

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Rakennustuotanto
Janne Karvonen

Opinnäytetyö

**Työnaikaisten lämmitysjärjestelmien ominaisuuksien ja kustannusten
vertailu**

Työn ohjaaja
Työn teettäjä
Tampere 10/2009

DI Hannu Kauranen
Visura Oy, valvojana laskentapäällikkö Jouni Walden

Tekijä	Karvonen, Janne
Työn nimi	Työnaikaisten lämmitysjärjestelmien ominaisuuksien ja kustannusten vertailu
Sivumäärä	36 sivua
Valmistusaika	Lokakuu 2009
Työn ohjaaja	DI Hannu Kauranen
Työn teettäjä	Visura Oy, Jouni Walden

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön teettänyt yritys, Visura Oy, halusi selvittää, voisiko työnaikaisten lämmitysjärjestelmien suunnittelua helpottaa ennakkoon tutkimustyöllä, jossa käynnissä olevien työmaiden lämmitysjärjestelmistä kerätyillä tiedoilla kartoitettaisiin erityyppisten ratkaisujen kustannus- ja kulutusmenekkejä sekä ominaisuuksia. Tarkoituksena on, että jatkossa valinnat olisivat mutkattomampia tehdä ja esimerkiksi käsitys kustannuksista olisi tiedossa jo paljon ennen todellista tarvetta.

Runko- ja sisävalmistusvaiheen lämmittäminen tulisi aloittaa vasta, kun lämmön sisällä pysymiselle on olemassa edellytykset – kaikki ylimääräiset raot ja saumat on oltava tilkitty ja ikkunat sekä ovet paikoillaan. Muutoin on lähes tuloksetonta yrittääkään päästä ylimääräisestä rakennuskosteudesta eroon ja parantaa betonirakenteiden lujuuden kehittymistä.

Yleisimmin käytettyjä lämmitysjärjestelmätyyppejä on olemassa neljä kappaletta: sähkö-, nestekaasu-, öljy- ja kiertovesilämmitys. Järjestelmien paremmuudesta toisiinsa nähden ja soveltuvuudesta tiettyyn kohteeseen ei voi varauksetta sanoa juuri mitään, vaan asiaa on käsiteltävä aina tapauskohtaisesti riittävän perusteellisten tietojen valossa.

Opinnäytetyössä käytettiin esimerkkeinä neljää Visura Oy:n työmaata, joissa kussakin oli käytössä erilainen työnaikainen lämmitysjärjestelmä. Työmaat olivat erityyppisiä ja -kokoisia ja monen eri järjestelmän yhdistelmiäkin oli käytössä.

Lämmitysjärjestelmien käytöstä aiheutuneita kustannuksia tarkasteltiin aluksi kohdekohtaisesti menekkilaskelmin. Tämän jälkeen vertailulaskelmilla haettiin vaihtoehtoista lämmitysjärjestelmää, joka olisi teoriassa tehokkaampi ja edullisempi. Hintatiedot ovat osin peräisin Visura Oy:ltä sekä Hämeen Rakennuskonevuokraamosta, mutta kaikki energian yksikköhinnat on sidottu ”päivän hintoihin.”

Tutkimustulokset osoittavat, että säästöä voidaan saada aikaan toisella järjestelmällä, sillä se saattaakin soveltua paremmin kohteeseen. Järjestelmissä on eroja energiankulutuksissa yms, jolloin toinen järjestelmä saattaa olla tehokkaampi kuin toinen silti pienemmällä käytetyllä polttoainemäärällä. Laskelmista ja taulukoinneista käy ilmi, mistä kaikista osista kokonaishinta muodostuu. Näin voidaan esimerkiksi logistiikkaan liittyviä seikkoja tehostamalla mahdollisesti pienentää joitain kustannuseriä.

Avainsanat lämmitysjärjestelmät, puhallin, vertailulaskelmat, menekkilaskelmat

Writer	Karvonen, Janne
Thesis	The comparison of different heating systems features and their cost levels during various building phases
Pages	36 pages
Graduation time	October 2009
Thesis Supervisor	M. Sc. Hannu Kauranen
Co-operating Company	Visura Ltd

ABSTRACT

The company – Visura Ltd. – who ordered this research wanted to find out if planning and choosing heating systems for a building phase could be eased somehow. The purpose was to collect information from different kind of construction sites and analyze them. With the results discovered they can make better choices in the future.

This thesis accents the importance of the frame-building. Inside works cannot be started until the site is thoroughly ensured to keep the warm air inside. Without solid frame-structures operations to maintain certain temperature at the site are practically useless.

There are four most commonly used heating-system types: electric-, gas-, oil- and hot water-systems. The best system for each site has to be selected based on the site. Construction sites are different and their need for heating is always individual.

This thesis uses four constructions sites built by Visura Ltd. as an example. They all use a different kind of heating system. The sites were compared and their consumptions were measured. By calculations and comparing this thesis offers more economical and usable systems for each site.

With the information from the sites including cost levels and consumptions the calculations show that savings can be made by choosing a system wisely. With the help of those numbers it is possible to gain the target - making choosing easier and finding a way to save unnecessary costs.

Keywords heatingsystems, fan, comparison calculation, consumption calculation

Alkusanat

Työni tekemiseen Visura Oy:lle tarjoutui otollinen tilaisuus keväällä 2009, kun selvisi, että työpaikalla oli havaittu olevan tällaiselle tutkimustyölle tarvetta. Rakennustuotannon suuntautumisvaihtoehtoa opiskelevana en jättänyt mahdollisuutta käyttämättä, koska aihe on mitä parhain alaa ajatellen ja koskettaa suuresti rakennustyömaan arkea.

Kiitän lähimmäisiäni, etenkin puolisoani tuesta ja kannustuksesta sekä kaikkia työn lopussa mainittuja Visura Oy:n mestareita sekä laskentapäällikkö Jouni Waldenia, jotka auttoivat minua tietojenkeruuvaiheessa ja mahdollistivat työmaakäyntien onnistumisen. Kiitän myös Hämeen Rakennuskoneen teknistä johtajaa Ilpo Hämäläistä laiteopastuksesta ja ohjaavaa opettajaani DI Hannu Kaurasta opastuksesta matkan varrella.

Nokialla lokakuussa 2009

Janne Karvonen

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	6
1.1 Työn tausta.....	6
1.2 Työn tavoitteet.....	6
1.3 Työn rajaus.....	6
2 Lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa huomioitavia asioita.....	7
2.1 Miksi työnaikainen lämmitys on tärkeää?.....	7
2.2 Mitkä asiat vaikuttavat lämmitysjärjestelmän valintaan?.....	8
3 Runko- ja sisävalmistusvaiheen lämmitysjärjestelmät.....	10
3.1 Sähkölämmitys.....	10
3.1.1 Sähköpuhaltimet.....	10
3.1.2 Säteilijät.....	11
3.2 Nestekaasulämmitys.....	12
3.2.1 Nestekaasujärjestelmän pääosat.....	12
3.2.2 Nestekaasupuhallin.....	14
3.2.3 Nestekaasusäteilijä.....	14
3.3 Öljylämmitys.....	15
3.3.1 Öljykäyttöinen puhallin.....	15
3.3.2 Lämpökontti.....	16
3.3.3 Öljykäyttöinen lämpökeskus öljysäiliöllä.....	16
3.4 Kiertovesikäyttöiset lämpöpuhaltimet.....	17
4 Esimerkkikohteiden työnaikaiset lämmitysjärjestelmät.....	19
4.1 Tampereen Kauppaoppilaitos.....	19
4.2 Linnainmaan Prisma.....	21
4.3 Tursolan korttelikoulu Kangasalla.....	23
4.4 Nekalan Kotilinna 2.....	25
5 Lämmitysjärjestelmien kustannuksia.....	27
5.1 Menekkilaskelmia.....	27
5.2 Vertailulaskelmia.....	30
6 Päätelmät.....	33
6.1 Yleisiä näkökulmia.....	33
6.2 Omat kokemukset.....	35
Lähteet.....	36

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Opinnäytetyön teettäneellä, Pirkanmaan alueella vuodesta 1986 toimineella Visura Oy:llä, on takanaan paljon kokemusta hyvin erityyppisistä rakennushankkeista. Referenssejä on kertynyt niin saneerauskohteista kuin uudisrakennuksista monien eri tahojen tilaamina. Yritys on tehnyt paljon myös omaperustaisia asuntokohteita. Visura Oy on saanut Tampereen kaupungilta Hyvän rakentamisen -palkinnon Rudolf Steiner -koulun rakentamisesta vuonna 2007.

Huolimatta aiemmista kohteista karttuneista kokemuksista ja osaamisesta, Visura Oy:ssä haluttiin tutkia, voitaisiinko työnaikaisten lämmitysjärjestelmien valintaa helpottaa millään tapaa. Nykypäivänä energian hinta voi muuttua lyhyessä ajassa moninkertaisesti ja yleensä kalliimpaan suuntaan, joten on järkevää, että valitaan työmaalle työnaikainen lämmitysjärjestelmä pidemmälle aikavälille tarkasteltuna. Jos esimerkiksi työmaan kesto on lähempänä yhtä vuotta, mahtuu siihen kaksikin kautta, jolloin lämmitystoimenpiteitä tarvitaan mitä erilaisimpiin tarkoituksiin. Kun lämmitysjärjestelmän valinta on huolella suunniteltu ja päädytty kokonaisvaltaisesti edulliseen ja toimivaan vaihtoehtoon, säästetään tuntuvasti käyttökuluissa eikä väärissä asioissa, kuten työn laadussa, johon kaikella työmaalla tapahtuvalla toiminnalla on suorat vaikutuksensa.

1.2 Työn tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoitus on kartoittaa yleisimmin käytettyjä työmaiden työnaikaisia lämmitysvaihtoehtoja runko- ja sisävalmistusvaihetta varten, kertoa niiden ominaisuuksista sekä tarkastella eri järjestelmien soveltuvuutta ja kustannuksia erityyppisiin kohteisiin neljän esimerkkikohteen kautta: Tampereen Kauppaoppilaitos (peruskorjaus), Linnainmaan Prisma (laajennus), Tursolan korttelikoulu Kangasalla (uudisrakennus) ja Nekalan Kotilinna 2 – kerrostalot (uudisrakennus).

1.3 Työn rajaus

Opinnäytetyössä keskitytään tarkastelemaan ja vertailemaan esimerkkityömaille tehtyjen valintojen perusteella erilaisten lämmitysvaihtoehtojen soveltuvuutta runko- ja sisävalmistusvaiheeseen sekä niiden kustannuksia. Työssä käytettävät laitevuokrahinnat ovat Hämeen Rakennuskone -vuokraamon hintoja voimassaolevasta hinnastosta. Eri järjestelmissä käytetyn energian tai polttoaineen hinta puolestaan vastaa opinnäytetyön tekoajankohdan hintatasoa.

2 Lämmitysjärjestelmää suunniteltaessa huomioitavia asioita

2.1 Miksi työnaikainen lämmitys on tärkeää?

Yksi tärkeimmistä työnaikaisen lämmityksen perusteluista liittyy betonirakenteiden lujuuden kehittymiseen. Muotipurkulujuuden saavuttaminen vaatii tietyt olosuhteet, jotta se tapahtuisi hallitusti ja kokonaisuakataulullisesti suhteellisen hyvällä nopeudella muihin töihin verrattuna. Betonirakenteita on enemmän tai vähemmän kaikissa kohteissa, joten on tärkeää, että valutyöt onnistuvat aina mahdollisimman hyvin.

