



**TEKNIikka JA LIIKENNE**

**Rakennusalan työnjohto**

**MESTARITYÖ**

**KORJAUSRAKENTAMISEN ENERGIAKUSTANNUSTEN HALLINTA**

**Työn tekijä: Harri Oinonen  
Työn valvoja: Niilo Kemppainen  
Työn ohjaajat: Jouni Saarikko  
Marjaana Nissilä**

**Työ hyväksytty: \_\_\_\_ . \_\_\_\_ . 2010**

**Niilo Kemppainen  
lehtori**



## **ALKULAUSE**

Tämä mestarityö tehtiin YIT Rakennus Oy korjausrakentamispalvelut-yksikölle. Haluan kiittää YIT Rakennus Oy:tä mahdollisuudesta tehdä mielenkiintoinen mestarityö. Isot kiitokset haluan osoittaa työpäällikkö Jouni Saarikolle ja kehityspäällikkö Marjaana Nissilälle tämän mestarityön ohjaamisesta. Jälleen kerran oli heillä aikaa ja mielenkiintoa paneutua työhön antaumuksella muiden työkiireidensä ohella. Lehtori Niilo Kemppainen ansaitsee suuren kiitoksen kaikista vinkeistä ja avusta työn eteenpäin viemiseksi sekä valmiiksi saattamiseksi.

Ja lopuksi haluan erityisesti kiittää äitiäni ja sisaruksiani perheineen. Ilman heidän kannustustaan ja tukeaan olisi koulunkäyntini ja tämän työn tekeminen ollut perin hankalaa.

Helsingissä 16.11.2010

Harri Oinonen

## TIIVISTELMÄ

<b>Työn tekijä:</b> Harri Oinonen	
<b>Työn nimi:</b> Korjausrakentamisen energiakustannusten hallinta	
<b>Päivämäärä:</b> 16.11.2010	<b>Sivumäärä:</b> 60 s. + 4 liitettä
<b>Koulutusohjelma:</b> Rakennusalan työnjohdon koulutusohjelma	
<b>Työn valvoja:</b> Lehtori Niilo Kempainen, Metropolia AMK	
<b>Työn ohjaajat:</b> Työpäällikkö Jouni Saarikko ja kehityspäällikkö Marjaana Nissilä, YIT Rakennus Oy	
<p>YIT Rakennus Oy korjausrakentamispalvelut-yksikössä huomattiin osin Metropolia AMK:n tekemän projektityön avulla, että samantyyppisissä kohteissa on ollut keskenään suuria eroja energiankulutuksessa. Yksiköllä ei ole ollut käytössä työmaiden toimihenkilöille ohjetta, josta selviäisi yksinkertaisia toimia, joilla voidaan työmaan aikaista energiankulutusta hallita. Tämä työ liittyy osana yksikön kehitystyöhön, jonka avulla on tarkoitus saada kaikki tulevat työmaat noudattamaan samoja ohjeita ja menetelmiä niin energiankulutuksen, jätehuollon kuin logistiikan osalta. Osana työtä tutkittiin myös energiankulutuksen seurannan mahdollisuutta, ja sellainen tuleekin työmaiden käyttöön joulukuussa 2010. Oli myös tarkoituksenmukaista osoittaa esimerkkien avulla, miten työmaalla energiaa kulutetaan ja mitkä ovat toimien kustannukset.</p> <p>Rakennuksilla ja rakentamisella on 45 % osuus Suomen energiankulutuksesta. Tästä 5 % kuluu materiaalien valmistukseen ja rakentamisen aikaiseen energiankulutukseen. Valtioneuvoston ilmasto- ja energiastrategiassa Suomen energiankulutus pysäytetään ja lasketaan vuoteen 2020 mennessä vuoden 2008 tasolle. Tämä vaatii energiankäytön tehostamista erityisesti asumisessa, rakentamisessa ja liikenteessä.</p> <p>Kalustokeskuksien haastatteluiden perusteella voidaan todeta, että rakennuslakin on heräämässä energiaa säästävään toimintaan. Markkinoille on tullut energiansäästölampuin varustettuja valaisimia, LED-valaistus tekee tuloaan ja valaistuksen sekä lämmityksen ohjaus on nykytekniikan avulla helppoa. Suurin säästö energiankulutuksessa tehdään kuitenkin ihmisten oikeilla valinnoilla ja oikealla käyttäytymisellä.</p> <p>Työmaatoimihenkilöiden tulisi tietää eri lämmitysmuotojen hyvät ja huonot puolet, sekä soveltuvuudet eri tyyppiin lämmitystilanteisiin. Samoin tulisi tunnistaa laitteet, mitä käyttää oikeissa paikoissa. Työmaan sähköistys- ja valaistussuunnitelman tärkeyttä ei voida liikaa korostaa työmaan energiakustannusten hallinnassa. Hyvällä suunnittelulla sekä valvonnalla työ on sujuvaa ja taloudellista.</p>	
<b>Avainsanat:</b> energiakustannukset, korjausrakentaminen, lämmitysmuoto, työmaakalusto	

## ABSTRACT

<b>Name:</b> Harri Oinonen	
<b>Title:</b> Control of Energy Costs in Renovation	
<b>Date:</b> 16.11.2010	<b>Number of pages:</b> 60 pages + 4 appendices
<b>Department:</b> Construction Management	
<b>Instructor:</b> Niilo Kemppainen, Lecturer	
<b>Supervisors:</b> Jouni Saarikko, Manager of Sites and Marjaana Nissilä, Development Manager	
<p>YIT Rakennus Oy renovation unit discovered that there had been big differences on energy costs in similar type of projects. This was partly because of the project made by the Metropolia university of applied sciences. The unit has not had any type of guideline to give for the site foremen, in which they could find simple solutions to control the costs of energy in the construction site. This study is a part of development work done in the unit, where the objective is to make all future projects follow the same guidelines and use the same methods in energy consumption, waste management and logistics. Part of the study was to make a research about a possibility of following the energy consumption. That kind of tool will be in use for the sites in December 2010. It was also relevant to show trough examples how construction sites use energy and what that costs.</p> <p>Buildings and building take a 45 % share of Finland's total energy consumption. 5 % of this is used in making materials and during the construction. In the strategy of climate and energy made by the Council of State there is announced a goal to stop and reduce the energy consumption to the level of year 2008 by the year 2020. To achieve this there is rationalization needed especially in energy consumption means in living, building and traffic.</p> <p>Based on the interviews made to the service centres a conclusion can be drawn: the building industry is also waking up for the actions to reduce the energy consumption. There has been introduced a light with an energy saving bulb for building use, LED-lights are also coming to the market and the control of heating and lights is easy with the modern technology. But the big saves still come from the right choices people make and with the right behaviour.</p> <p>The site foremen should know the pros and cons of different forms of heating and their suitability to different types of situations. They should also be capable to recognize the right machine for the right use. The importance of the electricity and lights plans at a construction site cannot be emphasized too much in the ways of controlling the costs of energy. With good planning and supervising the work can be smooth and economical.</p>	
<b>Keywords:</b> costs of energy, renovation, form of heating, construction site machinery	

# SISÄLLYS

## ALKULAUSE

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>RAKENTAMINEN JA ENERGIANKULUTUS</b>	<b>2</b>
2.1	Kioton sopimus, EU:n tavoitteet ja valtioneuvoston ilmasto- ja energiastrategia	2
2.2	Rakentamisajan energiansäästö tulevaisuudessa ja sen hyödyt	3
<b>3</b>	<b>KALUSTOKESKUKSIEN HAASTATTELUT</b>	<b>4</b>
3.1	Cramon Kai Palmen	4
3.2	YIT Kaluston kehityspäällikkö Ilkka Koskinen	5
3.2.1	<i>Suunnitelmallisilla toimilla suurimmat säästöt</i>	5
3.2.2	<i>YIT Kaluston ratkaisut kalustovalintoihin</i>	5
3.2.3	<i>YIT Kaluston suositukset lämmitysmuodoiksi</i>	6
3.2.4	<i>Kaluston kehitys energiaa säästävämpään suuntaan</i>	7
3.3	Yhteenveto haastatteluista	7
<b>4</b>	<b>KORJAUSRAKENNUSTYÖMAAN ENERGIAMUODOT</b>	<b>8</b>
4.1	<b>Kaukolämpö</b>	<b>10</b>
4.1.1	<i>Kaukolämmön jakelu</i>	10
4.1.2	<i>Kaukolämmön edut korjausrakentamisessa</i>	11
4.1.3	<i>Kaukolämmön huonot puolet</i>	11
4.1.4	<i>Kaukolämmön päästöt ja hyötysuhde</i>	12
4.2	<b>Sähkö</b>	<b>12</b>
4.2.1	<i>Sähkön toimitus</i>	12
4.2.2	<i>Sähkön käytön edut korjausrakentamisessa</i>	13
4.2.3	<i>Sähkön käytön huonot puolet</i>	13
4.2.4	<i>Sähköntuotannon päästöt ja hyötysuhde</i>	14
4.3	<b>Öljy</b>	<b>14</b>
4.3.1	<i>Polttoöljyn edut korjausrakentamisessa</i>	15
4.3.2	<i>Polttoöljyn huonot puolet</i>	15
4.3.3	<i>Polttoöljyn päästöt ja hyötysuhde</i>	15
4.4	<b>Nestekaasu</b>	<b>15</b>
4.4.1	<i>Nestekaasun käyttötavat</i>	16
4.4.2	<i>Nestekaasun edut korjausrakentamisessa</i>	17
4.4.3	<i>Nestekaasun huonot puolet</i>	17

4.4.4	<i>Nestekaasun päästöt ja hyötysuhde</i>	18
4.5	<b>Eri lämmitysmuotojen kokonaiskustannuksien muodostuminen</b>	<b>18</b>
5	<b>TYYPILLISET ENERGIANKULUTUSLAITTEET</b>	<b>19</b>
5.1	<b>Lämmitys- ja kuivauskalusto</b>	<b>20</b>
5.1.1	<i>Rakennuskuivaajat</i>	20
5.1.2	<i>Vesikiertoiset lämminilmapuhaltimet</i>	21
5.1.3	<i>Ilmankuivaajat</i>	22
5.1.4	<i>Infrapunasäteilijät</i>	23
5.1.5	<i>Lämpökontit</i>	23
5.2	<b>Työmaan sähköistys- ja valaistuskalusto</b>	<b>24</b>
5.2.1	<i>Työmaasähkön pää- ja alakeskukset</i>	25
5.2.2	<i>Valonheittimet</i>	25
5.2.3	<i>Loisteputkivalaisin</i>	26
5.2.4	<i>Poiju-matalaenergiavalaisin</i>	26
5.2.5	<i>LED-valaistus</i>	27
5.3	<b>Työmaatilat, -hissit ja nostokalusto</b>	<b>27</b>
5.3.1	<i>Työmaatilat</i>	28
5.3.2	<i>Työmaahissit ja nostokalusto</i>	31
5.4	<b>Työkalut ja -koneet</b>	<b>31</b>
6	<b>KORJAUSRAKENNUSTYÖMAAN ENERGIANKULUTUS</b>	<b>32</b>
6.1	<b>Lämmitys, kuivatus ja valaistus rakentamisen aikana</b>	<b>33</b>
6.2	<b>Työnaikaisen lämmityksen ja kuivatuksen tavoite</b>	<b>33</b>
6.2.1	<i>Rakenteessa olevan reiän kautta virtaavan ilmamäärän laskeminen</i>	34
6.2.2	<i>Rakenteiden kuivatus lämmittämällä</i>	36
6.2.3	<i>Rakenteiden kuivatus ilmankuivaajilla</i>	37
6.3	<b>Lämmityksen ja kuivatuksen suunnittelu ja sen periaatteet</b>	<b>43</b>
6.4	<b>Lämmitys- ja kuivatustarpeen määrittäminen</b>	<b>45</b>
6.5	<b>Työmaan valaistus</b>	<b>47</b>
6.5.1	<i>Ulkovalaistus</i>	48
6.5.2	<i>Sisäpuolen yleisvalaistus</i>	48
6.5.3	<i>Työkohdevalaistus</i>	49
7	<b>TYÖMAAN SÄHKÖISTYSSUUNNITELMA</b>	<b>50</b>
7.1	<b>Työmaan tehontarpeen määrittäminen ja sähköverkkoon liittyminen</b>	<b>51</b>
7.2	<b>Hyvän sähköistyssuunnitelman edut</b>	<b>53</b>
8	<b>TYÖMAAN VALAISTUSSUUNNITELMA</b>	<b>53</b>
9	<b>MUISTILISTA TYÖMAATOIMIHENKILÖIDEN KÄYTTÖÖN</b>	<b>54</b>
10	<b>MALLITYÖMAAN AVULLA YMMÄRRYS KUSTANNUSVAIKUTUKSIIN</b>	<b>56</b>
11	<b>ENERGIANSEURANTAVÄLINE</b>	<b>57</b>
12	<b>YHTEENVETO</b>	<b>58</b>

