. Lämmitysmuoto soveltuu hyvin pieniin kohteisiin. Sähkölämmitin onkin pienissä kohteissa edullinen lämmitysmuoto, sillä energian hinta on kilpailukykyinen ja laitteiston asennuksesta ja ylläpidosta syntyvä työmäärä on vähäistä. Rakennushankkeen ollessa suuri rajoittaa työmaan tai kiinteistön sähköliittymän koko sähkölämmittimien käyttöä. Suurimmissa kohteissa käytetäänkin sähkölämmitystä toisen lämmitysjärjestelmän rinnalla.

Öljy- ja kaasulämmityksen erot ovat energianhinnan ja tarvittavan työmäärän osalta pieniä. Kaasulämmitykseen verrattuna öljylämmityksellä saavutetaan pidempi toiminta-aika. Pienissä tiloissa tai kohteissa öljykäyttöinen lämmitysjärjestelmä ei ole kannattavaa käyttää asennuksen työläyden vuoksi. Pienissä tiloissa sähkölämmitys soveltuu mainiosti. Rakennuksen ollessa monimuotoinen ja lämmitettäviä huoneita on paljon, on tällöin öljylämmityksen lämmön jakaminen työlämpää ja kasvattaa kustannuksia. Polttoöljyn palaessa syntyy haitallisia palokaasuja, jotka tulee hyvällä ilmanvaihdoilla tai pakoputkella poistattaa rakennuksen sisältä. Polttoöljyn säilytyksen riskeihin kuuluu mahdollisten vuotojen aiheuttamat ympäristöhaitat, jos polttoöljyä pääsee vuotamaan maahan.

Nestekaasu käyttöisen lämmitysjärjestelmän käytön kustannuksia nostaa letkujen- ja polttoainesäiliöiden siirtelystä aiheuttama työmäärä. Nestekaasun palaessa syntyy myös kosteutta, joka on hyvä ottaa huomioon tiloissa, joita halutaan kuivattaa. Esimerkkinä 33 kiloa poltettua kaasua tuottaa 53 kiloa vesihöyryä. Vesihöyryn saa kuitenkin poistettua toimivalla tuuletuksella. Nestekaasupullojen säilyttäminen kylmissä olosuhteissa ei ole kannattavaa, sillä pulloihin jää tällöin 30 % kaasua käyttämättä. Kaasupulloja onkin hyvä säilyttää lämpimissä tiloissa, jotta niistä saadaan kaikki kaasu käytettyä. Verrattuna muihin lämmitysjärjestelmiin saadaan nestekaasulla hyvin lämmitystehoa aikaiseksi suhteellisen pienillä lämmittimillä. Turvallisuuden kannalta on hyvä tarkastaa lämmitysjärjestelmän kunto päivittäin, ettei mahdollisia kaasuvuotoja pääse syntymään. Syttymisraja nestekaasulla on hyvin pieni. Nestekaasu syttyy palamaan, kun sitä on ilmassa 2–10 %. Lisäksi yksi kilo nestekaasua pystyy laajentumaan kaasuuntuessa 530 litraksi. Kaasuvuodot voivatkin olla täten

räjähdyksvaarallisia ja haitallisia rakenteille ja ihmisille. Rakennuksen runkovaiheessa nestekaasulämmitysjärjestelmä on tehokas lämmitysmuoto.

Kaukolämpö on edullisin ratkaisu vertaillessa kustannuksia eri lämmitysjärjestelmien välillä. Kaukolämmön energian hinta on ollut viime vuosina työmaa lämmityksen edullisin vaihtoehto. Muihin lämmitysmuotoihin verrattuna on kaukolämmöllä toimiva lämmitysjärjestelmän toiminta kuntoon laittaminen työläin ja kustannuksien kannalta hintavin. Erityisen hyvä kaukolämpö on silloin, kun se voidaan asentaa rakennuksen omaan lämmönjakokeskukseen. Lämmitysjärjestelmän riskeihin kuuluu sen sisällä kiertävä kuuma vesi. Vuodon sattuessa on riski vesivahingolle sekä kuuman veden aiheuttamat palovammat ihmiselle.

9 Yhteenveto ja pohdinta

Rakennustyömaan työnaikaisella lämmityksellä on suuri merkitys rakenteiden kuivumisen kannalta. Työnaikaisen lämmityksen laiminlyönnillä pilataan rakenteiden tarvittava kuivausolosuhde, jonka seurauksena kuivuminen tavoitelukemiin voi aiheuttaa aikatauluviihteitä. Rakennustyömailla onkin hyvä ymmärtää rakennusfysiikkaa jonkin verran, jotta tiedetään hyvät ja haitalliset olosuhteet rakenteiden kuivumisen kannalta.