Työskentelylämpötilalla on todettu olevan mittavat vaikutukset töissä suoriutumiseen. Se, että talviaikana sisätilojen lämpötila saataisiin pysymään vähintään kymmenessä plusasteessa, helpottaa monessa suhteessa. Myös lämpötilan yhteys työviihtyvyyteen ja -tehokkuuteen on varsin selvä.

Toisaalta, keinoilla millä hyvänsä, mitä nopeammin ylimääräinen rakennuskosteus saadaan rakenteista pois, sitä nopeammin ovat pintatyöt mahdollisia. Tämä edellyttää ilman lämmitystä, mutta myös kuivaamista tilassa, jota lämmitetään. Ilman sopiva vaihtuvuus tehostaa kuivatusvaikutusta huomattavasti, koska ilmassa oleva kosteus saadaan siirrettyä ulkoilmaan, jossa siitä ei ole haittaa. Tähän tarpeeseen on myös kehitetty erilaisia kuivauslaitteita, joilla saadaan nopeutettua tätä toimintaa. (Björkholtz 1997)

Rakennusprosessi jakautuu useisiin vaiheisiin erilaisine työineen eli on mahdotonta hoitaa yhdellä lämmityskainolla kaikki tarpeet. Työmaan alusta luovutukseen asti perustarve on kuitenkin sama: pyritään mahdollisimman nopeasti saattamaan yksi työvaihe loppuun toisen alkamista varten. Periaatteessa kaiken lämmittämisen ja kuivattamisen tavoite on vain saattaa rakenteet ja olosuhteet sellaisiksi, että kaikki työvaiheet voidaan suorittaa suunnitelma-asiakirjojen vaatimusten mukaisissa olosuhteissa. Useimmissa pinnoitustöissä, kuten maalauksessa ja lattioiden päällystystöissä, on oltava hyvin tarkkoja tilassa vallitsevasta kosteudesta ja lämpötilasta. Kyseisiä töitä ei voida aloittaa ennen kuin tietyt raja-arvot on saavutettu. Ilman kosteus ja alustan kosteus on tarkasteltava erikseen omina kokonaisuuksinaan.

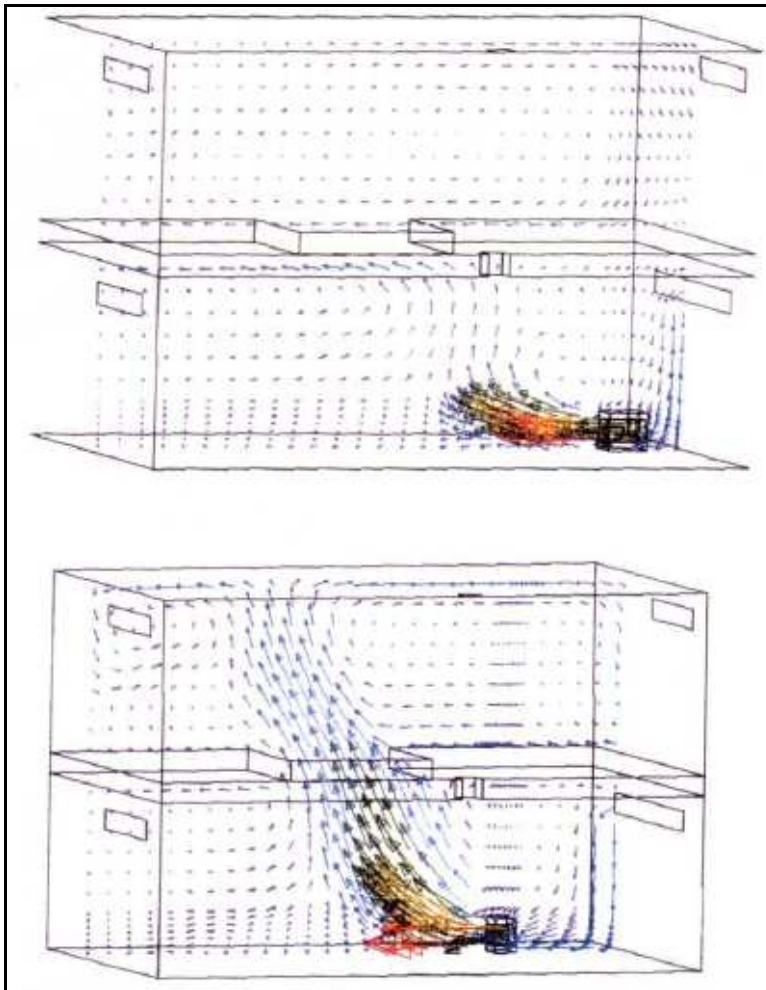
2.2 Mitkä asiat vaikuttavat lämmitysjärjestelmän valintaan?

Kun tuotannosuunnittelussa lämmitystyyppin valinnassa ja käytön suunnittelussa otetaan huomioon esimerkiksi seuraavia seikkoja, päädytään hyvin todennäköisesti onnistuneeseen lopputulokseen:

- Kuinka paljon on tilaa lämmitettävänä (laitteiden lämmitystehon suhteutus tarpeisiin)
- Onko koko lämmitettävä tila yhtenäistä tilaa vai onko tilassa osastoiteja (päästäänkö jo jotain osaa rakennuksesta lämmittämään aikaisemmin)
- Mikä on yleinen valmiusaste (ovatko edellytykset lämmön sisällä pysymiselle olemassa)
- Miten lämmittimiä on mahdollista sijoitella rakennuskohteessa
- Onko mahdollista soveltaa työnaikaiseen lämmitykseen rakennuksen tulevaa omaa lämmitysjärjestelmää esim. kaukolämpöä
- Energiamuotojen suunnitteluajankohdan hintataso. (Kone-Ratu 07-2-01/-02/-05.)

Ensimmäinen virhe, joka yleensä tehdään lämmitysjärjestelmän suunnittelussa on se, että suunnittelu aloitetaan halvinta vaihtoehtoa etsimällä. Tällöin ei oteta huomioon läheskään kaikkia edellä esitetyn listan oleellisia asioita. Valittu vaihtoehto voi osoittautua esim. lopulta kalliimmaksi kuin toinen vaihtoehto, joka olisi saattanutkin olla pitemmällä tähtäimellä helpommin käytettävä tai ylläpidettävä. Pienehkö tehojen ylitytys on aina parempi kuin alimittaus, koska järjestelmät eivät silloin ole toiminnassa koko ajan suorituskäytössä ääriarvoilla. Termostaattit säätelevät lämmitystehon optimiin ja pitävät kuormituksen ja kapasiteetin suhteen järkevänä (Hämäläinen 2009).

Yleisesti ottaen lämmitysjärjestelmän valinnassa ei pitäisi hätäillä. Ratkaisua on aina haettava tapauskohtaisesti ja asiaa tarkasteltava kokonaisuutena. Koska vaihtoehtoja on aina enemmän kuin yksi, kannattaa todella pohtia, mikä on kyseessä olevaan kohteeseen sopivin vaihtoehto. Alan asiantuntijat, laitevalmistajat ja rakennuskonevuokraamot ym. neuvovat varmasti tarvittaessa. Aiheesta on myös olemassa paljon suunnittelua ja mitoittamista helpottavia lähdetiedostoja, kuten esimerkiksi Kone-Ratu 07-3032 -ohjekortti, josta kuvion 1 periaatekuvakin on peräisin.



Kuvio 1: Lämmönlähteen suuntauksella ja sijainnilla on vaikutusta siihen, kuinka hyvin suunniteltu hyöty saadaan irti laitteistosta (Kone-Ratu 07-3032)

3 Runko- ja sisävalmistusvaiheen lämmitysjärjestelmät

Rakennustyömailla käytetään neljää erilaista lämmitysvaihtoehtoa sekä suurempien kokonaisuuksien että pienempien osakohteiden lämmittämiseen: sähkö-, nestekaasu-, öljy- ja kiertovesikäyttöisiä järjestelmiä. Jälkimmäiset kolme ovat löytäneet paikkansa kärkikolmikkoon suurempien kokonaisuuksien lämmityksessä - ensimmäisenä mainittu sähkö on vähemmän käytetty korkeampien energiakustannustensa takia, mutta helppokäyttöisyytensä vuoksi sitäkin suosittu pienempien kohteiden, kuten yksittäisten työpisteiden lämmityksessä.

3.1 Sähkölämmitys

3.1.1 Sähköpuhaltimet

Markkinoilla on olemassa monen eri valmistajan laitteita, mutta muutamat näistä ovat vakiinnuttaneet paikkansa laadukkaana ja tehokkaana puhaltimena moneen eri rakennuskonevuokraamoon. Toimintaperiaatteeltaan sähköpuhaltimet ovat varsin yksinkertaisia. Laitteessa on teholuokasta riippumatta muutama toiminnallisesti keskeinen osa: puhallinmoottori, lämmitysvastus sekä näitä osia ympäröivä kuori.

Sähköllä toimivat lämpöpuhaltimet soveltuvat sekä lämmitykseen että kuivatukseen. Puhaltimia on myös mahdollista käyttää pelkkään tuuletukseen ja sisäilman kierrättämiseen ilman, että niiden lämmitysvastukset ovat käytössä. Pitkä vaippapinta mahdollistaa pitkän heittopituuden, minkä ansiosta puhallin kierrättää huoneen ilmaa tehokkaasti ja puhallusvaikutus tuntuu muuallakin kuin laitteen välittömässä läheisyydessä. Käytännön kokemus on osoittanut, että muutama pienitehoinen lämmitin on parempi kuin yksi iso, sillä pyrkimys on välttää mahdollisia katvealueita ja saada lämpö jakautumaan tilassa tasaisemmin. (Polartherm Oy)



Kuvio 2: Remko Elkomat -sähköpuhaltimia (Polartherm Oy)

Valmistajasta riippumatta puhaltimia on olemassa kahdesta kilowatista aina 40 kW:n tehoisina. Lähes poikkeuksetta ne ovat varustettu termostaatilla ja ylikuumenemissuojalla, jolloin ne ovat varsin turvallisia. Laitteet ovat useimmiten myös roiskevesitiiviitä IP 34 -luokituksen mukaisesti. Huolimatta varojärjestelmistä ja turvallisuustekijöistä tulisi näidenkin lämmittimien käytössä muistaa, ettei niitä saa jättää päälle rakennustyömaille ilman valvontaa pitkiksi ajoiksi. Aina on kuitenkin varmistettava, etteivät ne voi peittyä pressuilla tai muilla esineillä sinä aikana, kun ketään ei ole paikalla. (Polartherm Oy)

Sähkölämmitystä suunniteltaessa on heti alussa mietittävä onko työmaan sähköpääkeskus ja pääsulake riittävän suuri ottamaan vastaan sähkölämmittimistä aiheutuvaa kuormitusta. Pienemmille puhaltimille, noin 2 kW:n tehoisille, riittää liitäntäjännitteeksi useimmiten 230 V. Tästä suuremmat vaativat yleisimmin 400 V:n jännitteen. Pääsääntö kuitenkin on, että sähkölämmitys valittaisiin ainoaksi lämmitysjärjestelmäksi vain alle 200 m²:n työmaille ja sitä isompiin kohteisiin valittaisiin jokin toinen järjestelmä. (Hämäläinen 2009)

Sähkölämmitys on yksi kalleimpia järjestelmiä käyttää, mutta toisaalta huoleton ja turvallinen eikä aiheuta käytössä pakokaasuja tai muita päästöjä paitsi sähkön tuotannossa syntyvät haitat.