**LIITTEET**

Liite 1. Kalustokeskuksien haastattelupohja

Liite 2. Työmaalaitteistoa

Liite 3. Työmaan energiakustannusten hallinnan ohjeistus

Liite 4. Esimerkkejä työmaan energiankulutuksesta

## 1 JOHDANTO

Yit Rakennus Oy on pohjoismaiden johtavia rakennusliikkeitä, jolla on yli 24 000 työntekijää Pohjoismaissa, Venäjällä, Baltian maissa ja Keski-Euroopassa. Suomessa henkilöstöä on n. 10 000, josta rakentamispalveluissa on noin 3 400. Toimitilat ja liiketoimintaryhmän korjausrakentamispalvelut-yksikkö tilasi syksyllä 2009 Metropolia Ammattikorkeakoululta rakennusmestariopiskelijoiden tekemän projektityön, jonka aiheena oli käyttö- ja yhteiskustannusten toteutumien saneerauskohteissa. Valmistuneiden kohteiden energiakustannuksissa huomattiin osin tämän projektin avulla suuria eroja keskenään samantyyppisten kohteiden kesken, ja toisaalta luvuista näki sen, että energiakustannus on merkittävä osa käyttö- ja yhteiskustannuksia. Yksikössä ei ole ollut käytössä minkäänlaista ohjeistusta työmaille, miten esimerkiksi sähköistys olisi taloudellista hoitaa työmaalla, miten talviaikana voidaan säästää lämmityskustannuksissa taikka mitä seikkoja olisi tärkeää ottaa huomioon valaistussuunnitelmaa tehdessä. Täältä pohjalta syntyi idea tehdä mestarityö aiheesta työmaan energiakustannusten hallinta, joka liittyy myös osana yksikön kehitysprojektiin, jossa yritetään saada kaikki yksikön tulevat työmaat noudattamaan samoja ohjeistuksia ja toimintatapoja niin logistiikan, jätehuollon kuin energian kulutuksen hallinnan suhteen.

Mestarityön tavoitteena on selvittää työmaille energiankulutuksessa esiintyvät ongelmat, joiden takia energiankulutus on sekä vaihtelevaa että paikoin erittäin suurta. Työssä paneudutaan sähköistys- ja valaistussuunnitelmien tärkeyteen kustannusten muodostumisessa esimerkkien avulla, eri lämmitysmuotojen etuihin ja haittoihin, kaluston kehityksen luomiin mahdollisuuksiin, oikean kaluston valinnan, sen sijoittelun ja käytön tuomiin säästöihin sekä vallitsevien toimintatapojen tarkistamiseen ja tarvittaessa niiden muuttamiseen.

Työn alussa haastatellaan sekä YIT:n kalustokeskuksen kalustopäällikkö Ilkka Koskista että Cramo Oy:n kehityspäällikkö Kai Palmenia aiheina kalustotoimittajan tarjoamat mahdollisuudet rakennustyömaille energiankulutuksen pienentämiseksi. Haastatteluissa haetaan vastauksia kysymyksiin eri lämmitysmuotojen soveltuvuudesta erityyppisille rakennuskohteille ja –hankkeille. Lisäksi kysytään sekä työmaakalustossa



tapahtuneesta ja lähitulevaisuudessa mahdollisesti tapahtuvasta kehityksestä energiaa vähemmän kuluttavaan suuntaan. Tämän ja aiheesta löytyvän kirjallisuuden pohjalta lähdetään luomaan yksikölle yksinkertaista ohjeistusta, jonka pitäisi soveltua perusidealtaan kohteeseen kuin kohteeseen. Ohjeen tulisi olla kuitenkin niin perusteltu ja tarvittaessa konkreettisesti luvuin todistettu, että työmaat oikeasti ottaisivat ohjeen käyttöön edes silloin, kun ovat epävarmoja omista ratkaisuista esimerkiksi aukkojen suojauksen tai talvilämmityksen suhteen. Näin työmaasta voitaisiin saada vähemmän energiaa kuluttava ja enemmän voittoa tuottava. Ajatuksena on saada työmaatoimihenkilöitä ymmärtämään, mikä vaikutus energiankulutukseen on työmaalla tehtävillä tai tekemättä jätettävillä toimilla, sekä niiden vaikutus kustannuksiin. Lisäksi on tarkoitus selvittää Helsingin Energian tarjoaman energiankulutuksen seurantavälineen soveltuvuutta ja sen luomia mahdollisuuksia korjausrakentamispalvelut-yksikön käyttöön. Mikäli se on tarkoituksenmukainen, tullaan sen käyttöönottoa työmailla harkitsemaan.

## **2 RAKENTAMINEN JA ENERGIANKULUTUS**

Suomessa rakennusten ja rakentamisen osuus on noin 45 prosenttia koko kuluttamastamme energiamäärästä, josta noin 5 prosenttia kuluu materiaalien valmistukseen ja rakentamisen aikaiseen energiankulutukseen. Lisäksi rakennusala aiheuttaa noin 30 prosenttia kaikista Suomessa syntyvistä kasvihuonepäästöistä [1, s. 9–10]. Näistä luvuista pystyy jo päättelemään, että rakennusalalla on merkittävä osa tulevaisuuden kiristyvissä energiatalkoissa. Toisaalta se luo mahdollisuuden alalla toimiville yrityksille toimia suunnannäyttäjänä ja esimerkkinä muulle yhteiskunnalle toimissamme saada aikaan vähäpäästöisempi ja vähemmän luontoa rasittava elinympäristö.

### **2.1 Kioton sopimus, EU:n tavoitteet ja valtioneuvoston ilmasto- ja energiastrategia**

Koska Suomi on ratifioinut Kioton ilmastopöimuksen vuonna 2002, velvoittaa se Suomen vakiinnuttamaan päästönsä vuosina 2008–2012 vuoden 1990 tasolle. EU on asettanut tavoitteeksi vähentää kasvihuonepäästöjä 20 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2020

mennessä ja samalla nostaa uusiutuvan energian osuus noin 20 prosenttiin loppukulutuksesta [2].

Valtioneuvosto hyväksyi 6.11.2008 Suomelle erittäin kunnianhimoisen ilmasto- ja energiastrategian, jossa käsitellään Suomen ilmasto- ja energiapoliittiset toimenpiteet. Strategiasta käy ilmi, että vuonna 2020 ilman merkittäviä toimenpiteitä Suomen kasvihuonepäästöt olisivat 20 prosenttia vuoden 1990 tasoa korkeammalla. Tämä kasvu johtuisi lähes kokonaan energiantuotannon ja teollisuuden päästöistä.

Valtioneuvoston asettamassa strategiassa Suomen energiankulutuksen kasvu pysäytetään ja lasketaan vuoteen 2020 mennessä noin 310 terawattituntiin, joka olisi suurin piirtein nykyisen kulutuksen suuruinen määrä. Sähkön kulutus olisi noin 98 terawattituntia, kun se nykyisellään on vajaa 90 terawattituntia. Nämä tavoitteet edellyttävät energiankäytön tehostamista erityisesti asumisessa, rakentamisessa ja liikenteessä. [3.]

## **2.2 Rakentamisajan energiansäästö tulevaisuudessa ja sen hyödyt**

Jos rakennustarvikkeiden valmistus ja rakentamisen aikainen energiankulutus pysyy samassa suhteessa muuhun energiankulutukseen, tarkoittaa tämä sitä, että vuonna 2020 rakennusala kuluttaisi uuden strategian mukaan 15,5 terawattituntia energiaa ja 5 terawattituntia sähköä. [3.] Tämä tarkoittaa myös sitä, ettei tällaiseen tavoitteeseen päästä ellei rakentamisajan ja rakennustuotteiden valmistuksen energiankulutusta jollakin tavalla aleta tarkastella ja muodostaa uusia energiaa säästäviä ratkaisuja ja toimintamalleja.

Valmiiden rakennuksien lämmöneristyksistä, rakenteista ja niiden kuluttamasta energiasta on säädetty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa, ja uudet tiukennetut määräykset astuivat voimaan 1.1.2010. Sen sijaan rakentamisajan energiankulutusta ei ole säädetty missään, eikä siitä ole vielä edes minkäänlaista ohjetta olemassa. On kuitenkin selvää, että kiristyvissä energiansäästötalkoissa myös rakentamisajan energiankulutukseen tullaan kiinnittämään huomiota tavalla tai toisella. On vastuullisen suuren rakennusliikkeen edun mukaista kehittää toimintaansa energiaa säästävään suuntaan kahdestakin syystä: Lähitulevaisuudessa rakennuttajat ja tilaajat tulevat varmasti näkemään energiaa säästävän rakentamisen kilpailuvalttina ja myös etuna itselleen.

Toisaalta nykyisistä energiaa hukkaan kuluttavista toimista jokaisella työmaalla eroon pääseminen on jo merkittävä kustannussäästö suurelle rakennusliikkeelle kuten YIT-Rakennus Oyj on.

### **3 KALUSTOKESKUKSIEN HAASTATTELUT**

YIT Kaluston Urjalan toimipisteen kalustopäällikkö Ilkka Koskista sekä Cramon kehityspäällikkö Kai Palmenia lähestyttiin haastattelun muodossa (Liite 1). Haastattelun ideana oli saada tietoa sekä yrityksen oman kaluston että toisen kalustotoimittajan tällä hetkellä tarjoamista mahdollisuuksista rakennustyömaille energiankulutuksen vähentämiseen nykyisestä, eri lämmitysmahdollisuuksista ja niiden soveltuvuuksista erityyppisille kohteille, sekä työmaakalustossa tapahtunut ja mahdollisesti tapahtuva kehitys energiaystävällisempään suuntaan.