Rakenteiden ja tilojen lämmittämisen aloittamiselle tulee olla riittävät edellytykset, jotta lämmitysjärjestelmän tuottama lämpö saadaan pysymään rakennuksen sisällä. Työmaalla tulee huolellisesti suunnitella lämmityksen ja kuivatuksen edellyttämät toimet, joita ovat ulkovaipan aukkojen huolellinen suojaaminen sekä riittävän tuuletuksen järjestäminen kuivatettaviin tiloihin. Aukkojen suojaaminen mahdollisimman nopeasti esimerkiksi asentamalla ikkunat ja ulko-ovet varhaisessa vaiheessa runkotöiden yhteydessä, säästytään ylimääräisiltä kustannuksilta ja lämpöhäviöiltä.

Lämmitysjärjestelmiä vertaillen voidaan todeta, että eri energiamuodoilla toimivia lämmitysjärjestelmiä on laaja valikoima eri laitevalmistajilla ja vuokraamoilla. Oikein optimoidun lämmitysjärjestelmän valinta eri rakennushankkeelle on haastavaa, sillä eri lämmittimet toimivat hyvin tietyn tyyppisissä tiloissa ja kokoluokan rakennuksissa. Lämmityksen aloituksen yhteydessä onkin hyvä seurata lämmön siirtymistä eri tiloihin, jotta valittu lämmitin riittää lämmittämään tarpeeksi rakennetta. Lämmityksen onnistumisen seuranta voidaan toteuttaa kosteus- ja lämpötilamittareilla.

Lämmitysjärjestelmien hintaa laskiessa vaikuttaa kokonaissummaan vuokratkustannukset, laitteiston energiankulutus, energian sen hetkinen hinta ja järjestelmän toimintakuntoon laittamisen työkustannukset. Energian hinnat ovat vuonna 2022 nousseet ennätyskovaa vauhtia edellisvuosiin verrattuna, jonka takia eri lämmitysjärjestelmien käyttökulut myös kasvavat. Rakennushankkeelle oikein optimoidulla lämmitysjärjestelmällä pystytäänkin säästämään lämmityskuluissa.

Runkovaiheessa olevan rakennuksen tarvittavaa lämmitystehoa on vaikea arvioida, koska mahdollisia vuotokohtia voi olla rakenteiden liitoskohdissa, rakennuksen ulkovaipan kaikkia eristyksiä ei ole vielä asennettuna ja kaikkia aukkoja ei pystytä peittämään riittävän hyvin. Lämmitysjärjestelmä olisi hyvä tässä tilanteessa valita hieman tarvittua suuremmaksi, jolloin rakenteiden kuivuminen varmistetaan ja pystytään luomaan tarpeelliset sisäolosuhteet.

Lähteet

HRK. Heatmobil htl 250. Saatavissa. https://www.hrk.fi/wp-content/uploads/2021/05/HRK_Heatmobil_HTL250.pdf

Infraheat. Rakenteiden kuivaaja. Saatavissa. <https://www.infraheat.com/sateilylammittimet/rakenteiden-kuivaaja>

Koskenvesa, A. 1999. Talvirakentaminen. Helsinki: Rakennustieto Oy. Saatavissa: <https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK99s697.pdf>

Leino, A & Pinomäki, T. 2019. Rakennustyömaan aluesuunnittelu. Työturvallisuuskeskus, Rakennusalojen työalatoimikunta. Saatavissa. https://ttk.fi/files/6729/Rakennustyomaan_aluesuunnittelu_201901.pdf

Merikallio, T. 2005. Rakennustyömaan kosteudenhallinta. Rakennustieto Oy. Saatavissa. <https://tiedostot.rakennustieto.fi/rakentajain-kalenteri/RK050502.pdf>

Polygon. Lämmitys rakentamisen laadun parantaja. Saatavissa. <https://www.polygongroup.com/fi-FI/tietopankki/tietoa-olosuhdehallinnasta/lammitys-rakentamisen-laadun-parantajana/>

Rakentamisen kosteudenhallinta. Kuivatuksen suunnittelu ja toteutus. Saatavissa. <http://kosteudenhallinta.fi/index.php/fi/toimenpiteet/kuivatus/kuivatuksen-suunnittelu-ja-toteutus>

Ramirent. Kaasulämmitys kerrostalotyömaalla. Saatavissa. <https://www.ramirent.fi/referenssit/kaasulammitys-kerrostalotyomaalla>

Ratu S-1236 2021. Olosuhteiden Hallinta Rakentamisessa. Rakennustieto

Strong. STR-600 levykuivain. Saatavissa. <https://strong.fi/tuote/str-600-levykuivain/>

Teriö, O & Hämäläinen, J. 2017. Kestävä Rakentaminen. Opetushallitus.