3.1.2 Säteilijät

Säteilijöitä käytetään enemmänkin yksittäisen työkohteen lämmittämiseen tilapäisesti. Säteilylämmittimelle ominaista on, että se ei lämmitä huoneilmaa vaan kohdetta, johon se on suunnattu. Laitteen lämmitysteho perustuu infrapunasäteilyyn. Rakennustyömaille käytetyt säteilijät ovat tehoiltaan useimmiten kahdesta kilowatista 20 kilowattiin.

3.2 Nestekaasulämmitys

Nestekaasulämmitys on hyvin mukautuvainen vaihtoehto lämmitykseen. Samasta polttoainetankista lähtöisin olevaa energiaa voidaan käyttää myös sulatukseen, mutta tämän työn aiheen kannalta merkittävimpiä kohteita käytölle ovat isojen tilojen lämmitys kuumailmapuhaltimilla tai yksittäisten kohteiden lämmitys infrapunasäteilijöillä.

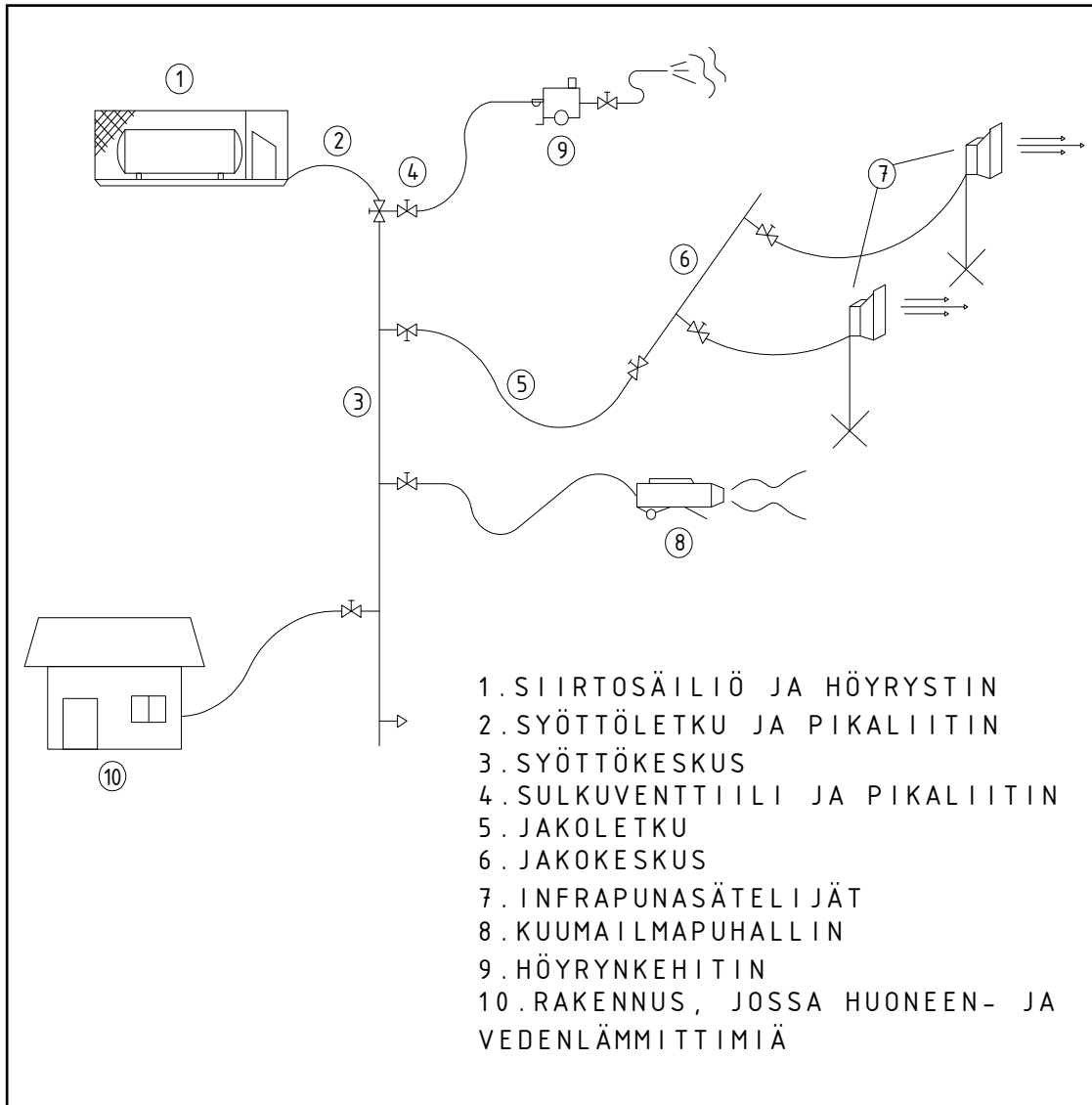
3.2.1 Nestekaasujärjestelmän pääosat

Nestekaasukäyttöinen lämmitysjärjestelmä on helposti muunneltava rakentajan eri tarpeita varten. Järjestelmä käsittää aina erilliset polttoainesäiliöt laitteita varten. Riippuen tarpeista voidaan valita joko isompi siirtosäiliö tai esimerkiksi neljän pullon pullopatteri. Siirtosäiliöt ovat edullinen ratkaisu, kun tarve on suurempi ja pitkäkestoisempi. Pullopatteri on kätevä silloin, kun laite liitetään lyhyellä letkulla suoraan kaasupulloon, mutta näistäkin voidaan letkuilla jakaa kaasua kauemmas työmaalle. Pullopatterit ovat helppoja vaihtaa täysin niiden tyhjennyttyä, koska patteri on suunniteltu niin, että sen voi nostaa kuormausnosturilla lavalle sellaisenaan.



Kuvio 3: Pulloteline, johon sopii 9 kpl 33 kg:n kaasupulloa

Nestekaasujärjestelmään on mahdollista liittää kuvion 4 mukaisia osia:



Kuvio 4: Periaatekuva nestekaasujärjestelmän kokoonpanosta

Nestekaasu on rakennuskäytössä suhteellisen tehokas: yhdestä nestekaasukilosta saadaan n. 13 kWh lämpöä. Järjestelmän perustaminen on helppoa letkujen ja liitosten ollessa pikakiinnitteisiä. Tällöin järjestelmän paikkaakin on helppo muuttaa, koska systeemin uudelleen perustaminen ei ole työlästä.

Nestekaasulämmitystä käytettäessä on huomioitava muutama seikka. Ensinnäkin, laitetta tulisi käyttää tilassa, joka on hyvin tuuletettu, jotta korvausilman saanti on moitteetonta. Toinen tärkeä asia koskee polttoaineen varastointia – työmaalla säilytettävästä yli 200 kg:sta helposti syttyvää polttoainetta tulee tehdä ilmoitus paloviranomaisille. Tämän määrän ylittävien määrien varastointi edellyttää erillistä säiliöiden tarkastusta sekä poikkeuslupaa. (Finlex - Valtion sääöstietopankki)

Nestekaasun käyttö viimeistelyvaiheen töissä ei kuitenkaan ole suotavaa, koska se voi värjätä pintoja ja erittää haitallisissa määrin kosteutta huoneilmaan (Hämäläinen 2009). Tällaisiin tilanteisiin on keksittävä siis jokin muu ratkaisu, esimerkiksi rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä on joissain tapauksissa mahdollista ottaa käyttöön. Kuitenkin vielä runkovaiheen lämmitykseen nestekaasu soveltuu erinomaisesti.

3.2.2 Nestekaasupuhallin

Puhaltimet ovat toimintaperiaatteeltaan hyvin pitkälti samaa linjaa noudattavia, ulkonäkö saattaa olla ainoa niitä keskenään erottelva tekijä merkin lisäksi. Esimerkiksi kuvion 5 puhaltimet ovat 12–100 kW tehoiltaan ja kaikista suurimmat ovat täysautomaattisia huonetermostaatti-asetuksen ja releohjauksen myötä. Tehon säätö on laitteissa useimmiten portaaton, jolloin haluttu lämpöalue löytyy helposti. (Polartherm Oy)



Kuvio 5: Remko Promat – sarjan nestekaasukäyttöisiä lämpöpuhaltimia (Polartherm Oy)

3.2.3 Nestekaasusäteilijä

Kaasukäyttöiset infrapunasäteilijät ovat miltei samanlaisia ulkonäöltään kuin sähköiset infrapunasäteilijät ja ne ovat tarkoitettu sähkötoimisten säteilijöiden tavoin kohdelämmitykseen. On olemassa ainakin yksi erottava tekijä sähkötoimisiin säteilijöihin verrattuna – nestekaasulla toimivaa laitetta voi käyttää paikoissa, jonne sähkövirtaa ei ole saatavilla.

Vuokrattaessa tai ostettaessa laitepakettiin kuuluu valmistajasta riippuen vakiovarusteena kaasusäädin ja kaasuletku. Lisävarusteena on saatavana kahden pullon yhdistäjä, mikä mahdollistaa säteilijän käyttöajan pidemmäksi suuremman polttoainemäärän myötä. (Polartherm Oy)

3.3 Öljylämmitys

Öljylämmitys on kilpailukykyisyydellään yksi varteenotettava lämmitysjärjestelmävaihtoehto nestekaasun rinnalle. Öljyä on mahdollista hyödyntää polttoaineena rakennustyömailla siirreltävässä pienemmissä puhaltimissa tai suuremmissa, enemmänkin jo kiinteästi yhdessä paikassa olevissa yksiköissä eli lämpökonteissa tai lämpökeskuksissa. Yhdestä öljylitrasta saatava lämpöteho on suurin piirtein samaa luokkaa nestekaasukilon kanssa – yhdestä öljylitrasta saadaan noin 10 kWh lämpötehoa (Hämäläinen 2009).

3.3.1 Öljykäyttöinen puhallin

Öljykäyttöiset puhaltimet ovat enimmäkseen siirreltävää mallia, jolloin lämmityskohteen muuttuessa ei paikanvaihto ole työläs operaatio. Laitteita pystyy jopa tarpeen tullen nostamaan katosta roikkumaan. Puhaltimet tarvitsevat kuitenkin erillisen polttoainesäiliön ja savupiipun tai -putkiston pakokaasujen johtamiseen ulos.