#### **3.1 Cramon Kai Palmen**

Cramosta haastateltiin kehityspäällikkö Kai Palmenia, joka kertoi esimerkin, että Cramolla on ollut Ruotsissa yksi kehityskohde, jonka koko oli 10 työmaakoppia, 1 valomasto, 1 henkilöhissi ja 2 tavarahissia. Kohteessa käytettiin valaistukseen 20 kappaletta poiju-valaisimia, joka on ympärisäteilevä matalaenergialampulla varustettu valaisin. Niitä on saatavana 23- ja 42-wattisina, ja ne vastaavat 120 watin ja 200 watin hehkulamppuja. Työmaakopit oli lisäeristetty ja saumattu mineraalivillalla ja alasaumat putkieristeellä, saumojen päälle oli vielä laitettu kermit ja pellit. Lisäksi kopeissa oli ollut suunniteltu ja hallittu ilmanvaihto.

Pelkästään näillä toimenpiteillä oli työmaan sähkönkulutus pudonnut 50 prosenttia 100 000 kilowattitunnista vuodessa 50 000 kilowattituntiin vuodessa. Cramon kokemusten mukaan nykyhetkellä vallitsevasta energiankulutuksesta rakennustyömaille olisi mahdollista säästää jopa 60 % verraten yksinkertaisin ratkaisuin, kuten edellä mainitulla työmaalla oli tehty. Lämmitysmuotoon tai sen lähteeseen ei ollut puututtu kehityskohteessa.

Työmaalla paljon sähköä kuluttavaan valaistukseen on Cramon kehitystyön ja kokemusten perusteella kaksi varteenotettavaa vaihtoehtoa poiju-valaisinten lisäksi: monimetallivalaisimet, joissa valontuotto perustuu purkausputkessa käytettyyn useiden eri metallien seokseen, ja LED-valaisin, jonka kehitys on mahdollistanut sen käyttämisen jo valaistustarkoitukseen.

Kai Palmenin haastattelussa oli huomionarvoista, että LED-valaisimet soveltuvat parhaiten tällä hetkellä juuri korkeiden tilojen valaisemiseen ja niissä LED-valaisimen tuottama valo on parhaimmillaan.

Lisäksi Cramolla on tarjota tällä hetkellä rakennustyömaille valaistuksen etäkäyttö- ja ajastusmahdollisuus, jonka avulla työmaalla ei palaisi valot ympäri vuorokauden ja kuluttaisi näin energiaa hukkaan.

## **3.2 YIT Kaluston kehityspäällikkö Ilkka Koskinen**

### *3.2.1 Suunnitelmallisilla toimilla suurimmat säästöt*

YIT:n Urjalan kalustokeskuksesta haastateltiin kehityspäällikkö Ilkka Koskista, ja YIT Kaluston kokemuksen mukaan suurimmat säästöt energiankulutuksessa tehtäisiin järkevällä ja suunnitelmallisella toiminnalla, jossa pyritään kaikki turha kulutus minimoimaan. Hän kuvasi itse, ettei harakoille kannata lämmittää! Nämä toimenpiteet ovat loogisesti ja maalaisjärjellä ajateltuna yksinkertaiset toimet, jotka usein työmailla pääsevät unohtumaan. Rakennuksen vaipan kaikkien aukkojen sulkeminen huolellisesti, sähkökaapeleiden vetäminen oviaukkojen ohitse esimerkiksi karmin viereen tehtävästä reiästä, jotta ne eivät jää pitämään ovea auki. Näin ei päästetä lämpöä hukkaan. Turhat yleis- ja kulkuvalot olisi järkevää sammuttaa päiväsajaksi. Puhelinkeskustelussa hän totesi oikean rakentamisen aloittamisen ajankohdan merkittävyyttä niin, että alkukevästä aloitettaisiin rakennuksen vaippaan ja runkoon kohdistuvat työvaiheet, millä vältettäisiin paljon energiaa kuluttava vaipan ja rungon lämmitys. Tästä päättäminen pääurakoitsijana on tosin usein mahdotonta kilpailu-urakoinnissa, jossa rakennuttaja päättää aloittamisajankohdan. Talviaikaan tapahtuvasta rakentamisesta aiheutuvat energiakustannukset tulee kuitenkin huomioida urakkatarjouksessa.

### *3.2.2 YIT Kaluston ratkaisut kalustovalintoihin*

YIT Kalusto on Ilkka Koskisen mukaan lisännyt vesikiertoisten lämmittimien määrää kalustovalikoimassa, koska niiden vuokra on edullinen, kaukolämpö on yleisesti ottaen edullista energiaa, laitteet ovat yksinkertaisia eikä niiden käyttö vaadi jatkuvaa tarkkailua esimerkiksi polttoaineen loppumisen tai polttimien käyntihäiriöiden suhteen. Kaukolämpölaitteet ovat sähkötehoiltaan pieniä eivätkä mahdolliset sähkökatkokset aiheuta niin suuria ongelmia kuin polttoöljykäyttöisissä, joissa äkillinen sähkökatkos voi aiheuttaa merkittäviä

ylikuumenemisongelmia sekä polttimessa että termostaateissa. Tämän seurauksena voi olla laitteiden rikkoontuminen ja tulipalon vaara.

Valaistus kuluttaa työmaan käyttämästä energiasta merkittävän osan, ja sitä voidaan pienentää valitsemalla halogeenien sijasta loisteputki- ja kaasupurkausvalaisimia kuten natrium- ja monimetallivalaisimet. Valaistuksen ohjaukseen tulisi kiinnittää huomiota, ja sen avulla saataisiin myös energiakustannuksia pienennettyä. Hämäräkytkimillä ja kello-ohjauksella saataisiin valaistus kytkettyä pois päältä pimeän tullen tai haluttuna kellonaikana. LED-valoista on YIT Kalustolla hieman eri mielipide kuin Cramolla, koska Koskisen mukaan ne tulevat kyllä pienentämään valaistuksen energiankulutusta tulevaisuudessa, mutta tällä hetkellä tekniikka ei mahdollista vielä niiden laajamittaista käyttöä. Tähän on varmaan hyvä mainita, että työmaan valaistussuunnitelma tulisi aina tehdä huolellisesti ennen työmaan aloittamista. Ja koska kalustokeskuksilla on paras käytettävissä oleva tieto sen tekemiseen, tulisi kalustokeskusten henkilöstön ammattitaitoa käyttää hyväksi, jotta työmaa saisi tarvittavan ja kattavan valaistuksen, muttei se silti olisi ylimitoitettu ja energiaa turhaan kuluttava.

Asuinrakennuksissa käytetyt lämpöpumput eivät Ilkka Koskisen mukaan sovellu rakennustyömaakäyttöön, koska asennus on työlästä ja asentaminen, sekä työmaan pöly ja lika vanhentavat niitä nopeasti. Näin menetettäisiin energiassa säästetty raha siihen, että jouduttaisiin investoimaan uusia lämpöpumppuja usein. Työmaatiloihinkin lämpöpumppujen käyttö vaatii Ilkka Koskisen mielestä systeemin kehittämistä vielä ja ainakin lyhytkestoisilla kesän molemmiin puolin rajoituvilla työmailla niillä saavutettu säästö lämmityksessä kuluu kesäaikaiseen viilennykseen. YIT Kalusto on joskus aikaisemmin käyttänyt viikkokelloilla ja alennustermostaateilla toimivia työmaatilojen lämmitysjärjestelmiä, joilla alennetaan työmaatilojen lämpötilat öiksi ja viikonlopuiksi ja näin säästetään energiaa. Äkkiseltään Koskinen epäili, että laitteet ovat kehittyneet tuosta ja voivat olla varteenotettava keino säästää.

### 3.2.3 YIT Kaluston suosituksset lämmitysmuodoiksi

Ilkka Koskisen mukaan isoissa teollisuus- ja hallikohteissa tulisi käyttää isoja 100–300 kilowatin lämmitysyksiköitä ja energiamuotona joko polttiliöljyä tai kaukolämpöä.

Asunto- ja toimistokohteissa, joissa lämmön siirtyminen huonetilasta toiseen on hallitsematonta, on syytä käyttää useita pienempiä yksiköitä tai ohjata lämpö putkistojen avulla tiloihin esimerkiksi keskipakopuhaltimien avulla. Lämmitintehot ovat näissä sähköä käytettäessä 3–9 kilowattia ja vesikiertoisissa 50–80 kilowattia. Sähkön käyttö laajassa mittakaavassa lämmitykseen johtaa suuriin päävarokkeisiin, sitä kautta suuriin liittymismaksuihin ja se on vielä kaiken lisäksi verraten kallista energiaa. Lisäksi kaikilla alueilla eivät sähkölaitokset pysty tarjoamaan riittävän suurta liittymää.

Julkisivukohteissa on tarvetta käyttää infrapunalämmittämiä esimerkiksi muuraustyövaiheessa talvisaikaan, jotta saavutetaan riittävän lämpimät olosuhteet muuraustyön toteutukseen. Infrapunalämmittimien tehot ovat 13–26 kilowattia.

Melkein aina on syytä pyrkiä ottamaan rakennuksen lopullinen lämmitysmuoto käyttöön niin varhain kuin se vain on mahdollista. Näin päästään eroon ylimääräisistä johdoista ja putkista työmaan käytäviltä, ja lämpö jakaantuu tasaisesti koko rakennukseen ilman erillisiä laitteistoja.

#### *3.2.4 Kaluston kehitys energiaa säästävämpään suuntaan*

YIT Kalusto on pyrkinyt polttoöljykäyttöisissä laitteissa investoimaan laitteisiin, joilla on korkea hyötysuhde. Sähkö- ja vesikiertoiset puhaltimet sekä kaasukäyttöiset lämmittimet toimivat lähes 100-prosenttisella hyötysuhteella, joten laitevalinnoilla ei lämmityksessä pystytä energiaa juuri säästämään.

Lämmittimien ja valaistuksen digitaaliset ohjausjärjestelmät ovat vielä kovin vieraita. Kehitys tulee varmasti johtamaan tälläkin saralla tulevaisuudessa kehitykseen. Tärkein näillä saavutettava hyöty on varmasti häiriötilanteessa saatava vikailmoitus, jotta työajan ulkopuolellakin pystytään reagoimaan, jos työmaan lämmitys jostain syystä menee poikki. Lämmityslaitteilla käyttövarmuus on kuitenkin tärkein tekijä, eikä edistyneinkään tekniikka aina takaa sitä.

### **3.3 Yhteenveto haastatteluista**

Haastatteluista voidaan todeta, että Cramon Kai Palmen ja YIT Kaluston Ilkka Koskinen katsovat asioita hieman eri näkökulmista. Kai Palmenin

esimerkkityömaa ja Cramon kehitystoimista kertominen osoittavat, että Cramo on vahvasti mukana kehittämässä vähemmän energiaa kuluttavia ratkaisuja rakennusalan käyttöön. Nämä ratkaisut ovat luonnollisesti yrityksen toimialaan eli rakennuskonevuokraukseen liittyviä. Lisäksi vastauksista näkee sen, mikä on ollut monessa muussakin rakennusalalla tapahtuneessa kehityksessä huomattavissa, että ratkaisut tulevat Ruotsin kautta, jossa asioihin jostain syystä vain paneudutaan aikaisemmin kuin Suomessa. Cramon ratkaisut valaistuksen energian säästämiseen LED-valaistuksen avulla, työmaakonttien lisäeristäminen ja poijumatalaenergiavalaisimen tuominen Suomen markkinoille herättävät toivon mukaan kiinnostusta asiaan rakennusalalla. Nämä ovat kuitenkin yksinkertaisia asioita, joilla voidaan säästää merkittävästi sekä taloudellisesti että ympäristön kuormittavuudenkin kannalta katsottuna.