Teriö, O & Hämäläinen, J. 2015. Rakentamisen energiatehokkuus ja olosuhdehallinta. Helsinki: Rakennustieto Oy

Lasketaan seuraavaksi sisäilman kastepistelämpötila, kun tiedetään sisällä vallitseva kosteuspitoisuus:

$$0,5 * 17,28 \text{ g/m}^3 = 8,64 \text{ g/m}^3$$

Saadun kosteuspitoisuuden avulla voidaan arvioida kastepistelämpötilan olevan n. 8,5 °C

Vastauksesta saadaan kastepistelämpötila, joka on 8,5 °C. Mikäli laskelma antaa tuloksen tiivistymisen mahdolliseen syntymiseen, tulee tällöin lisäeristää kohta johon tiivistymistä syntyy.

Seuraavaksi lasketaan johtumistehot kaavalla:

$$A * U\text{-arvo} * (t_s - t_u)$$

-Ikkuna	$9 \text{ m}^2 * 2,0 \text{ W/m}^2 * 25 \text{ °C} = 450 \text{ W}$
-ulkoseinä	$34 \text{ m}^2 * 0,28 \text{ W/m}^2 * 25 \text{ °C} = 238 \text{ W}$
-Ala- ja yläpohjat	$120 \text{ m}^2 * 2,7 \text{ W/m}^2 * 15 \text{ °C} = 4860 \text{ W}$
-Huoneiston välinen seinä	$40 \text{ m}^2 * 3,6 \text{ W/m}^2 * 15 \text{ °C} = 2160 \text{ W}$
-Ovi porraskäytävään	$3 \text{ m}^2 * 2,4 \text{ W/m}^2 * 15 \text{ °C} = 108 \text{ W}$
	$q_{j0} = 7816 \text{ W}$

Arvioidaan tarvittava ilmanvaihto sisällä olevan kosteuden tuoton perusteella. Betonin kosteuden tuotto on luokkaa 3–9 g/m² * h. Kosteuden tuotto on betonin kuivumisen alkutilanteessa suuri ja ajan myötä se pienenee. Valitaan kosteuden tuotoksi 8 g/m³ * h ja kuivatettavaa betonipintaa on 212 m². Kosteuden kokonaistuotto kuivatuksen alussa on 8 g/m² * 212 m² = 1696 g/h. Sisä- ja ulkoilman kosteuspitoisuuksien ero on 0,5 * 17,28 g/m³ – 0,87 * 3,33 g/m³ = 5,74 g/m³. Tarvittava ilmanvaihto lasketaan tällöin 1696 g/h / 5,74 g/m³ = 295 m³/h. Kuivatettavan asunnon tilavuudella pystytään laskemaan ilmavaihtuvuuden arvo, joka on 295 m³/h / 160m³ = 1,85 vaihtoa tunnissa.

Ilmanvaihdon vaatima lämmitysteho saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$q_i = 1,2 * (295 \text{ m}^3/\text{h} / 3600) * 25 \text{ °C} = 2,5 \text{ kW}$$

Kosteuden haihduttamisessa sitoutuva höyrystyslämpö on 0,68 kWh/kg vettä. Esimerkin vaatima haihduttamiseen tarvittava teho on tällöin 1,696 kg/h * 0,68 kWh/kg = 1,2 kW

Rakennuksen lopullinen lämmitysteho saadaan summaamalla edelliset lämmitystehot yhteen. Vaadittava lämmitysteho on tällöin 7,8 kW (johtuminen) + 2,5 kW (ilmanvaihto) + 1,2 kW (haihduttaminen) = 11,5 kW

Vaadittavat nimellistehot eri lämmittimillä:

-Sähköllä toimivan lämmittimen hyötysuhde on lähes 100 %, jolloin valitaan 12 kW lämmitin.

-Nestekaasulla toimivan lämmittimen hyötysuhde on noin 80 %, jolloin valitaan 15 kW lämmitin.

-Öljyllä toimivan lämmittimen hyötysuhde on noin 50 %, jolloin valitaan 23 kW lämmitin.

-Kaukolämmöllä toimivan lämmittimen hyötysuhde on noin 50 %, jolloin valitaan 23 kW lämmitin.