Kuvion 6 kaltaisten öljypuhaltimien toimintaperiaate on seuraavanlainen: laitteessa on lämmönvaihdin, jonka myötä keskipakopuhaltimen puhaltama lämmin ilma on puhdasta ja termostaattiohjauksen avulla tilan lämpötila saadaan pysymään tasaisena. Polttimessa on öljypoltinreleistö sekä ylikuumenemisen estävät lämpötilarajoittimet, jotka lisäävät laitteen käyttövarmuutta ja turvallisuutta häiriötilanteita silmällä pitäen. (Talhu Oy)

Kuvio 6: Talhu Termo 30 (Talhu Oy)

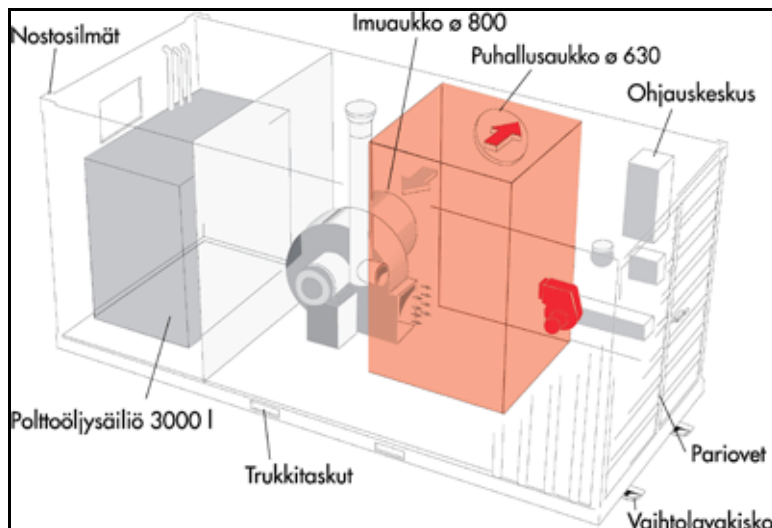
Öljypuhaltimia on olemassa esimerkiksi lämpötehoiltaan paljon käytettyjä 29 kW:n, 55 kW:n ja 110 kW:n kokoisia, mutta suurempiakin on uusien mallisarjojen myötä tullut markkinoille. Valmistajan mukaan kolmesta edellä mainitusta laitteesta parhain hyötysuhde, 90%, on pienimmässä puhaltimessa ja suuremmissa 87 - 88 %. Öljynkulutukseksi ilmoitetaan 29 kW:lle 3,5 l/h, 55 kW:lle 5,8l/h ja 110 kW:lle 11 l/h. Sähköliitännäksi riittää kaikille 230 V, mutta suurimmassa on 16 A:n sulakevaatimus. (Talhu Oy)

3.3.2 Lämpökontti

Lämpökontit ovat todellisia suurteholämmittäjiä, joiden etuja ovat vaivattomuus ja tehokkuus.

Polarthermin valmistama Polar HC 372 on hyvä esimerkki käyttövalmiista lämmitysratkaisusta lämpökontin avulla. Lämmitystehoa kontilla on 372 kW. Kontin tarvitsema sähköliitäntä on 400 V, mutta kontista saa muutaman sähkön ulosotonkin tarpeen tullen. Suunnitteluvaiheessa on huomioitava lämpökontin rakenteesta ja koosta johtuva painokuormitus – 4800 kg on suhteellisen suuri kuormitus, joten esim. kontin sijoitus työmaalle on mietittävä huolella.

Lämpökontti koostuu ilmalämmittäjästä, keskipakoispuhaltimesta, polttoainesäiliöstä sekä öljyn esilämmittäjästä ja ohjausautomaatiikasta. Lämmitysyksikkö on sijoitettu laivauskonttiin, joka toimii samalla laitehuoneena. Kontin pohjassa on vaihtolavakiskot sekä trukkitaskut. (Polartherm Oy)



Kuvio 7: Polar HC 372 lämpökontti (Polartherm Oy)

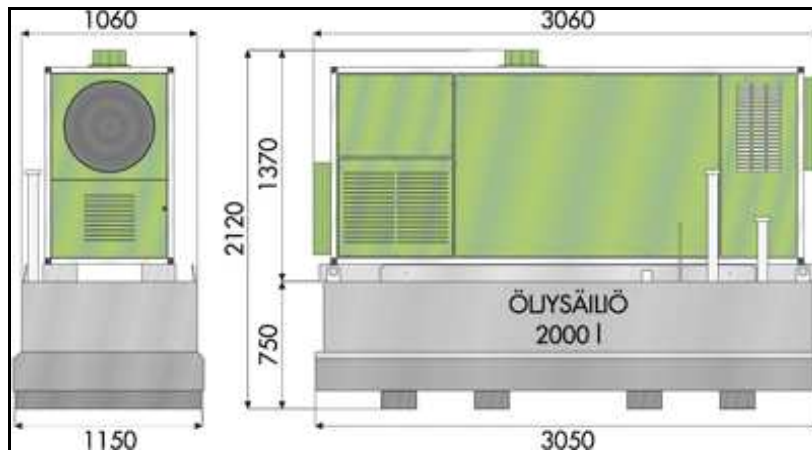
3.3.3 Öljykäyttöinen lämpökeskus öljysäiliöllä

Suurempien lämpökonttien rinnalle on yhä enenevässä määrin asemaansa vahvistanut Polarthermin valmistaman Polar Heatmobil HTL 250 -kaltaiset siirreltävät lämpökeskukset. Lämpökeskukset soveltuvat lyhytaikaiseen tai pitempikestoiseen tarpeeseen eikä niiden käyttöön yleensä tarvita erillistä polttoainesäiliötä – vakiotoimitussisältöön kuuluvan 2 000 litran säiliön saa sijoitettua lämmitysyksikön alapuolelle. Keskus itsessään sijoitetaan työmaan ulkopuolelle viemästä turhaa tilaa sisätiloista. (Polartherm Oy)

Keskuksesta lähtee kaksi putkea, joista toinen on lämpimän tuloilman puhallusta ja toinen takaisin-imua varten. Poistoputki imee ilmaa sisätiloista takaisin keskukseen lämpiämään, jolloin

ilma kiertää ja palaa lämpimänä takaisin rakennukseen. Tuloilman lämpötilaa voidaan säätää termostaatilla sisätiloista käsin. Laitteen puhallus on todella voimakas, joten ilman kiertokin tehostuu.

Polar Heatmobilin lämmityskapasiteetiksi ilmoitetaan 7000 m³, mutta tähän teoreettiseen maksimikapasiteettiin vaikuttaa tilan muoto ja lämpimän ilman esteettömät kulkeutumismahdollisuudet rakennuksessa. Lämpökeskuksen nimellinen teho on 195 kW sekä polttoaineen kulutus maksimissaan 21 l/h. Lämpökeskuksen toiminnanohjaus hoidetaan sähköllä – 3 kpl 16 ampeerin sulakkeita riittävät kattamaan tarpeet jännitteen ollessa tällöin joko 400 tai 230 V. Verrattuna suurempaan lämpökonttiin on siirreltävä lämpökeskus kätevä laite painonsa puolesta (1100 kg öljysäiliöllä), koska lämmitystehoakin on pienemmästä koosta huolimatta hyvin. (Polartherm Oy)



Kuvio 8: Polar Heatmobil HTL 250 (Polartherm Oy)

3.4 Kiertovesikäyttöiset lämpöpuhaltimet

Kiertovesikäyttöiset lämpöpuhaltimet toimivat kiertovesijärjestelmästä saatavalla lämpöenergialla. Vaihtoehto sopii hyvin monelle erilaiselle rakennustyömaalle niin uudis- kuin saneerauskohteisiin. Saneerauskohteissa tämä lämmitysmuoto on yksi varteenotettavimpia verrattuna muihin edellä esiteltyihin, koska useimmiten isoissa kiinteistöissä oma lämmitysjärjestelmä on kiertovesijärjestelmä. Pientalokohteet ovat luku sinänsä; niissä tulee yleensä kyseeseen jokin muu lämmitysjärjestelmä. Mutta ei ole estettä sille, miksi tämäkään laitteisto ei soveltuisi sellaiseen kohteeseen, jossa kaukolämpö tai muu vastaava kiertovesikäyttöinen järjestelmä on toiminut talon lämmitysjärjestelmänä aiemmin.

Laitteiston lämmitinyksiköitä kutsutaan termoneiksi. Valmistajasta riippumatta termonit ovat hyvin samanlaisia: niiden keskeisiä osia ovat kiertoveden määrän säätöventtiili, tulo- ja paluuvien liittimet, alilämpötermostaatti, ilmausruuvi sekä kennostoa pölyltä suojaava

imuilman suodatin. Alilämpötermostaatti kontrolloi kiertoveden lämpötilaa siten, että mikäli se laskee äkillisesti, puhaltimen toiminta pysähtyy. Muut luetellut osat ovat kiertovesijärjestelmälle ominaisia perusosia.

Polarthermin mallistosta löytyy kolmea eri mallia termoneja lämpimän ilman tuottomäärän mukaan eroteltuna: 3000 m³/h, 3200 m³/h ja 4500 m³/h. Malliston puhallustehotaan pienin ja suurin laite ovat rakenteeltaan samanlaisia (WH50 ja WH80), välimallin tyyppi (WHT45) on hiukan poikkeava muihin verrattuna. Kaikkien laitteiden liitäntäpaine on 16 bar ja tuloveden maksimilämpötila 130 °C. Liitäntäjännitteeksi riittää WH-malleille 230 V, mutta WHT tarvitsee 400 V. Syötön sulakkeeksi riittää 16 A lukuun ottamatta taas WHT-mallia, joka tarvitsee 3 kpl 16 A:n sulakkeita. (Polartherm Oy)

Puhaltimien käytössä huomioitavia seikkoja ovat niiden aiheuttama melutaso (n. 70–80 dB) ja se, että ne painavat 50–100 kg vaikkakin niissä ovat pyöräpari ja kantokehä helpottamassa pienehköjä siirtelyjä.

Kiertovesijärjestelmä on lämpöenergian alkuperän kautta tarkasteltuna ilmastoystävällinen: kaukolämpö on peräisin teollisuudessa ja sähkön tuotannossa käytetystä lauhdevedestä. Lopullisessa käyttökohteessa, kuten työmaalla, ei synny enää päästöjä tämän lämpöenergian tuotannosta. Jos tuloveden lämpötila on kaukolämpöverkostolle tyypillisesti 90 °C ja paluueden 70 °C sekä imuilman lämpötila 0 °C, mallit kykenevä t tuottamaan lämpötehoa seuraavanlaisesti: WH50 48,5 kW, WH80 74,9 kW ja WHT45 39 kW. (Polartherm Oy)



Kuvio 9: Polar WH-mallisarjan termoni (Polartherm Oy)

4 Esimerkkikohteiden työnaikaiset lämmitysjärjestelmät

Työnaikaisten lämmitysvaihtoehtojen soveltuvuus tietynlaiseen kohteeseen ilmenee hyvin neljästä erilaisesta Visura Oy:n työmaasta, jotka tässä työssä mainitaan. Kohteista yksi on peruskorjauskohde ja muut uudisrakennuksia, ja ne esitellään tässä yhteydessä konkreettisinä esimerkkeinä siitä, kuinka talviaikaisen rakentamisen asettamat haasteet on ratkaistu toisistaan paljon eroavissa kohteissa.