YIT Kalusto on myös investoinut uusiin laitteisiin ja ratkaisuihin jonkin verran. Kuten esimerkiksi vesikiertoisten lämmittimien ja polttoöljykäyttöisten laitteiden, joissa on korkea hyötysuhde lisääntyminen kalustovalikoimassa osoittaa. Sinänsä energiaa säästävien uusien laitteiden testaamiseen työmailla ja niiden kehitystyöhön ei YIT Kalusto ainakaan vielä ole lähtenyt. Toisaalta YIT:n kalustokeskuksen toimiala ja bisnesidea on hieman erilainen kuin Cramon, ja toiminta on kokonaisvaltaisempaa palvelua oman yrityksen työmaiden hoitamiseksi. Ilkka Koskisen kommentit ja kalustokeskuksen näkemys siitä, että ihmisten toimilla on suurin yksittäinen merkitys energiankulutuksen kanssa, pitää kyllä ehdottomasti paikkansa.

Asiaa voisi ajatella näinkin, että mikä merkitys on uusilla vähän energiaa kuluttavilla valaisimilla, jos niitten sijoittelua ei osata suunnitella ja ne saattavat olla päällä ympäri vuorokauden? Mitä hyötyä on lisäeristää esimerkiksi työmaakontit, jos ovet ovat auki talvisaikaan tai kaapeleita kulkee ovien raoista? Kaluston kehittyminen luo kyllä mahdollisuuksia vähemmän energiaa kuluttavaan rakentamiseen, mutta työmaan toimihenkilöillä, jotka kaluston käyttöä suunnittelevat ja valvovat, tulisi olla käsitys niistä asioista ja toimista, jotka kuluttavat energiaa turhaan.

#### **4 KORJAUSRAKENNUSTYÖMAAN ENERGIAMUODOT**

Korjausrakennustyömaa voidaan hyvin useassa tapauksessa liittää korjattavan rakennuksen lämmityksen piiriin. Tämä säästää

laittekustannuksissa, ja korjattavat rakennukset ovat pääpiirteittäin kaukolämmön jakelun piirissä. Näin ollen voi työmaa ottaa lämmitysenergiansa verraten yksinkertaisesti rakennuksen olemassa olevasta lämmönjakohuoneesta. Jakamalla se jakotukein, letkuin ja vesikiertoisin lämmittimin korjattaviin tiloihin, saadaan käyttöön halpaa kaukolämpöenergiaa. Aina tämä ei kuitenkaan ole mahdollista. On myös olemassa tilanteita, joissa tarvitaan joka tapauksessa jotain muuta lämmitysmuotoa kuin kaukolämpöä. Tämän takia onkin syytä tarkastella eri lämmitysmuotojen hyviä ja huonoja puolia, laitteistoja, kulutuksia, päästöjä ja nykyhetken hintatasoa.

Tämän hetken eri energiamuotojen hinnat ovat seuraavat:

- Pohjoismaissa sähkön hinta määräytyy Suomen, Ruotsin, Tanskan ja Norjan alueilla tapahtuvan energialähteiden tuotannon perusteella. Sitä säädellään, ja siitä käydään kauppaa Nord Poolissa. Hinta vaihtelee riippuen kulutuksesta ja siitä mitä polttoaineita joudutaan käyttämään. 25.10.2010 päivän keskiarvo oli 5,3 c/kWh. [4.]
- 1 litra öljyä painaa 0,85 kg, ja kilon sisältämä energiasisältö on 11,8 kWh [5]. Kevyen polttoöljyn hinta oli 12.10.2010 Vantaalta 2 000 litraa ostettaessa 79,2 c/litra [6]. Tästä muodostuu energian hinnaksi noin 7,9 c/kWh. Lisäksi pitää ottaa huomioon polttamisen hyötysuhde.
- Rakennustyössä pääasiassa käytetty nestekaasu on propaani. Se on öljynjalostuksessa syntyvä tuote. Yhden kilon nestekaasua sisältämä energiasisältö on 12,8 kWh. Sen hinta vaihtelee kausittain öljyn hinnan mukaan, mutta normaalisti se on noin puolet bensiinin litrahinnasta eli tällä hetkellä noin 70 c/litra. Kilo nestekaasua on 2 litraa. [7.] Tästä muodostuu energian hinnaksi noin 10,9 c/kWh. Lisäksi pitää ottaa huomioon polttamisen hyötysuhde.
- Kaukolämmön hinta määräytyy rakennuksen tilavuuden ja vuosikulutuksen mukaan. Suurin osa YIT Rakennuksen korjaamista rakennuksista sijoittuu luokkaan 4 ja 5. Korjattavassa kohteessa ei tarvitse maksaa liittymismaksua. 1.7.2010 voimaan astuneiden kaukolämpöhintojen mukaan Helsingin Energian myymä kaukolämpö maksaa luokille 4 ja 5 energiamaksuineen 4,702 c/kWh ja 4,429 c/kWh. [8.]



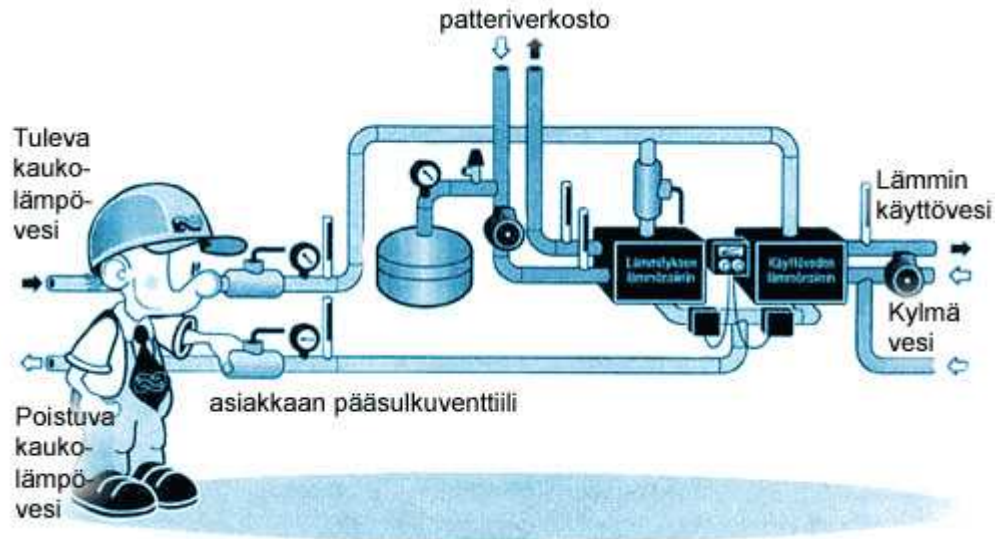
## 4.1 Kaukolämpö

Kaukolämpö on lämmön ja sähkön yhteistuotantolaitoksissa tai erillisissä lämpölaitoksissa tuotettava lämmitysmuoto. Sen tuotannossa käytetään pääpolttoaineina maakaasua, hiiltä, turvetta ja öljyä. Hieman on kasvanut myös uusiutuvien polttoaineiden kuten puun ja biokaasun käyttö polttoaineena. Kaukolämpöverkkoa on esimerkiksi Helsingin alueella satoja kilometrejä, mikä mahdollistaa lähes sataprosenttisen toimintavarmuuden. Yhden silmukan peittäessä tai huoltotoimien johdosta sen ollessa pois käytöstä voidaan kaukolämpö kuljettaa vaihtoehtoisia reittejä pitkin asiakkaille. [9.] Kaukolämpö on Suomen yleisin lämmitysmuoto lähes 50 % markkinaosuudellaan, ja 90 % Suomen kerrostaloista, noin puolet rivitaloista ja valtaosa julkisista rakennuksista käyttää kaukolämpöä lämmitysmuotonaan.

### 4.1.1 Kaukolämmön jakelu

Kaukolämpö siirretään tuotantolaitoksilta asiakkaille kuumana vetenä suljetussa kaksiputkisessa kaukolämpöverkossa, johon kuuluu meno- ja paluujohto. Kaukolämpövesi ei kierrä asiakkaan verkossa, vaan se johdetaan rakennuksen lämmönjakokeskukseen. Siellä kuuma vesi kiertää lämmönsiirtimen läpi luovuttaen lämpöä rakennuksen lämmitysverkostoon, sen jälkeen jäähtynyt vesi johdetaan takaisin kaukolämpöverkon paluuputkeen. Rakennuksen lämmönkulutus lasketaan mittaamalla rakennukseen tulevan ja sieltä poistuvan veden lämpötilaero ja virtausmäärä kaavalla:

**Lämmönkulutus (kWh)= lämpötilaero (°C)-kaukolämmön kiertovesimäärä (m<sup>3</sup>)-veden ominaiskerroin 1,163 (kuva 1).**



Kuva 1. Kaukolämmön jakelu rakennukseen: patteriverkostosta otetaan jakotukein kiertovesi rakentamisen aikaisille lämmittimille [10].

#### 4.1.2 Kaukolämmön edut korjausrakentamisessa

Kaukolämmön etuihin voidaan ehdottomasti laskea sen edullinen hinta ja lähes 100 %:n saatavuus vähänkin isomman kokoluokan kohteissa. Korjattavien rakennuksien lämmönjakolaitteistoja voidaan pääasiallisesti käyttää, joten ei synny kuluja lämmönvaihtimien hankinnasta. Yleensä riittää pelkkien jakotukien ja vesikiertoisten lämmittimien hankinta. Ja näistäkin vain jakotukit kannattaa työmaan ostaa, lämmittimet on edullisempaa vuokrata. Talotekniikan ollessa lämmityksen osalta valmis voidaan siirtyä rakennuksen omaan verkostoon ja palauttaa lämmittimet takaisin kalustovuokraajalle. Käytettäessä kaukolämpöä ei synny palamisen tuotteita, joten laitteistot ovat melko huoltovapaita ja logistiikka on suhteellisen helppo järjestää. Kaukolämpö soveltuu patterilämmitykseen, lattialämmitykseen ja ilman lämmittämiseen. Se on omimmillaan asuintalo-kohteissa sekä suurissa halli- ja toimistorakennuksissa lämmittämään suurta ilmanalaa.

#### 4.1.3 Kaukolämmön huonot puolet

Kaukolämmön liittymismaksut ovat melko suuria (14 000–23 000 €) [8], joten jos rakennus ei ole jo valmiiksi kaukolämpöverkossa, siihen liittyminen työmaan ajaksi ei luultavasti kannata. Pienemmillä paikkakunnilla kaukolämmön hinta on verrattain suurta verrattuna isoihin asutuskeskuksiin. Tämä johtunee osittain ainakin siitä, että sitä joudutaan varta vasten tekemään lämpölaitoksissa eikä näin synny sähköä joka tuottaisi myös tuloja

lämpöyhtiölle. Lämminvesikiertoiset lämmittimet ovat kuitenkin sen verran suuria, ettei niitä voi jokaiseen pieneen valuun edes suunnitella ahtauden takia. Energiayhtiöiden kaukolämmön luonnonmukaisuuden puolesta annetuista lausunnoista huolimatta voidaan sen huonona puolena pitää silti sen kuormittavuutta luontoa kohtaan. Kivihiili, öljy, maakaasu ja turve tuottavat palaessaan hiilidioksidia ilmakehään. Myös kivihiilen poltossa palamistuotteena syntyvä kivituhka sisältää useita myrkkyjä kuten elohopeaa ja arsenikkia.