4.1 Tampereen kauppaoppilaitos

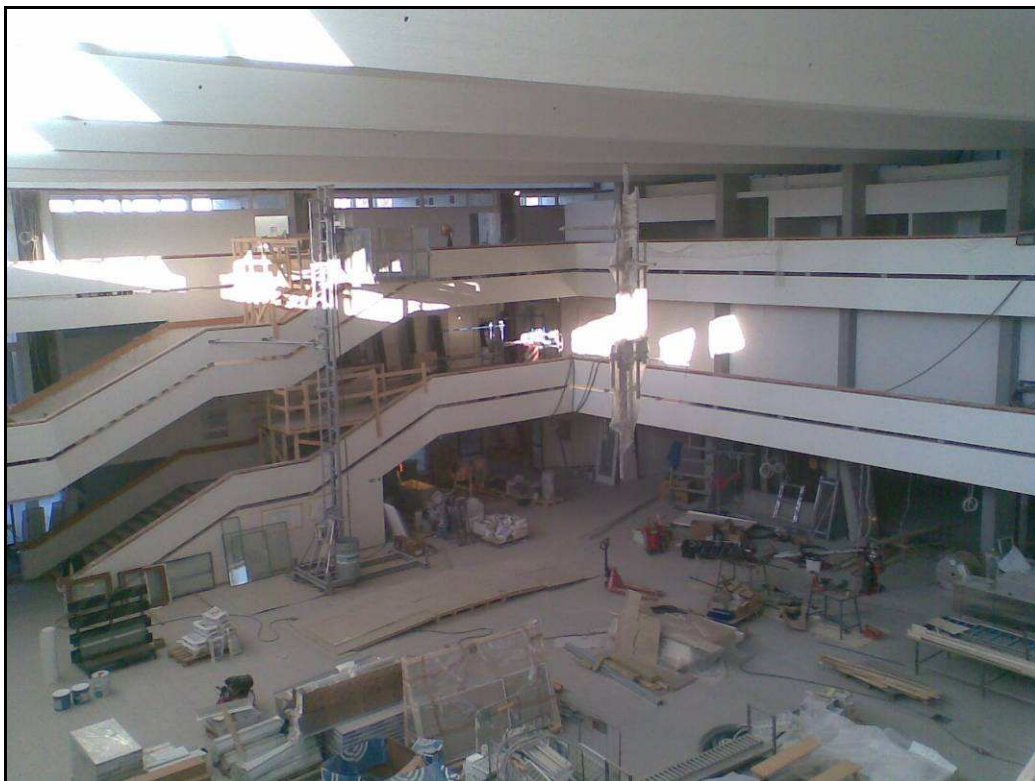
Tampereen kauppaoppilaitoksella, joka on rakennettu 1960-luvun puolivälissä, aloitettiin tammikuussa 2008 noin 1,5 vuotta kestävä peruskorjaus. Itse koulurakennuksen 8 532 m² ja sen läheisyydessä olevan vanhan vahtimestarin asunnon 181 m² päivittyvät remontissa melkoisesti etenkin talotekniikan osalta vastaamaan nykypäivän standardeja. Ulkonäkö säilytetään mahdollisimman paljon alkuperäisenä ja sen tyyllisenä uusilta osiltaan – erikoisuutena on kuparinen julkisivu, joka ilmenee kuviosta 10 julkisivun tummana osana.



Kuvio 10: Tampereen kauppaoppilaitos

Isolle kiinteistölle tyypillisenä ratkaisuna, rakennuksen omana lämmitysjärjestelmänä on kiertovesikäyttöinen patteriverkosto, joka on liitetty kaupungin kaukolämpöverkkoon. Koska lähtöasetelmat peruskorjauksen alkaessa olivat näin hyvät työnaikaisen lämmityksen kannalta, oli lähes selviö, että talviaikaan tilaa lämmitetään kiertovesipuhaltimilla eli termoneilla kaukolämmön voimalla. Oppilaitoksen sisäaula on varsin iso tila lämmitettäväksi pelkästään korkeutensa vuoksi, joten sitäkin silmällä pitäen valinnan tuli olla tehokas ja varmatoiminen.

Termoneja valittiin rakennukseen kolme kappaletta ja ne olivat mallia Polar WH80. Termonit vaativat kaukolämpöverkkoon asentamista varten jakotukin painevesiletkujen ja kaukolämpöliittymän välille siksi, että laitteita oli enemmän kuin yksi. Laitteet sijoitettiin avonaista sisäaulaa ympäröiville käytäville; yksi jokaiseen kolmeen kerrokseen. Yksittäisiä työkohteita lämmitettiin tilapäisesti sähköpuhaltimien avulla, koska lievistä sokkeloisuudesta johtuen termonien tuottama lämpö ei levinnyt aivan tasaisesti rakennuksen joka kolkkaan (Poussa 2009). Tämä ei sinänsä ole mitään epätavallista, sillä vähänkin monimuotoisemman rakennuksen kanssa voi kyseisiin apulämmityksiin tulla tarve. Kuviosta 11 käy ilmi kuinka monimutkainen tila oppilaitos on ollut lämmittää.



Kuvio 11: Kauppaoppilaitoksen kookas sisäaula on suuri tila lämmitettäväksi

Peruskorjauksen kestäessä noin 1,5 vuotta hoidettiin ensimmäinen talviaikainen rakennusjakso termoneilla lämmittäen ja toisen lämmitystä vaativan jakson alkaessa syksyllä 2008, oli rakennuksen oma tuleva lämmitysjärjestelmä jo valmis käyttöönotettavaksi. Tämä on yksi esimerkki järkevästä tuotannosuunnittelusta, joka on varmasti osoittautunut taloudellisesti kannattavaksi, koska näin on saatu lähes koko rakennus lämpiämään tasaisesti kellarikerroksista lähtien aina kolmannen kerroksen kauimmaisiin opetustiloihin saakka. (Poussa 2009)

4.2 Linnainmaan Prisma

S-ryhmän rakennuttama Linnainmaan S-Marketin laajennus Prismaksi käynnistyi vuoden 2008 keväällä. Työmaa on ollut Tampereen suurin työmaa vuosina 2008-2009. Työmaa on valmistunut vuoden 2009 syksyllä, jolloin myymälätilaa on syntynyt kaiken kaikkiaan yli 10 000 m²:n verran. Koska uuden osan rakentamisen jälkeen tontin koon ollessa rajoittava tekijä asiakkaiden pysäköintitilojen suhteen, tehtiin uuden myymäläosan alapuolelle lämmin, 12 500 m²:n autohalli. Kuviossa 12 on nähtävissä rakenteilla olevaa autokantta ja alapuolinen autohalli pressuseinällä suojattuna.



Kuvio 12: Takana näkyy vanha S-Marketin kyltti, jonka etualalle ja oikealle puolelle laajenee uusi Prisma

Työmaana laajennus on ollut ja tulee olemaan loppuun asti erittäin haastava – koko rakennusprojektin ajan kauppa on ollut toiminnassa ja uutta myymäläosaa on porrastetusti luovutettu tilaajalle. Työt ovat edenneet hyvässä tahdissa selkeiden lohkojakojen myötä, vaikka talvityöt aiheuttavat aina hiukan lisätoimia etenkin lämmittämisen ja lumien sulattamisten osalta.

Työnaikaista lämmitystä onkin hoidettu laajennusprojektissa enemmän kuin yhdellä keinolla: periaatteessa kaikki tässä työssä esitellyt lämmitysmuodot ovat olleet jollain tapaa käytössä. Pääasiallinen lämmitysjärjestelmä on ollut säiden ensimmäisestä ratkaisevasta viilentymisestä alkaen öljykäyttöinen - kuviossa 13 näkyy millaisia ovat Prismalla käytetyt laitteet olleet. Asteittain sen osuutta on vähennetty kohti lopullista kiinteistön omaa lämmitysmuotoa, kiertovesijärjestelmää. Näiden lisäksi työmaalla on käytetty nestekaasua silloin, kun on tarvittu

nopeaa lämmitystä (esim. ennen valuja) tai lumien sulatusta. Sähkölämmitystäkin on ollut käytössä, mutta hyvin vähän sen tehottomuuden vuoksi: huonekorkeus on keskimäärin 7 metriä, joten edes yksittäisen työpisteen lämmittäminen sen avulla ei ole järin kannattavaa.



Kuvio 13: Lämpökontti, jonka tuottama lämpö on suunnattu pressujen taakse pysäköintihalliin

Työmaalla on ollut kaiken kaikkiaan kolme öljykäyttöistä lämpökonttia, joiden paikkaa on sopivin hetkin vaihdeltu tärkeämmille alueille. Lämpökonteista yksi on toiminut työmaan keston puolivälin jälkeen lähinnä termostaattinsa varassa apulämmittimenä myymäläosassa, toinen toisella puolella rakentuvaa myymäläosaa ja kolmas pysäköintihallin puolella välipohjan alapuolella. Tämän lisäksi pysäköintihallin siinä osassa, jossa on tehty jo tasoitus- ja maalaustöitä, on ollut tulevasta teknisestä tilasta lämpöputket kaukolämpöverkkoon yhdistettyinä ja kuusi kappaletta termoneja lämmittämässä. Samaisesta tilasta on johdettu letkut yläkertaankin eli tulevaan myymälään, ja siellä on ollut myös kuusi kappaletta termoneja.

Sisälämpötila on ollut pysäköintihallissa sekä yläpuolen myymälässä noin 10–15 astetta, välillä vaihdellen sen mukaan, kuinka kylmää ulkona on ollut. Lämpötilaan on vaikuttanut myös se, kuinka paljon lämmittimien tuottamasta lämmöstä on kulkeutunut toiminnassa olevaan myymälään pois rakennusalueelta, koska näiden kahden tilan erottajana ovat toimineet pressuseinät. (Anttila 2009)

4.3 Tursolan korttelikoulu Kangasalla

Tursolan alueen korttelikoulun rakentaminen alkoi syksyllä 2008. Valmistuessaan, toukokuun lopulla 2009, koulu on ollut koko maamme mittakaavassa ainutlaatuinen – se on kokoluokaltaan Suomen suurin maalämmöllä lämpiävä julkinen rakennus. Koulun kerrosala on 1 800 m².

Työmaan työnaikainen lämmitys hoidettiin siirrettävillä lämpökeskuksilla, kuten kuviosta 14 käy ilmi. Heti, kun rakenteet saatiin tarpeeksi tiiviiksi eli ulkoseinät eristettyä ja ylimääräiset raot tilkittyä, tilattiin paikalle lämmitysjärjestelmä. Tällöin ensimmäisen lämpökeskuksen tullessa, yläpohjassa ei vielä ollut puhallusvilloja, mutta niiden asennusajankohtaan ei ollut enää niin kauan, että se olisi lämmittämisen aloittamisen kannalta ollut ratkaisevaa.



Kuvio 14: Polar Heatmobil HTL 250 –lämpökeskus koulun pihalla

Ensin paikalla oli yksi lämmitin ja rakennus oli jaettu osastoihin, joista jotkut haarat olivat vielä täysin kylmiä. Rakenteiden lämmitessä ja uusien tilojen valmistuttua tiettyyn vaiheeseen, jolloin osastointejakin purettiin, päätettiin tilata toinen lämpökeskus työmaalle. Näin saatiin tehostettua työmaan kokonaisvaltaista lämpiämistä, koska rakennus on sokkeloinen ja siellä on vaihtelevia huonekorkeuksia, jonne lämpö hukkuu eikä välttämättä kulje kaikkialle. Lämpökeskusten lisäksi työmaalla käytettiin muutamia nestekaasulämmittämiä lumen ja jään sulattamiseen, mutta itse lämmitys hoidettiin öljyllä.