#### *4.1.4 Kaukolämmön päästöt ja hyötysuhde*

Kaukolämmön käyttö rakennuksessa sinällään ei tuota päästöjä, vaan sen tuottaminen tuotantolaitoksissa. Se ratkaisee, millä tavalla kaukolämpö tuotetaan ja onko tuotantolaitoksen ainut lopputuote lämpö. Toisaalta tuotetaan lämpöä millä tahansa keinolla pois lukien aurinko, vesi ja tuuli, syntyy aina päästöjä. Ja luonnonvoimilla tuotettu energia on vielä nykypäivänä mahdoton ajatus Suomessa. On myös luonnollista, että kaukolämmön tuotanto tuottaa eniten päästöjä, koska suurin osa rakennuskannasta kuuluu kaukolämmön piiriin. Kaukolämmön päästöt ovat luokkaa 220 g CO<sub>2</sub>/kWh yhteistuotantoalueilla, ja sen hyötysuhde on 100 % [9].

## **4.2 Sähkö**

Sähköä käytetään rakentamisen aikana eniten kaikista energiamuodoista. Vaikkakaan suoralla sähköllä ei lämmitetä rakennuksia juuri ollenkaan, kuluu sähköä silti rakentamisen aikana valaistukseen, työkaluihin ja sähkökäyttöisiin lämmittäjiin. Lisäksi työmaakopit lämmitetään pääsääntöisesti sähköpattereihin ja betonitöiden yhteydessä käytettävä lankalämmitys toimii sähköllä. Suuret rakennusliikkeet ovatkin tehneet sopimukset jonkun tietyn sähkön myyjäyrityksen kanssa sähkön toimittamisesta koko yrityksen kaikille työmaille ja toimipisteille. Näin saadaan sovittua edulliset hinnat, ja yritysکوhtainen palvelu kuten sähköns seuranta tuntiperustaisena kulutuksena.

### *4.2.1 Sähkön toimitus*

Sähköä tuotetaan suurissa voimalaitoksissa, jotka tuottavat pelkästään sähköä kuten ydinvoimalat ja vesivoimalat tai yhteistuotantolaitoksissa kaukolämmön kanssa tai teollisuuden sivutuotteena. Näistä sähkö johdetaan

suurjännitejohtoja pitkin muuntamoille, joissa se muutetaan pienempijännitteiseksi, jotta sitä voidaan käyttää kotitalousverkoissa. Suomessa sähköä tuotetaan pääasiassa ydinvoiman, kivihiilen, vesivoiman, maakaasun, puupolttoaineiden ja maakaasun avulla.

#### 4.2.2 Sähkön käytön edut korjausrakentamisessa

Kaikki korjattavat rakennukset kuuluvat sähkönjakelun piiriin, ja yleisesti ottaen ei pääurakoitsijan tarvitse tehdä erillistä liittymissopimusta kun aloitetaan rakennuksen korjaustyöt. Ennen työmaan aloitusta lasketaan käytettävä sähköteho yhteen, ja sitä kautta saatu virtamäärä kertoo pääsulakkeen koon. Näin voidaan valita työmaan pääkeskus, johon otetaan rakennuksen olemassa olevasta sähköpääkeskuksesta virta. On sopimusasia maksaako tilaaja vai pääurakoitsija työmaan aikana käytettävän sähkön, mutta työmaan pääkeskuksessa olevasta mittarista voidaan joka tapauksessa lukea työmaan aikana kulunut sähkömäärä. Sähköä käytettäessä ovat laitekustannukset edullisia, lähes kaiken tarvittavan valaistus- ja lämmityskaluston voi vuokrata edulliseen hintaan. Kunnan sähköistysuunnitelman avulla on helppo pitää työmaa logistisesti kunnossa; ei pääse tapahtumaan ylikuormitusta ja virransaanti on taattu. Sähkölaitteita käytettäessä on työ jatkuvaa, koska ei ole vaaraa polttoaineen loppumisesta johtuvista katkoksista. Talviajan ohuissa seinä- ja pilarivaluissa sekä valujen rajakohtien lämmittämisessä on sähköllä toimiva lankalämmitys oikein käytettynä nopein tapa saavuttaa betonin muottien purkulujuus, joka on noin 60 %. Tämä vaatii tosin hyvää tietämystä asiasta ja osaavan rakennusmiehen tekemään työn. Näin saadaan lisättyä tuotantonopeutta, vaippa nopeammin umpeen sekä tiiviiksi ja lämmönpitäväksi. Lattiavaluissa ja tiloja kokonaisuutena haluttaessa kuivaksi ja päällystyskuntoon on sähkökäyttöisten kuivaajien käyttö yhdessä puhaltimien avulla tapahtuvan ilmanvaihdon kanssa tehokasta.

#### 4.2.3 Sähkön käytön huonot puolet

Sähkö on verraten kallis energiamuoto, ja sen käyttö koko rakennuksen lämmitystarkoitukseen on epätaloudellista. Kuitenkin esimerkiksi työmaakopit lämmitetään sähkön avulla lähes aina, joten onkin aivan aiheellista harkita niiden lämpötilojen laskemista työajan ulkopuolella. Yhden asteen lämpötilan lasku säästää 5 % lämmityskustannuksissa. Työmaan yleisvalaistuksen kanssa on samantyylinen ongelma, ne monesti palavat

ympäri vuorokauden ja näin kuluttavat turhaan energiaa. Tämä ongelma voitaisiin poistaa suunnittelemalla valaistus niin, että yhdestä sähkökeskuksesta yhden johdon irrottamalla voitaisiin valaistus sammuttaa työpäivän päätteeksi. Toinen vaihtoehto on käyttää joko valaistuksen ajastusta tai hämäräkytkimiä. Suunnittelemattomana tai huonon suunnittelun tuloksena voi työmaalla olla aivan liian pieni sähkökapasiteetti, joko koko työmaalla tai osassa työmaata on liian paljon sähkötehon tarvetta yhtä aikaa liian pienen sulakkeen takana. Tämän seurauksena tulee sähkönsyötön katkoksia ja työ keskeytyy aivan turhaan.

#### 4.2.4 Sähköntuotannon päästöt ja hyötysuhde

Sähköntuotannon päästöt riipuvat kaukolämmön tavoin siitä, millä muotoa sähkö on tuotettu. Se vaihtelee ydinvoimalla tuotetusta 10 g CO<sub>2</sub>/kWh turpeella tuotettuun 367 g CO<sub>2</sub>/kWh. Keskimääräinen päästökerroin sähkönhankinnalle Suomessa on 200 g CO<sub>2</sub>/kWh. Sähkön hyötysuhde on 100 %. [9.]

### 4.3 Öljy

Rakennustyömaalla käytetään polttoöljyä työmaan koneisiin sekä lämmitykseen. Polttoaineiden kanssa työskenneltäessä on aina olemassa tulipalon ja räjähdysvaara. Asetus öljylämmityslaitteistoista [11] ja sen 6 § sanoo seuraavaa:

Öljylämmityslaitteiston pitämiseen on saatava lupa, jos polttoöljyn varastointimäärä on suurempi kuin 1 000 m<sup>3</sup>. Luvan myöntää turvatekniikan keskus.

Jos polttoöljyn varastointimäärä on enintään 1 000 m<sup>3</sup>, öljylämmityslaitteistosta on tehtävä ilmoitus paloviranomaiselle.

Lupaa tai ilmoitusta ei tarvita, jos öljylämmityslaitteiston säiliön tai säiliöiden yhteistilavuus on enintään 200 m<sup>3</sup>.

Kuitenkin enintään 200 m<sup>3</sup> säiliön omaava öljylämmityslaitteisto voidaan ottaa käyttöön vasta, kun sen asentanut toiminnanharjoittaja on koekäyttänyt sen ja laitteisto on kaikilta osilta osin valmis. Laitteiston asentaneen henkilön on annettava työn teettäjälle allekirjoitettuna kirjallinen todistus siitä, että laitteisto ja siihen kohdistuneet työt ovat säännösten ja määräysten mukaisia. Lisäksi hänen on toimitettava paikalliselle paloviranomaiselle

viipymättä kopio tästä todistuksesta, jonka jälkeen paloviranomaisen on kolmen kuukauden sisällä katsastettava laitteisto.

#### 4.3.1 *Polttoöljyn edut korjausrakentamisessa*

Polttoöljyn hinta ei ole kovin kallista, ja polttoöljykäyttöisten laitteiden etuina ovat suuret tehot. Näin voidaan saada siirrettyä suuria määriä lämmintä ilmaa melko vaivattomasti. Tämä voi tulla kyseeseen tilapäisessä hallimaisten rakennusten lämmittämisessä, tai ennen laajoja valutöitä, kun tarvitsee saada tilat lämpimiksi nopesti ja pidettyä lämpöä yllä valujen jälkeen.

#### 4.3.2 *Polttoöljyn huonot puolet*

Polttoöljyn haittapuolena on ehdottomasti laitteiden suuri kulutus. Onkin erittäin arveluttavaa suunnitella polttoöljy-perustaista ratkaisua lämmitysmuodoksi pitkäksi aikaa. Kuten aikaisemmin mainittiin, on polttoaineita käsiteltäessä aina turvallisuusriskejä. Laitteet vaativat huoltoa, koska syntyy kaasuja ja nokea palamistuotteena. Monimuotoisiin rakennuksiin linjastojen vetäminen on erittäin työlästä ja jos polttoaine pääsee loppumaan, loppuu myös lämmön saanti.

#### 4.3.3 *Polttoöljyn päästöt ja hyötysuhde*

Polttoöljyä poltettaessa syntyy 267 g CO<sub>2</sub>/kWh päästöjä ja sen hyötysuhde on 80–90 % [9].

### 4.4 **Nestekaasu**

Nestekaasua käytetään rakennustyömailla talviaikana lisälämmitykseen, sekä valu- ja julkisivutöiden oikeiden kuivumisolosuhteiden luomiseen. Nestekaasua voidaan tilata työmaille 33 kg:n pulloissa, tai 184 kg:n suurpulloissa. [12.] Nestekaasun käyttö ja varastointi on luvanvaraista toimintaa. Ilmoitusmenettelyt on jaettu kolmeen kategoriaan varastoitavan nestekaasumäärän mukaan, laajamittaiseen (yli 50 t nestekaasua), keskiuureen (5–50 t nestekaasua) ja vähäiseen (alle 5 t nestekaasua). Rakennustyömaalla harvoin tarvitaan yli 5 tonnin nestekaasuvarastoja, joten onkin hyvä tarkastella, mitä vähäisen varastoinnin ja käytön ilmoitusmenettelyssä on huomioitava. Kauppa- ja teollisuusministeriön nestekaasuasetus 26.7.1993/711 [13], ja sen 17 § sanoo näin:

Nestekaasun vähäisestä teknisestä käytöstä, käsittelystä tai varastoinnista on tehtävä ilmoitus kunnan palopäällikölle, kun nestekaasun varastointimäärä on yli 200 kg. Ilmoituksessa on selvitettävä:

- 1) toiminnanharjoittajan nimi, kotipaikka ja yhteystiedot;
- 2) laitoksen sijainti;
- 3) varastoitavan nestekaasun määrä; sekä
- 4) milloin toiminta aiotaan aloittaa.

Ilmoitukseen on liitettävä:

- 1) pääpiirteittäinen selostus siitä, miten tekninen käyttö, käsittely tai varastointi on suunniteltu tapahtuvaksi;
- 2) piirustukset, joista ilmenee selvästi säiliöiden ja pullojen sijoitus; sekä
- 3) selvitys palontorjunnan järjestelystä ja muista onnettomuustilanteiden varalta suunnitelluista toimenpiteistä.