Tarkoituksena oli myös vaihtaa toisen lämmittimen (ensimmäisenä tulleen, joka esillä kuviossa 15) paikkaa kriittisemmälle alueelle siinä vaiheessa, kun tämän lämmittimen vaikutusalueen lattialämmitys voitiin ottaa käyttöön. Alue oli lämmennyt ja kuivunut kyllin paljon jo tässä vaiheessa lämpökeskuksen avulla, joten voitiin uskoa lattialämmön pitävän työmaan tältä osin lämpimänä. Tässä vaiheessa oli jo asennettu puhallusvillatkin kattoon, mikä tehostaa lämmön sisällä pysymistä.



Kuvio 15: Lämpökeskuksen tulo- ja poistoilmaputket koulun liikuntasalissa

Korttelikoulun työmaalta saatujen käyttäjäkokemusten perusteella lämpökeskuksen valmistajan ilmoittama lämmitettävän tilan maksimikoko 7 000 m³ on varmasti määritetty tilaan, joka on yhtä kokonaista ja esteetöntä aluetta kuten esim. hallirakennus. Tursolan korttelikoulun työmaan lämmitettävä kuutiomäärä on sattumalta juuri 7 000 m³, mutta yhdellä laitteella sitä olisi mahdoton kattaa. Voisi sanoakin, että ehkä 2 500 m³ on järkevä tilojen maksimikoko, jos tilat ovat sokkeloisia ja huonekorkeudet vaihtelevat suuresti. Tämän vuoksi työmaalla tarvittiin kaksi lämpökeskusta vastaamaan lämmitystarpeesta. (Riepponen 2009)

4.4 Nekalan Kotilinna 2

Rakennuskohteen tilaajana toimii Tampereen Kotilinnasäätiö. Kaikki Kotilinnasäätiön asunnot, myös Nekalaan valmistuvat, ovat vuokra-asuntoja. Asunnot ovat valmiita vuoden 2009 marraskuussa.

Nekalan kerrostalot rakennetaan kahdessa vaiheessa. Tällä hetkellä rakenteilla on kaksi kerrostaloa, jotka näkyvät kuviossa 16. Toisessa taloista on kellarikerros, mutta maanpäällisiä kerroksia tulee molempiin kolme. Kerrosneliöitä yhdessä kerroksessa on noin 400 m² - tilavuutena rakennettava määrä lähentelee 10 000 m³:iä. Asuntoja on yhteensä 40 kappaletta.



Kuvio 16: Näkymä työmaalle Kuoppamäentieltä – elementtien pinnassa ensimmäinen eristekerros, jonka myöhemmin peittää toinen villakerros ja rappauspinta

Työmaalla työnaikaista lämmitystä tarvittiin oikeastaan vain runkovaiheen siinä osassa, jolloin oli menossa paikallavaluholvien teko. Kerrostalojen ulkoseinät tulivat kokonaan elementeistä. Siinä vaiheessa, kun tämä työ saatiin tehtyä, oli lämmittämisen tarve vähentynyt kevään tultua paremmalle puolelle ja rakennuksen oman lämmitysjärjestelmän valmistuttua.

Kohteen runkovaiheen lämmitystarve hoidettiin kokonaan nestekaasulla. Kaasulämmitystä pidettiin valettavan holvin alapuolella lämmittämässä muottia ja sen alapuolisia rakenteita päivä ennen valua ja viikon ajan valun jälkeen. Tätä vaihetta toisteltiin vuorotellen talon A ja talon B

välillä, jolloin molemmat etenivät tahdissa. Valun pinnalle aseteltiin suoja- sekä lämpömattoja heti, kun se oli käytännössä mahdollista eli valuja seuranneena päivänä.

Lämmittimet, joita oli käytössä neljä kappaletta, olivat tehoiltaan 10-26 kW. Jokaista lämmitintä varten, kuten kuviossa 17, oli varattu oma 33 kg:n pullo kaasupullotelineessä maantasolla, mistä käsin letkuilla johdettiin kaasua lämmittimille talojen noustessa. Pulloja ei missään vaiheessa viety kerroksiin, koska vaihdot ja täytöt ovat helpompia tällä tavoin. Puhaltimilla saatiin lämmitettävä tila yläosastaan eli muottipinnasta noin 15 plusasteen lämpöiseksi. Kaikki mahdolliset aukot, kuten ikkunoiden ja ovien paikat oli tilkitty. (Ahvenvaara 2009)



Kuvio 17: Kaasulämmitin holvitukien keskellä

5 Lämmitysjärjestelmien kustannuksia

Tarkasteltavien työmaiden lämmityskustannuksia käsitellään tässä luvussa lasketuilla menekkitiedoilla kuukautta kohden ja rakennuksen kuutiomäärälle jaettuna. Lisäksi joihinkin kohteisiin on mietitty vertailulaskelmin korvaavaa järjestelmää toteutuneen vaihtoehdon tilalle.

Menekkilaskelmien lukemisessa tulee muistaa, että kokonaiskustannus, joka taulukoista käy ilmi, kuvaa kaikista kuormittavinta tilannetta, jolloin kaikki käytetyt lämmitysmuodot ovat samanaikaisesti käytössä. Tällainen tilanne, joka taulukoista ilmenee, ei tietenkään ollut käytännössä jokaisessa kohteessa meneillään, mutta pahimmassa tapauksessa se olisi voinut toteutua.

Kokonaiskustannuksista suurin muuttuja on lähes poikkeuksetta energian hinta. Taulukosta 1 voi verrata tämän hetken lämpöenergian hintatasoa laskelmissa esiintyviin rakennusaikaisiin hintoihin.

Taulukko 1: Lämpöenergian "päivän hintoja"

Lämpöenergian hintoja		
- valtakunnallinen keskiarvo syyskuulta 2009		
Sähkö	88,00	€/MWh
Kaukolämpö	40,50	€/MWh
Öljy	50,00	€/MWh
Nestekaasu	138,00	€/MWh
Hinnat eivät sisällä alv:a		

5.1 Menekkilaskelmia

Työmaateknisistä ja käytännön syistä johtuen saattaa olla niin, että käytössä ollut järjestelmä onkin ollut varteenotettavin. Korjauskohteissa useimmiten järkeviä vaihtoehtoja on vain yksi monista rajoittavista tekijöistä johtuen. Toisaalta suurissa, monivaiheisissa laajennuskohteissa on voinut olla kaikkia järjestelmävaihtoehtoja käytössä, joita tässä opinnäytetyössä on esitelty.

Taulukkolaskentojen aikamääreissä esiintyvän kuukauden osalta on käytetty kestona 31 päivää eikä 21 keskimääräistä työpäivien määrää.

Taulukon 2 menekkilaskelmassa on otettu huomioon kiinteistön energiankulutuksen keskimääräinen lukema, joka mitattiin, kun rakennuksen oma lämmitysjärjestelmä oli käytössä 95 prosenttisesti (työnaikaisen kiertovesilämmityksen kulutuslukemia ei ollut saatavilla). Sähköenergiasta on huomioitava kustannus sen perusteella, että puhaltimien teho on 440 W.

Taulukko 2: Menekkilaskelma / Kauppaoppilaitos

Kauppaoppilaitos		39 183 m ³ (ei sis. sivurakennusta, joka ei ollut lämmityksen piirissä)			
	à hinta		määrä		rivi yht.
Termoni Polar WM 80-4	716,10 €/kpl/kk		3 kpl		2148,30 €/kk
Putkiliitostyöt	1000,00 €/kpl		1 kpl		1000,00 €
Energiamaksu*	31,69 €/MWh		124 MWh/kk		3929,56 €/kk
Sähkö**	50,00 €/MWh		0,98 MWh/kk		51,10 €/kk
Rahti	62,00 €/kpl		1,00 kpl		62,00 €
				yht.	7190,96 €/kk
					0,18 €/m ³ /kk
Hinnat alv 0 %					
*)1.1.2008 ei sis. alv:a (Tampereen Sähkölaitos)					
**) keskimääräinen hinta keväällä 2008, perusmaksu 2 €/kk lisätty loppusummaan.					

Prisman laajennus on menekkilaskelmaltaan taulukon 3 mukaisesti monimuotoisin, koska käytössä on ollut kaikkia tässä opinnäytetyössä käsiteltyjä lämmitysjärjestelmiä.

Taulukko 3: Menekkilaskelma / Prisma

Prisma Linnainmaa		168 000 m ³			
	à hinta		määrä		rivi yht.
Termoni Polar WM 80-4	716,10 €/kpl/kk		12 kpl		8593,20 €/kk
Putkiliitostyöt	1000,00 €/kpl		1 kpl		1000,00 €
Lämpöenergiamaksu*	40,50 €/MWh		496 MWh/kk		20088,00 €/kk
Sähkö**	69,00 €/MWh		26,25 MWh/kk		1813,13 €/kk
Öljy***	0,50 €/l		10000 l/kk		5000,00 €/kk
Lämpökontti MEPU 310	2625,70 €/kpl/kk		3 kpl		7877,10 €/kk
Nestekaasu 33 kg	80,00 €/pll		10 pll/kk		800,00 €/kk
Kaasupullot 33 kg	15,50 €/pll		10 pll/kk		155,00 €/kk
Kaasup.kuljetusvakuutus	3,71 €/kpl		2 kpl/kk		7,42 €/kk
Puhallin Promat PGM 60	253,89 €/kk		5 kpl		1269,45 €/kk
Rahdit	62,00 €/kpl		2 kpl		124,00 €/kk
				yht.	46727,30 €/kk
					0,28 €/m ³ /kk
Hinnat alv 0 %					
*)1.10.2008 ei sis. alv:a (Tampereen Sähkölaitos)					
**) keskimääräinen hinta syksyllä 2008, perusmaksu 2 €/kk lisätty loppusummaan.					
***) keskimääräinen arvio syksy 2008 → kevät 2009					

Prisman menekkilaskelmassa on huomioitu lämmityskustannuksia keskimääräisesti yhden kuukauden osalta siten, että esimerkiksi

- Kaasupullojen määrästä on vakioitu yhden kuukauden menekki
- Sähkönkulutuslukemaan on huomioitu kiertovesitermonien sähköpuhaltimien kuluttama sähköenergia (kuten taulukon 2 laskennassa; 440 W/puhallin) sekä lämpökotientien puhaltimista (10 kW/puhallin) aiheutuva sähkönkulutus
- Lämpöenergian määrä kuukaudessa on muodostettu keskimääräisesti termonien lukumäärän ja teoreettisen kulutuksen mukaan (sama periaate kuin taulukossa 2)
- Rahtien määrä on eroteltu koskemaan vain nestekaasuntoimituksia
- Öljyn litrahinta sisältää rahdin hinnan.

Tursolan korttelikoululla Kangasalla lämmitys hoidettiin pääasiallisesti öljyllä, joten menekkilaskenta painottuu koskemaan tätä lämmitysmuotoa. Pienimuotoisesti apuna käytettiin nestekaasulämmitystä lähinnä silloin, kun oli tarve sulattaa vain lunta tai jäätä betonilattioilta. Öljylämmitystäkin vähennettiin asteittain heti, kun rakennuksen omaa lattialämmitysverkostoa pystyttiin ottamaan käyttöön. Taulukon 4 laskenta perustuu kovimman kuormituksen aikaiseen tilanteeseen.