Ilmoitus on tehtävä hyvissä ajoin ennen toiminnan aloittamista.

#### 4.4.1 Nestekaasun käyttötavat

Nestekaasua käytetään sekä kaasumaisessa että nestemäisessä muodossa. Nestekaasu on paineistettuna säiliöissä nestemäisessä olomuodossa. Kaasumaisessa muodossa nestekaasua käytettäessä johdetaan se suoraan pullosta liittimien ja paineenalentajien kautta lämmittimille. Syöttönopeus riippuu ympäröivän ilman lämpötilasta, järjestelmän käyttöpaineesta, kaasupullon koosta ja siellä jäljellä olevasta kaasumäärästä. Mitä lämpimämpää ympäröivä ilma on ja mitä tyhjiä pulloja ovat, sen nopeampi on nestekaasun höyrystymisnopeus ja sitä kautta suurempi syöttönopeus eli teho. Nestemäisessä muodossa nestekaasua käytettäessä on säiliön jälkeen linjassa nestekaasun sähkökäyttöinen höyrystin (kuva 2). Nestemäisessä muodossa oleva nestekaasu höyrystetään siellä, ja sieltä nestekaasu johdetaan jakokeskuksen kautta lämmittimille. Nestemäisessä muodossa olevan kaasun käyttö lisää hyötysuhdetta, koska pulloja voidaan käyttää täysin tyhjiksi, mikä ei ole mahdollista kaasumaisessa muodossa käytettäessä. Lisäksi nestemäisessä muodossa kaasua käytettäessä on suurempi energiantuoton mahdollisuus ja saadaan tasaisempi kaasun syöttö, kun ei olla riippuvaisia ympäröivän ilman lämpötilasta eikä säiliössä olevasta kaasun määrästä. [12.]



Kuva 2. Nestekaasun höyrystin, syöttökapasiteetti 32 kg/h, teho 6 kW, jännite 400 V [12].

#### 4.4.2 Nestekaasun edut korjausrakentamisessa

Nestekaasulla on hyvä hyötysuhde verrattuna polttoöljyyn, ja sen palamistuotteena syntyy oikein poltettuna vain hiilidioksidia ja vesihöyryä. Näin ollen voidaan lämpimiä palokaasuja käyttää lämmitystarkoitukseen, mikä on mahdotonta polttoöljykäyttöisillä lämmittimillä. Nestekaasukäyttöisten lämmittimien lämpöhäviö onkin tästä syystä 10–30 % pienempi kuin polttoöljykäyttöisten. Laitekustannukset ovat varsin edullisia, ja laitteiston pystyyn laittaminenkin käy työnsä osaavilta ammattilaisilta varsin nopeasti. Nestekaasukäyttöiset lämmittimet ovat keveitä verrattuna samantehoiseen polttoöljykäyttöisiin. Koska kaikki nestekaasulaitteet ovat termostaattiohjattuja, saavutetaan laitteilla hyvä polttoainetehokkuus ja pieni lämpöhäviö. Pintojen suoraan lämmittämiseen, kuten julkisivuihin ja holvivaluihin soveltuu parhaiten juuri nestekaasukäyttöiset infrapunasäteilijät. Käytettäessä infrapunalämmittämiä julkisivutöissä voidaan sääsuojan ehdottomasta tiiveydestä tinkiä, koska ei ole niin suurta tarvetta lämmittää ilmaa, vain pelkkä julkisivu. Tästä koituu taas välillisesti säästöjä sääsuojan kustannuksien kautta. Kun vain huolehditaan, että työmaalla on tarpeeksi nestekaasua, on työ sujuvaa. Lämmittimet on varustettu liekinvalvontalaitteella, joten jos jostain syystä liekki pääsee sammumaan, katkeaa kaasunsyöttö lämmittimeen saman tien. Yhden kilon nestekaasua polttamiseen tarvitaan noin 12 m<sup>3</sup> ilmaa, joten riittävä ilmanvaihto on hyvä muistaa. [12.]

#### 4.4.3 Nestekaasun huonot puolet

Herkästi syttyvänä ja räjähtävänä tuotteena on nestekaasua käsiteltävä varoen. Linjaston rakentaminen tulisikin teettää työn osaavalla henkilöllä.



Kaasulekut eivät kestä viiltoja, kuormia tai rasitusta kovinkaan paljoa menemättä rikki. Tästä on seurauksena kaasuvuoto ja merkittävä työturvallisuusriski. Nestekaasu tuottaa noin  $2 \text{ g/m}^3$  lisäkosteutta ilmaan ja näin hidastaa huonetilojen kuivumista. Tästä syystä tulisikin huonetilojen lämpötilat nostaa vähintään  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ :een. Näin ilma pystyisi sitomaan enemmän kosteutta lämmitettävistä rakenteista. Tämä tosin vaatii enemmän tehoja lämmitykseltä, mikä taas nostaa lämmityskuluja. Kun lämmittimet on kertaalleen laitettu paikoilleen, on niiden siirtely ja linjaston muuntaminen työlästä verrattuna esimerkiksi sähköön tai kaukolämpöön. [12.]

#### 4.4.4 Nestekaasun päästöt ja hyötysuhde

Nestekaasun päästöt sitä poltettaessa ovat  $234 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$  ja sen hyötysuhde 95–100 % [9].

### 4.5 Eri lämmitysmuotojen kokonaiskustannuksien muodostuminen

Lämmitysmuotojen kokonaiskustannukset muodostuvat laitteistojen hankinta- tai vuokraushinnasta, energiamuodon hankintahinnasta, laitteiden tehosta ja käyttöajasta, aloituskustannuksista kuten asennuksesta ja käyttöönotosta, laitteiston mahdollisesta muuntamisesta rakennustyön aikana ja työn aikaisista huolto- ja ylläpitokustannuksista. Onkin siis tärkeää suunnitella käytettävä päälämmitys- ja mahdollinen työkohdelämmitysmuoto etukäteen. Energian kulutusta on erittäin vaikeaa suunnitella tarkasti etukäteen, johtuen muuttuvista sääolosuhteista ja mahdollisista yllätyksistä rakennustyön aikana. Niillä tiedoilla, mitä ennen rakentamisen aloittamista on saatavilla, tulisi linjastot ja kaapelireitit suunnitella niin, ettei niitä tarvitsisi muuttaa kesken työn. Laitteet tulisi mitoittaa laskelmin oikean kokoisiksi, ettei kuluteta energiaa hukkaan valitsemalla liian suuritehoisia lämmittimiä, tai jouduta hankkimaan lisälämmittimiä ja näin muuttamaan linjastoa, koska alkuperäinen oli liian pienitehoinen. Eri lämmitysmuodoilla on soveltuvuuksia erityyppiseen työhön, ja niiden parhaita puolia tulisi hyödyntää, eikä esimerkiksi suunnitella lämmittävänsä polttoöljykäyttöisellä lämpökontilla koko talven ajan rakennusta. Laitteita väärinkäytettäessä nousee niiden huolto- ja ylläpitokustannukset, joten niihin perehtyminen ja niitä käyttävän henkilön perehdyttäminen on tärkeää. Sähkön käytön suhteen on hyvä sähköistys- ja valaistussuunnitelma perustana energiankäytön hallitulle ja mahdollisimman pienelle kulutukselle.

Taulukko 1. Eri lämmitysmuotojen edut, haitat ja soveltuvuudet.

	<b>Kaukolämpö</b>	<b>Sähkö</b>	<b>Öljy</b>	<b>Nestekaasu</b>
<b>Plussat</b>	Edullinen hinta, valmiit linjastot korjattavissa rakennuksissa, suhteellisen huoltovapaat laitteistot	100 % saatavuus, edulliset laitekustannukset, ei laitteiden huoltoa, logistisesti helppo toteuttaa, työ sujuvaa ja katkeamatonta	Suhteellisen edullinen hinta, laitteiden suuret tehot	Laitteiden hyvät hyötysuhteet, hyvä polttoainetehokkuus, työ sujuvaa
<b>Miinukset</b>	Jos tarvitsee liittyä verkostoon, liittymismaksut suuria, hinnat korkeammat syrjäseuduilla, koko teollisuuden päästöt suuria	Hinta, huonosti suunniteltuna syntyy katkoksia työhön ylikuormituksen johdosta	Laitteiden suuri kulutus, laitteiden huoltotyöt, logistiikka vaatii huolellisuutta, tulipalon riskit, laitteiden hyötysuhteet pienehköt	Tulipalon ja räjähdysvaarat, palamisen tuloksena syntyvä lisäkosteus rakennukseen, logistisesti hankala muunnella valmiita linjoja
<b>Mihin soveltuu</b>	Asuntokohteet, suuret halli- ja toimistokohteet	Talviajan valuihin lankalämmityksen muodossa, työkohtelämmityksen, lattiavaluihin	Suurien tilojen tilapäinen lämmitys	Betonin lämmitys infrapunalämmittimillä, runkovaiheen lämmitys ennen vaipan sulkemista, työkohtelämmitys varauksin

## 5 TYYPILLISET ENERGIANKULUTUSLAITTEET

Rakennustyömaalla on paljon energiaa kuluttavia laitteita, koneita ja työkaluja. Sen lisäksi energiaa kuluu työmaakoppien sähköistykseen ja työmaan valaistukseen. Vanha tuttu laite ei välttämättä ole paras mahdollinen vaihtoehto kyseiseen työhön tai tarkoitukseen, mutta sitä on vain totuttu käyttämään. Työmaatoimihenkilön tulisi tietää tai ainakin ottaa

selvää juuri kyseiseen tilanteeseen sopivasta laitteesta ja sen ominaisuuksista. Seuraavassa on esitelty yleisimpiä rakennustyömaalla käytössä olevia laitteita ja niiden ominaisuuksia, sekä soveltuvuuksia eri käyttötarkoituksiin. Valaisinten joukossa on myös esitelty ratkaisuja, joita ei vielä kovin paljon Suomessa rakennusalalla käytetä, mutta jotka ovat energiataloudellisia ja selvästi tulevaisuuden trendi. Lopussa olevasta taulukosta (Liite 2) näkee esimerkkejä eri laitteiden ja koneiden tehontarpeista, sekä polttoainekäyttöisten kulutuksia. Sähkön tehontarpeen avulla voidaan laskea työmaan kokonaistehontarpeen kautta pääsulakkeen koko.

## 5.1 Lämmitys- ja kuivauskalusto

### 5.1.1 Rakennuskuivaajat

On olemassa nestekaasu-, öljy- ja sähkökäyttöisiä rakennuskuivaajia, joiden kokoonpano hieman poikkeaa toisistaan. Käyttötarkoituksena näillä kaikilla on valitun tilan lämmittäminen haluttuun lämpötilaan polttimeen kuumentaman vaipan (nestekaasu- ja öljykäyttöiset), tai sähkövastuksen avulla puhalletulla ilmalla. Samalla kostea ilma johdetaan pois joko puhaltimien avulla tai ilman niitä tilassa olevien poistoilmanaukkojen kautta. [14, s. 1.]

Rakennuskuivaajat soveltuvat parhaiten runsasta siirtelyä vaativiin kohteisiin ja rakennustilojen lämmitykseen sekä kuivatukseen erityisesti runkovaiheen aikana. [14, s. 2.]

Rakennuskuivaajia on olemassa teholtaan 3,2 kW:n sähkökäyttöisistä aina 140 kW:n öljykäyttöisiin, ja niiden käyttö tulisi suunnitella aina tapauskohtaisesti mitoittamalla niin, ettei laitteen teho ole liian iso eikä liian pieni lämmitettävään tilaan (kuva 3). Mieluummin valitaan kaksi tai useampi pienempitehoista kuin yksi suuritehoinen. Lisäksi laitteen käyttämällä energiamuodolla on myös merkitystä. Mitoitusperiaatteina voidaan käyttää esimerkiksi seuraavia:

- Lämmitettävän tilan valmiusaste ja laatu: Öljykäyttöinen soveltuu parhaiten muottien lämmitykseen, kun taas nestekaasu-, sähkö- ja kaukolämpökäyttöiset soveltuvat runko- ja sisävalmistusvaiheiden lämmitykseen ja kuivatukseen.
- Lämmitettävien tilojen koot ja määrät.

- Kaukolämmön tai rakennuksen lopullisen lämmitysmuodon mahdollinen käyttö.
- Eri energiamuotojen saatavuus ja niiden hintasuhteet.
- Laitteiden lämmitysteho ja ulosottojen määrä. [14, s. 3.]



*Kuva 3. Sähkökäyttöisiä rakennuskuivaajia [22]*

### 5.1.2 Vesikiertoiset lämminilmapuhaltimet

Edullinen työmaalla käytettävä vaihtoehto on joko kaukolämpöverkkoon tai kiinteistön omaan kiertovesijärjestelmään liitettävä lämminilmapuhallin eli kiertovesilämmitin. Korjausrakennustyömaalle tämä on omiansa siitä syystä, että usein korjattava rakennus kuuluu kaukolämmön piiriin, ja suhteellisen edullisilla investoinneilla kuten jakotukit, voidaan työmaan lämmitys kytkeä kaukolämpöverkkoon. Näin saadaan alusta alkaen työmaan käyttöön edullinen lämmitysmuoto.

Kaukolämpöverkosta otettava vesi kiertää lämmittimen läpi, ja lämmittimessä olevat lämmönsiirtimet ottavat vedestä lämmön talteen, siirtäen sen puhaltimen toimitettavaksi lämmitettävään tilaan. Puhallin on sähkökäyttöinen. Vesikiertoisia lämminilmapuhaltimia löytyy teholtaan 8–200 kW:n välillä. Vaikka niissä ei ole kanavointimahdollisuutta, soveltuvat ne useita huonetiloja sisältäviin rakennuksiin laitteissa olevien pyörien johdosta (kuva 4).



*Kuva 4. Kiertovesilämmitin [22]*

### 5.1.3 Ilmankuivaajat

Ilmankuivaajat tulevat kysymykseen rakennustyömailla, kun halutaan poistaa ilmasta kosteutta esimerkiksi syksyaikana betonin kuivumisen edistämiseksi. Sen ollessa taloudellisesti kannattamatonta ilmaa lämmittämällä kannattaa se tehdä ilmaa kuivaamalla.

Ilmankuivaajia on olemassa sekä kondensaatio- että absorptiomenetelmiin perustuvina. Molemmissa on sama idea, mutta toteutus ja käyttölämpötilat hieman poikkeavat toisistaan. Kondensaatiokuivaajassa kuivatettava ilma imetään suodattimen läpi jäähdytyskennostoon, osan ilmassa olevasta kosteudesta tiivistyessä sen pinnalle. Kuivatettu ilma puhalletaan hieman lämmentyneenä takaisin huoneilmaan. Kennoston pinnalle tiivistynyt vesi kerätään talteen. Absorptiokuivaajassa imetään kuivatettava ilma suljettuun roottoriyksikköön, jossa kemikaalien avulla kerätään kosteus roottoriin. Laite poistaa kuivan ilman takaisin sisäilmaan. Laitteeseen imettävä regenerointi- eli kuivausilma kerää roottorilassa olevan kosteuden ja kuljettaa sen pois. Kostean ilman poiskuljetusta varten tarvitaan poistoputki tai -kanava. Kondensaatiokuivaajat toimivat parhaiten lämpimämissä ja kosteammissa tiloissa, kun taas absorptiokuivaajat toimivat myös alemmissa lämpötiloissa, mutta eivät sovellu hyvin paljon kosteutta sisältäviin tiloihin. [15, s. 63;16.]

Ilmankuivaajia mitataan niiden kosteudenpoistolitroina per vuorokausi mukaan, ja niitä on olemassa oikeastaan kaiken kokoisia rakennustyökäyttöön. Ilman lämpötilan ollessa alhainen ilmankuivaajien kanssa voidaan käyttää pientä lämmitintä antamaan paremmat

kosteudentuotto-olosuhteet. Tärkein asia ilmankuivaajia käytettäessä on kuivatettavan tilan ehdoton tiiveys, koska ilmankuivain kuivaa ilman joka tapauksessa, tuli se sitten sisäilmasta tai vuotokohtien kautta ulkoilmasta.

#### 5.1.4 Infrapunäsäteilijät

Säteilyyn perustuvassa lämmityksessä ei ole tarkoituksena lämmittää ilmaa, vaan säteily muuttuu lämmöksi vasta sen osuessa kappaleeseen. Osa säteilystä tunkeutuu kappaleeseen lämmittäen sitä, ja osa heijastuu takaisin lämmittäen ilmaan.

Infrapunäsäteilijöiden käyttö tulee kysymykseen oikeastaan vain kylmänä aikana tehtävissä töissä. Holvien valuissa, joissa holvin alapuolelle asennetaan säteilijät lämmittämään betonia, sekä julkisivutöissä, kun huputetun rakennustelineen sisällä tehdään esimerkiksi muuraustyötä. Säteilijöillä saadaan betonin lämpötila nousemaan ja julkisivumuurauksissa tiilet sekä saumat pysymään jäätymättä.

Infrapunäsäteilijät toimivat nestekaasulla, yleisimmät käytössä olevat säteilijät ovat 12,5 kW ja 25,8 kW tehoisia, ja niiden säteilyteho on 1-3,5 kW/m<sup>2</sup>. Säteilijöiden käytön kanssa tarvitsee muistaa, että toimitaan nestekaasun kanssa, joten aina on räjähdys- ja tulipalovaara. Laajamittaisessa käytössä tarvitsee miettiä kaasunjakelun logistiikka tarkkaan, ettei kaasu pääse loppumaan työvuorojen välillä. Lämmitettäessä holvia alhaalta päin on holvin yläpinta suojattava lämmöneristeellä, jottei lämpö haihtuisi ilmaan holvin yläpinnasta ja näin nostaisi lämmityskustannuksia.

#### 5.1.5 Lämpökontit

Yksi vartenotettava vaihtoehto koko työmaan lämmittämiseen talviaikana on polttoöljykäyttöinen lämpökontti (kuva 5). Kontissa ulkoa otettu ilma lämmitetään ja puhalletaan kanavistoa pitkin keskipakoispuhaltimen avulla haluttuun tilaan.

Kontteja on vajaan 200 kW:n tehoisista aina lähelle 1 000 kW. YIT Kalusto käyttää Polarthermin lämpökontteja, ja valikoimassa on kaksi mallia: 195 kW ja 372 kW. Säiliöiden tilavuudet ovat 2 000 ja 3 000 litraa. Laitteilla on hyvä lämmityskapasiteetti, yli 7 000 m<sup>3</sup> ja niiden kulutus on noin 20–40 l/h. Konttien kanavistoon on saatavilla adapterikappaleita, joiden avulla

pääkanava voidaan jakaa useampaan pienempään kanavaan. Laitteissa on yleensä myös alle rakennetut jalakset, jotta niitä voidaan siirtää tarvittaessa. [17.]

Kuten kulutuksesta voi laskea on öljykäyttöisen lämpökontin käyttö erittäin kallista, ja se soveltuukin parhaiten lyhytaikaiseen suurien tilojen lämpimäksi saattamiseen. Tällaisia ovat esimerkiksi kovilla talvipakkasilla tapahtuvat laajat lattiavalut rakennuksen sisällä, kun ei olla vielä kaukolämpöverkossa tai muun lämmityskaluston saaminen tilaa lämmittämään on hankalaa.

Lämpökonttien käytössä on muutamia erittäin tärkeitä muistettavia asioita. Niiden mukana tulevat lämpötila-anturit, joiden avulla kontti säätelee lämpötilaa ja kulutusta, tulisi sijoittaa rakennuksessa tilan keskelle, ei oven viereen. Ulkona olevat osat kanavasta tulisi eristää, jottei ilma ehdi jäähtymään matkalla kontista rakennukseen.



*Kuva 5. 195 kW lämpökontti*

## 5.2 Työmaan sähköistys- ja valaistuskalusto

Työmaan valaistuskalustoa esiteltäessä jätetään tästä työstä tietoisesti halogeenivalaisimet pois, koska niistä tulisi muutenkin rakennustyömailla päästä lopullisesti eroon. Ne ovat paljon energiaa kuluttavia, ja niiden käytön kanssa on ainainen tulipalon vaara. Sen sijaan esitellään vähemmän energiaa kuluttavat poiju-matalaenergiavalaisimet ja LED-valaistus. Vaikka LED-valaistuksen soveltuvuudesta vielä nykytekniikalla rakennustyökäyttöön

voidaan kiistellä, on se toivottavasti jo huomisen asia. Työmaakeskuksista esitetään nimellisvirrat, niihin liitettävissä olevat maksimitehot ja ulostulolähtöjen määrät. Itse työmaan pääkeskuksen mitoitus esitetään tuonnempana työmaan sähköistys-luvun yhteydessä.

### 5.2.1 Työmaasähkön pää- ja alakeskukset

Työmaan pääkeskus valitaan kokonaistehontarpeen mukaan. Pääkeskuksen koko on kuitenkin yleensä joko 630 A tai 400 A. Pienempiäkin 250 A ja 125 A löytyy, mutta tällöin on työmaan kokonaistehontarpeen oltava todella pieni. 630 A:n pääkeskus sisältää jalusta-, mittaus- ja pistorasiaosan, ja siihen maksimissaan liitettävä teho on noin 400 kW. Siitä voi lähteä esimerkiksi 1x400 A, 2x250 A ja 2x160 A kaapelit alakeskuksille. Lisäksi siinä on luultavasti jokunen 63 A ja 32 A pistorasiapaikka, johon voidaan suoraan kytkeä pienempi lähellä oleva alakeskus. Työmaakeskukset ovat hyvinkin paljon muunneltavissa kulloinkin haluttavaan muotoon, mutta perusideana on, että suuremmasta keskuksesta jaetaan seuraavaan pienempään keskukseen virta. Kulloisenkin alakeskuksen tulisi täyttää halutun tilan tai työskentelyalueen tehontarve niin, ettei jouduta siirtelemään keskuksia tai ottamaan virtaa toiselta alakeskukselta. Tällöin työmaa pysyy hyvässä järjestyksessä, ja kaikkialla riittää tarpeeksi virtaa työntekoon. Juurikin tämä asia tarvitsee sähköistysuunnitelmassa tarkkaan miettiä.