Taulukko 4: Menekkilaskelma / Tursola

Tursolan korttelikoulu		7000 m ³			
	à hinta		määrä		rivi yht.
Polar Heatmobil HTL 250	2148,30 €/kk		2 kpl		4296,60 €/kk
Öljy*	0,50 €/l		13764 l/kk		6882,00 €/kk
Sähkö**	69,00 €/MWh		6,55 MWh/kk		451,76 €/kk
Rahti	62,00 €/kpl		2,00 kpl		124,00 €
				yht.	11754,36 €/kk
					1,68 €/m³/kk
Hinnat alv 0 %					
*) keskimääräinen arvio kevät 2009					
**) keskimääräinen hinta keväällä 2009, perusmaksu 2 €/kk lisätty loppusummaan.					

Taulukossa 4 öljynkulutus on laskettu lämpökeskusten ensimmäisen tankkauksen perusteella (222 l/h), jolloin ne olivat toimineet täydellä teholla vuorokauden ympäri – muutoinkin käytetään oletuksena sitä, että laitteet toimivat samalla täydellä teholla ympäri vuorokauden. Itse lämpökeskusten kuukausivuokrat olivat erisuuruiset ensimmäisenä ja toisena hankitun välillä, mutta laskennassa käytetään vuokrahintojen keskiarvoa.

Nekalan Kotilinna 2 -kerrostalojen menekkilaskelmassa on huomioitu kustannuksia taulukon 5 mukaisesti.

Taulukko 5: Menekkilaskelma / Kotilinna 2

Nekalan Kotilinna 2		10 000 m ³			
	à hinta		määrä		rivi yht.
Nestekaasu 33 kg	80,00 €/pll		124 pll/kk		9920,00 €/kk
Kaasupullot 33 kg	15,50 €/pll		124 pll/kk		1922,00 €/kk
Kaasup.kuljetusvakuutus	3,71 €/kpl		4 kpl/kk		14,84 €/kk
Puhallin Promat PGM 30	234,36 €/kk		4 kpl		937,44 €/kk
Rahdit	62,00 €/kpl		4 kpl		248,00 €/kk
				yht.	13042,28 €/kk
Hinnat alv 0 %					1,30 €/m³/kk

Kotilinna 2:n lämmitys rytmitettiin A- ja B-talojen välillä sykleihin siten, että toinen talo oli aina käytännössä hiukan toista edellä. Kaasupullojen menekki on saatujen tietojen mukaan ollut yksi pullo lämmitintä kohden päivässä. Valupäivinä pidettiin torstait, joita ennen holvin muuttia lämmitettiin yksi päivä ja valun jälkeen noin viikon verran, kuitenkin siten, että betonin lujuuden kehitys mahdollistui moitteetta. Valutöissä käytettiin myös talven kylmimpinä päivinä kuumabetonia.

5.2 Vertailulaskelmia

Vertailulaskelmia ei ole laskettu kaikista työmaista muun muassa sen vuoksi, että työmaa on ollut niin suuri, että sitä tuskin yhdellä lämmitysmuodolla saisi toimimaan. Siksi sopivin vaihtoehto on ollut mahdollisesti jo käytössäkin työmaalla. Laskelmien tekoa vaikeuttaa myös se, että jotkut vaihtoehdot eivät sovellu kohteeseen, koska alueelle ei ole saatavilla esim. kaukolämpöliittymää.

Vertailulaskelmia on laskettu vain Tampereen Kauppaoppilaitoksen, Nekalan Kotilinna 2:n ja Tursolan korttelikoulun työmaiden osalta. Vertailulaskelmien lukemisessa tulee muistaa, että ne ovat varsin teoreettisia, koska ne perustuvat oletuksiin ja arvioihin. Lämmitysenergian yksikköhinnat vastaavat mahdollisimman hyvin rakennusajankohtaa kuten menekkilaskelmissakin.

Kauppaoppilaitokselle vaihtoehtoiseksi lämmitysmuodoksi on valittu taulukon 6 mukaisesti sähkö sen vuoksi, että sitä on helposti saatavilla ja puhaltimia voi sijoitella suuren sisäaulan ympärille. Valitut puhaltimet ovat teholtaan 40 kW, ja niiden lukumäärä on suhteutettu alkuperäisten kiertovesitermonien määrään siten, että puhallusmäärät (m³/h) vastaisivat toisiaan.

Taulukko 6: Vertailulaskelma / Kauppaoppilaitos

Kauppaoppilaitos 39 183 m ³ (ei sis. sivurakennusta, joka ei ollut lämmityksen piirissä)					
	à hinta		määrä		rivi yht.
Sähköpuhallin Elkomat 40 kW	439,58	€/kpl/kk	5	kpl	2197,90 €/kk
Sähkö*	50,00	€/MWh	148,80	MWh/kk	7442,00 €/kk
Rahti	62,00	€/kpl	1,00	kpl	62,00 €
				yht.	9701,90 €/kk
					0,25 €/m ³ /kk
Hinnat alv 0 %					

*) keskimääräinen hinta keväällä 2008, perusmaksu 2 €/kk lisätty loppusummaan.

Taulukossa 7 Tursolan korttelikoululle korvaavaa vaihtoehtoa on haettu öljykäyttöisistä siirrettävistä puhaltimista. Näiden puhaltimien käytössä tulee kiinnittää huomioita pakokaasujen poisjohtamiseen lämmitettävästä tilasta ja siitä, ettei polttoöljyä vahingossakaan loiskutella käsittelemättömälle betonilattialle laitteita tankattaessa. Öljyä on lähes mahdoton poistaa lattiasta vahingon tapahduttua, koska pienikin määrä imeytyy syväälle.

Taulukko 7: Vertailulaskelma / Tursola

Tursolan korttelikoulu 7000 m ³					
	à hinta		määrä		rivi yht.
Talhu Termo 110 kW	870,17	€/kk	2	kpl	1740,34 €/kk
Öljy*	0,50	€/l	16368	l/kk	8184,00 €/kk
Sähkö**	69,00	€/MWh	1,64	MWh/kk	112,94 €/kk
Rahti	62,00	€/kpl	2,00	kpl	124,00 €
				yht.	10161,28 €/kk
					1,45 €/m ³ /kk
Hinnat alv 0 %					

*) keskimääräinen arvio kevät 2009
**) keskimääräinen hinta keväällä 2009, perusmaksu 2 €/kk lisätty loppusummaan.

Talhu Termo 110 kW -öljypuhaltimen öljynkulutus on teknisten tietojen mukaan noin 11l/h, joten päivässä laite kuluttaa 264 l ja näin ollen kuukaudessa 8184 l. Alkuperäisen lämpökeskuksen teho oli 195 kW, joten korvaavia puhaltimia tarvitaan vähintään kaksi kappaletta vastaamaan

tuota tehokemaa. Laitteiden puhaltimen sähkönkulutus on huomioitu taulukossa ilmoitetun tehon 1,1 kW mukaisesti.

Kotilinna 2:n osalta on mietitty korvaavaa vaihtoehtoa nestekaasupuhaltimille öljypuhaltimista taulukossa 8. Alkuperäiset neljä kappaletta 26 kW:n tehoisia nestekaasupuhaltimia korvataan samantehoisilla öljypuhaltimilla, jotka ovat malliltaan Talhu Termo 30. Näiden puhaltimien arvioitu maksimiöljynkulutus on 3,5 l/h ja laskemalla saadaan teoreettiseksi kuukausikulutukseksi yhtä puhallinta kohden $(3,5 \text{ l/h} * 24 \text{ h/vrk} * 31 \text{ vrk/kk}) = 2604 \text{ l/kk}$.

Taulukko 8: Vertailulaskelma / Kotilinna 2

Nekalan Kotilinna 2		10 000 m ³			
	à hinta		määrä		rivi yht.
Talhu Termo 30	523,90 €/kk	4	kpl	2095,60	€/kk
Öljy*	0,50 €/l	10416	l/kk	5208,00	€/kk
Sähkö**	69,00 €/MWh	0,60	MWh/kk	41,07	€/kk
Rahdit	62,00 €/kpl	1	kpl	62,00	€/kk
				yht.	7406,67 €/kk
Hinnat alv 0 %				0,74	€/m ³ /kk

*) keskimääräinen arvio kevät 2009
 **) keskimääräinen hinta keväällä 2009, perusmaksu 2 €/kk lisätty loppusummaan.

Hintoja tarkasteltaessa on huomioitava, että öljyn litrahinta sisältää rahdin, joten polttoaineen yksikköhinta riittää laskelmiin. Sähkönkulutus on huomioitu laitteiden 200 W sähköpuhaltimien kautta.

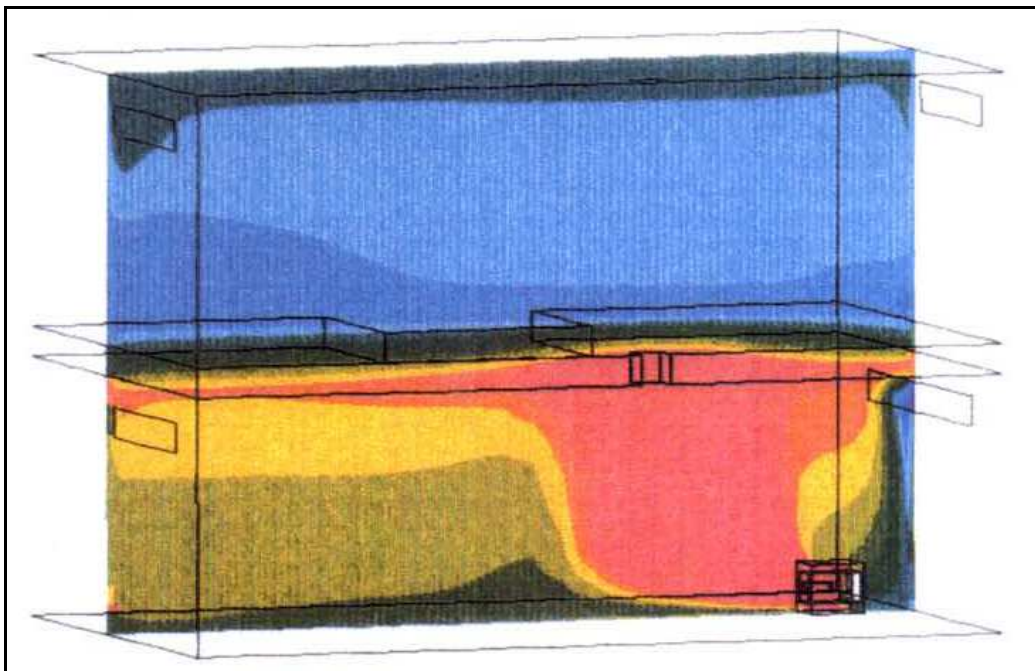
Vaikka taulukon 8 vertailulaskelma on hyvin teoreettinen ja pääosin laskettu puhaltimien valmistajalta saatujen teknisten tietojen perusteella, kokonaissumma on pienempi kuin alkuperäisessä laskelmassa. Tulevaisuudessa voisi olla paikallaan miettiä vastaavanlaisessa kerrostalokohteessa lämmitysvaihtoehdoksi öljyä nestekaasun tilalle, koska lämpötehoa saadaan kuitenkin melkein yhtä paljon. Pakokaasujen ulosjohtaminen on jopa vielä tärkeämpää öljykäyttöisessä järjestelmässä, jotta savukaasut eivät pilaa rakenteita.

6 Päätelmät

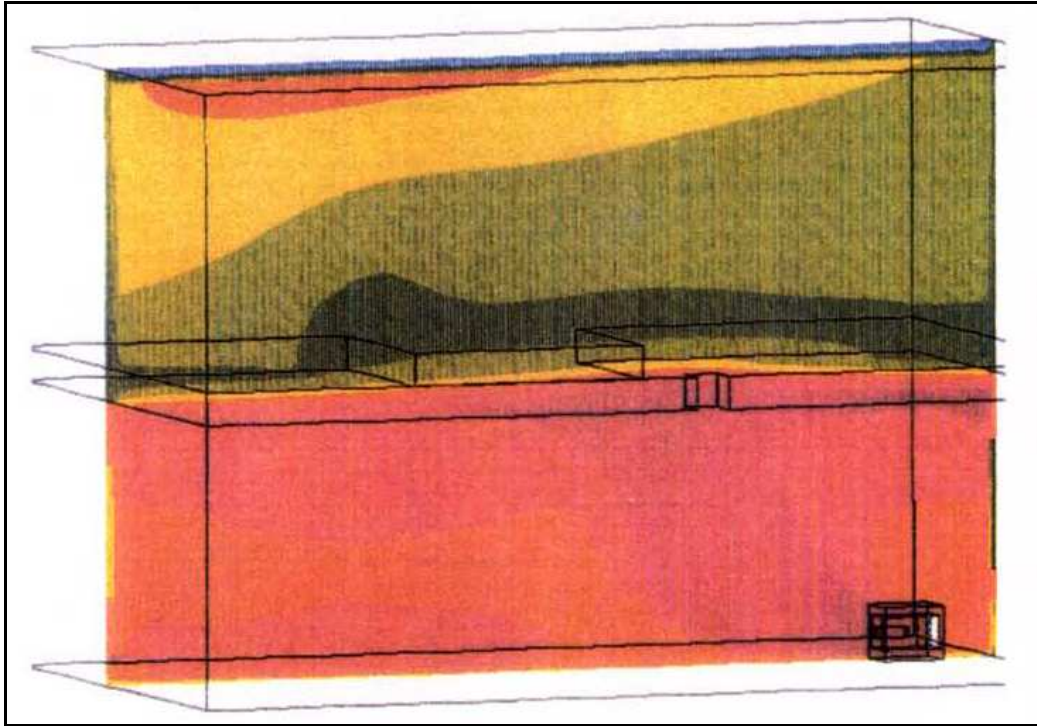
6.1 Yleisiä näkökulmia

Työmaan työnaikaisten lämmitysjärjestelmien huolellinen suunnittelu on tärkeä asia, joka vaikuttaa suoraan käytännön rakentamiseen. Kattavalla paneutumisella asiaan ja vaihtoehtojen kartoittamisella voidaan voittaa monta tekijää omalle puolelle: rakentamisen laadun parantuminen, kustannussäästöt sekä helppous ja huolettomuus järjestelmän käytön kannalta.

Runko- ja sisävalmistusvaiheen lämmityksen aloittaminen riippuu enimmäkseen siitä, mitkä ovat edellytykset lämmön sisällä pysymiselle. Tilan tulee olla tiivis, mutta ilmanvaihtoa ei pitäisi unohtaa kosteuden poistumisen kannalta, jollei käytössä ole erillisiä kuivureita. Mikäli lämmittäminen aloitetaan aikaisemmin kuin vaippa on ummessa ja lämmön karkaaminen on estetty, on selvää, että lämmittimet toimivat täydellä teholla termostaateista huolimatta kuluttaen enemmän energiaa. Kuviot 18 ja 19 kuvaavat näitä tilanteita ja lämmön jakautumista kerrosten välillä.



Kuvio 18: Tilanne, jossa rungon ja ikkunoiden välisiä saumoja on tiivistämättä (Kone-Ratu 07-3032)



Kuvio 19: Tilanne, jossa kaikki saumat ja raot ovat tilkitty (Kone-Ratu 07-3032)

Useimmat rakennusliikkeet hyödyntävät rakennuskonevuokraamojen tarjontaa lämmittimissä, sillä kaikkia vaihtoehtoja ei voi eikä kannatakaan itse omistaa. Aika, jona esimerkiksi lämpökontti maksaisi itsensä takaisin, voi olla laskennallisesti hyvin pitkä suhteessa vuokrakustannuksiin. Mutta mitä enemmän on tuotantoa, sitä enemmän laitteistot saadaan kiertämään työmaiden välille ja omaakin kannattaa harkita. Laitteistojen hankintahinnat saattavat vaihdella hyvin paljon, mutta hankintakustannuksen lisäksi mukana seuraa huolto- ja ylläpitokustannuksia. Ylläpitokustannukset tosin muuttuvat sitä mukaa kuin käyttöastekin ja päivän energianhinnat. Vuokralaitteet ovat taasen huolettomia ja ajallaan sekä asianmukaisesti huollettuja. Jos kuitenkin jotakin rikkoutuu, vuokraamosta luultavasti tulee tilalle heti uusi laite ja rikkinäinen menee korjattavaksi. Käytäntö on toimiva ja helppo - tällaiset menettelyt eivät ole välttämättä yhtä selkeitä omien laitteiden kanssa. Vuokraamot ovat siinäkin mielessä oivallisia yhteistyökumppaneita, että laitevalikoima on kattava ja erityyppisiin rakennuskohteisiin löytyy todennäköisesti oikea ratkaisu järkevällä hinnalla.

Menekkilaskelmia ja vertailulaskelmia tarkastelemalla voidaan huomata selviä säästöjä tiettyjen vaihtoehtojen välillä, mutta taas toiset pysyvät liki muuttumattomina. Tämä on selvä näyttö siitä, että järjestelmä ei välttämättä sovellu kohteen luonteeseen eikä kykene toimimaan optimaalisesti. Toisaalta jotkut lämmitysmuodot kuluttavat enemmän kuin toiset samassa käyttötarkoituksessa – asiaa voisi verrata kuten bensiini- ja dieselmoottoristen autojen polttoaineen kulutuseroja. Kaikista muuttuvien osien kokonaiskustannuksista on etenkin nykyään energian yksikköhinta.

Lämmittimien toimintaa on tarkkailtava muun muassa mahdollisten vikojen varalta sekä tarpeen muuttumisen kannalta: voidaanko ja onko järkevää muuttaa sijoittelua tai vähentää määrää jne. Säätilaseurantaakin kannattaa tehdä ja varautua ennakkoon lämpötilamuutoksiin.

6.2 Omat kokemukset

Työmaalla, jossa opinnäytetyön tekijä on työskennellyt talvikaudella, on ollut käytössä sähkölämmitystä pienien kohteiden lisälämpönä ja pääasiallisena lämmitysmuotona kiertovesikäyttöisiä termoneja. Molemmista järjestelmätyypeistä on ollut positiivisia kokemuksia – sähkö on helppo ja nopea lämmitysmuoto tilan koosta riippuen, mutta ei termonien olemassaoloakaan huomannut muuta kuin hienoisesta hurinasta, joka puhaltimista lähti. Puhaltimien suodattimia tulisi puhdistaa aika ajoin ohjeiden mukaisesti, koska ne keräävät suuren määrän pölyä ilmasta etenkin saneerauskohteissa, kun sisätiloissa tehdään pölyttäviä töitä. Kiertovesijärjestelmän purkukaan ei ollut vaivalloinen: höyryletkut ovat ainoat raskaat osat siirtää, koska ne olivat lujaa tekoa ja paksuja.

Opinnäytetyötä tehdessä ja eri laitevaihtoehtoihin tutustuessaan hän huomasi, että erästä laitteistotyyppiä ei markkinoilta järin helpolla löydy, mutta jolla voisi olla markkinoita – öljyllä toimiva kiertovesilämpökeskus, jonka puhallusyksikköinä sisätiloissa toimivat kiertovesitermonit. Tällainen järjestelmä olisi huoleton mm. pakokaasujen poiston kannalta, koska poltinsyksikkö olisi jo valmiiksi ulkona. Tällaisella järjestelmällä saattaisi olla kysyntää varsinkin, jos öljyn hinta ei mahdotonta tahtia kipua ylöspäin tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön tekijän mielestä lämmitysjärjestelmän valinta ei ole vaikea prosessi, koska aiheeseen löytyy tietoa ja vinkkejä paljon. Omia sekä muiden käyttäjäkokemuksia kannattaa hyödyntää ja miettiä olisiko tämä vaihtoehto edullinen valinta. Järjestelmä kannattaa mitoittaa hiukan ylisuureksi, jotta se voi toimia mieluummin hiukan pienemmällä teholla kuin koko ajan ääriarajoillaan.

Lähteet

Painetut lähteet

Björkholtz, Dick 1997. Lämpö ja kosteus. Helsinki: Rakentajain kustannus.

Kone-Ratu 07-2-01/-02/-05. Rakennuskuivaajat, kiertoilmalämmittimet, ilmankuivaajat.

Kone-Ratu 07-3032. Rakenteiden lämmitys ja kuivatus.

Sähköiset lähteet

Finlex – Valtion säädöstietopankki. [www-sivu]. [viitattu 5.2.2009]. Saatavissa:
<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19930711>

Polartherm Oy. [www-sivu]. [viitattu 1.2.2009]. Saatavissa:
<http://www.polartherm.fi/>

Talhu Oy. [www-sivu]. [viitattu 11.2.2009]. Saatavissa:
http://www.talhu.fi/tuotteet/index.php?group=00000284&mag_nr=2

Tampereen Sähkölaitos, kaukolämmön myynti. [www-sivu]. [viitattu 1.3.2009]. Saatavissa:
<http://www.tampereensahkolaitos.fi/NR/rdonlyres/B005697E-EA98-45B3-B7F5-B19D91C07AA4/0/Kaukol%C3%A4mm%C3%B6nhinnat1102008.pdf>

Tampereen Sähkölaitos, sähkön myynti. [www-sivu]. [viitattu 1.3.2009]. Saatavissa:
<http://www.tampereensahkolaitos.fi/NR/rdonlyres/C6B06383-4F13-434D-BCA5-E8BEAF41D8C0/0/Myyntihinnasto15102008.pdf>

Muut lähteet

Ahvenvaara, Jaakko, työmaapäällikkö. Keskustelu 9.2.2009. Visura Oy. Tampere.

Anttila, Jyrki, projektipäällikkö. Keskustelu 4.3.2009. Visura Oy. Tampere.

Hämäläinen, Ilpo, tekninen johtaja. Keskustelu 29.1.2009. HRK. Tampere.

Poussa, Harri, työmaapäällikkö. Keskustelu 12.2.2009. Visura Oy. Tampere.

Riepponen, Iikka, työmaapäällikkö. Keskustelu 16.2.2009. Visura Oy. Tampere.