### 5.2.2 Valonheittimet

Rakennustyömaalla tarvitaan Suomen pimeistä vuodenaajoista johtuen ulkovalaistusta suurimman osan ajasta vuodessa. Tästä syystä käytetään valonheittimiä pihalla. Nykyisin käytettäviä valonlähteitä niissä ovat elohopea-, suurpainenatrium tai monimetallilamput. Elohopealamput tullaan tosin kieltämään muutaman vuoden kuluessa EU:n toimesta, ja monimetallilamput ovat ottamassa valta-aseman valonheitinmarkkinoilla. Kaikki nämä ovat kaasupurkauslamppuja, ja niissä on korkeat hyötysuhteet, pitkät lamppujen käyttöiät, ja nämä takaavat taloudellisuuden verrattuna halogeenivalaisimiin.

Monimetallivalaisimia on saatavilla 10 W:sta aina 24 kW tehoisiin saakka, joskin rakennustyömailla tarve liikkuu 70–1 000 W:n välillä. Suurpainenatriumvalaisimia on saatavana 50–1 000 W välillä. Suurpainenatriumvalaisin tuottaa oranssinkeltaista valoa, kun taas



monimetallivalaisin tuottaa valkoista valoa. Monimetalli- ja suurpainenatriumvalaisimet toimivat suuressa paineessa, joten niissä on olemassa räjähdysvaara. Niiden käytön suhteen tulisikin olla varovainen, ja hankkia tarvittavat tiedot valaistuksen tarpeesta, siihen sopivista valaisimista, sekä niiden turvallisen käytön opastus. [18.] [19.]

### 5.2.3 *Loisteputkivalaisin*

Työmailla yleisimmin käytettävä kulkuteiden valaisintyyppi on 2x36 W tai 2x58 W loisteputkivalaisin, ja niitä kutsutaan yleisesti latu-valoksi. Ne ketjutetaan toisiinsa; näin ei tarvita jatkojohtoja valaisimilta keskuksille. Lampuilla on pitkät käyttöiät, hyvä valontuotto ja ne kestävät jonkin verran tärinää. Lisäksi valaisin ei lämpene, joten sitä käytetään jonkin verran myös työkohdevalaisimena, ja ahtaisiin paikkoihin se myös sopii. [20, s. 5.]

Yleisvalaistuksen kanssa tulisi muistaa se, että valaisimia myös käytettäisiin pelkästään yleisvalaistukseen. Jokainen urakoitsija on velvollinen hoitamaan oman työpisteensä kohdevalaistuksen, eikä kenelläkään tulisi olla minkäänlaista tarvetta ottaa ketjutetusta valaistuksesta valaisimia pois omaan käyttöön. Tämä tosin vaatii jatkuvaa tarkkailua ja asiaan puuttumista päätoteuttajan puolelta.

### 5.2.4 *Poiju-matalaenergiavalaisin*

Suhteellisen uutena tuotteena Suomen markkinoille on tullut poiju-matalaenergiavalaisin. Se ovat ympärivalaisevia ja häikäisemättömiä. Niissä on kaksi pistorasiaa. Toiseen voi laittaa työkoneen ja toisesta voi ketjuttaa valaisimia toisiinsa. Ne soveltuvat sekä yleisvalaistukseen että työkohdevalaisimeksi (kuva 6). Ketjutettuna 4 metrin välein tulee valaistusvoimakkudeksi 100 luksia, mikä riittää jo erinomaisesti yleisvalaistukseen. Lisäksi rakenne ja materiaali kestävät kovaa käyttöä työpaikalla, mikä on selvä etu esimerkiksi loisteputkivalaisimeen verrattuna. Niitä on saatavana 26 W ja 42 W tehoisina, ja niissä on energiansäästölamppu (8–10 000 h) [21]. Näistä syistä tämä on erittäin taloudellinen valaisin käyttää. [22.]



Kuva 6. Poijuvalaisin [22]

### 5.2.5 LED-valaistus

LED (engl. Light-Emitting Diode) eli loistediodi, hohtodiodi tai ledi on puolijohdekomponentti, joka säteilee valoa kun sen läpi johdetaan sähkövirta. Alun perin ainoastaan elektroniikan näyttö- ja merkkivaloina käytetyn LEDin kehitys on ollut viime vuosina huimaa, ja kun japanilainen Shuji Nakamura keksi vuonna 2006 valkoisen LEDin, alkoi sen kehittäminen myös valaistuskäyttöön. LEDin etuina ovat pitkä käyttöikä, hyvä kestävyys ja pieni virrantarve. Parhaimpien valkoisten, kirkkaiden LEDien hyötysuhde on loisteputkien luokkaa ja moninkertainen verrattuna hehkulamppuun. LEDit kestävät hyvin iskuja, koska niissä ei ole rikkoontuvia lasikuoria ja niiden käyttöiät ovat pitkiä (jopa 100 000 h). LEDeissä on sen syttymisaika joitakin kymmeniä nanosekunteja. Huonoja puolia on ehdottomasti niiden suhteellisen kalliit hankintahinnat vielä tänä päivänä. Lisäksi valkoisen LEDin spektrikäyrä ei ole tasainen, vaan se sisältää suuria voimakkuuseroja. Huolimatta valkoisen LED-valon korkeasta värinsoistoindeksistä, saattaa se tästä syystä vääristää yksittäisiä värejä. [23.]

### 5.3 Työmaatilat, -hissit ja nostokalusto

Läheskään aina ei korjausrakennustyömaallakaan voida sijoittaa työmaatoimistoja ja sosiaaliiloja korjattavaan rakennukseen, vaan on turvauduttava perinteisiin työmaaparakkeihin. Lisäksi hankkeesta riippuen tulee hyvin usein myös kysymykseen työmaahissien ja nostokaluston, kuten mastolavanostimien tarve. Näistä työmaakoppien kohdalla voisi olla tuotekehittelyn avulla saavutettavissa säästöjä energiankulutuksessa. Työmaahissien ja nostokaluston osalta säästöt voidaan saavuttaa

oikeastaan vain tehokkaan käytön avulla, ja sekin säästö syntyy työn nopeutumisen ja sitä kautta laitteiden nopeamman palautuksen johdosta.

### 5.3.1 Työmaatilat

Työmaakoppeja ja työmaan sosiaalitylöitä saa muunneltuna oikeastaan minkälaisina työmaalla vain koetaan tarpeelliseksi. Perusvaatimukset tulevat toki valtioneuvoston asetuksesta rakennustyön turvallisuudelle ja työministeriön päätöksestä, missä asetetaan puhtaan juomaveden saatavuudesta, pukukaappien ja pukeutumistilojen vaatimuksista, lämpimästä pesuvedestä, ruokailutiloista ja vähintään + 18 °C lämpötilasta.

YIT Kalustolla on sopimus Cramo Oy:n kanssa työmaakoppien toimittamisesta, ja sitä kautta voidaankin tarkastella konttien nykyisiä U-arvoja Cramon esimerkkikohteessa Ruotsissa toteutettuun ratkaisuun (ks. luku 3.1).

Tällä hetkellä Cramon YIT Kalustolle toimittamissa työmaakopeissa on seuraavanlaiset rakenteet:

#### *YP*

- profiilipelti
- 3,2 mm kovalevy
- 95 mm puurunko
- 95 mm polyuretaanieriste
- 6 mm lastulevy

#### *Seinät*

- profiilipelti
- 60 mm puurunko
- 60 mm polyuretaanieriste
- 5,2 mm koreapaneli

#### *AP*

- muovimatto hitsatuin saumoin
- 12 mm havuvaneri
- 95 mm puurunko
- 95 mm polyuretaanieriste
- 3,2 mm kovalevy. [24.]

Lämmönläpäisykerroin (U) lasketaan kaavalla  $U = 1/R_T$ , ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ), jossa

$R_T =$  rakennusosan kokonaislämmönvastus =  $R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$   
( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ ), jossa

$R_{si}$ ,  $R_{se} =$  sisä- ja ulkopuoliset pintavastukset ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

$R_1 = d_1/\lambda_1$ ,  $R_2 = d_2/\lambda_2$ ,  $R_n = d_n/\lambda_n$

$d_{1,2,n} =$  ainekerroksien 1, 2, n paksuus (m)

$\lambda_{1,2,n} =$  rakennusaineiden 1, 2, n normaaliset lämmönjohtavuudet ( $W/m \cdot ^\circ C$ ).

Rakennusaineiden normaaliset lämmönjohtavuudet, sekä sisä- ja ulkopuoliset pintavastukset löytyvät esimerkiksi Suomen rakentamismääräyskokoelman osasta C4 [25].

$R_{T, \text{katto}} = 0,1 + (0,001/50) + (0,0032/0,13) + (0,095/0,033) + (0,006/0,14) + 0,04 =$   
 $3,09 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$

$U_{\text{katto}} = 1/3,09 = \mathbf{0,32 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C}$

$R_{T, \text{seinä}} = 0,13 + (0,001/50) + (0,06/0,033) + (0,0052/0,12) + 0,04 = 2,03 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$

$U_{\text{seinä}} = \mathbf{0,49 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C}$

$R_{T, \text{lattia}} = 0,17 + (0,002/0,18) + (0,012/0,14) + (0,095/0,033) + (0,0032/0,13) + 0,04 =$   
 $3,2 \text{ m}^2 \cdot ^\circ C/W$

$U_{\text{lattia}} = \mathbf{0,31 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C}$

Kuten tuloksista huomaa, ovat työmaakoppien U-arvot erittäin heikkoja. Työmaakoppien sisäkorkeus on korotetussa mallissa noin 2500 mm ja leveys noin 2200 mm. Työmaakopeille on annettu minimikorkeudeksi 2200 mm [26] ja leveydelle ei ole asetettu mitään, joten koppeja voidaan lisäeristää. Lisäeristämällä Cramon mallin mukaan kopit 100 mm paksulla mineraalivillalla niiden minimikorkeusvaatimus vielä täyttyy ja U-arvoiksi saadaan

$U_{\text{katto}} = \mathbf{0,2 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C}$

$U_{\text{seinä}} = \mathbf{0,26 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ C}$

$$U_{\text{lattia}} = 0,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°C}$$

Lisäeristämisen avulla saatiin katon ja lattian U-arvoista kolmannes pois, sekä seinien U-arvoista lähes puolet. Lisäksi jos kopit olisivat kunnolla tiivistettyjä niin, että lämpö ei karkaisi koppien nurkkakohdista, olisivat koko talven säästöt isommalla työmaalla merkittäviä. Tämä tosin vaatisi työtä koppien lisäeristämiseen, ja koppien jo entuudestaan pienet tilat kävisivät vieläkin pienemmiksi.

Cramon työmaalla oli 10 työmaakoppia, oletetaan, että kaikki ovat kokoa 3,3·7,2 metriä. Ulkoilman lämpötila on  $-15 \text{ °C}$  ja sisäilman  $+20 \text{ °C}$ . Lasketaan kustannusvaikutukset pelkällä polyuretaanilla eristetyille kopeille verrattuna lisäeristettyihin koppeihin:

Lopullinen lämmitystehontarve saadaan laskemalla johtumishäviöt ja ilmanvaihdon vaatima lämmitysteho yhteen (ks. luku 6.2.3). Työmaakoppien yhteenlaskettu tilavuus on  $3,3\text{m} \cdot 7,2\text{m} \cdot 2,3\text{m} \cdot 10\text{kpl} = 546 \text{ m}^3$ . Ilmanvuotolukuna voidaan paremman tiedon puuttuessa käyttää energialaskelmissa yleisesti käytössä olevaa vertailuarvoa 2 1/h. Tarvittava ilmanvaihto on siis  $1092 \text{ m}^3/\text{h}$ . Ilmanvaihdon vaatima lämmitysteho on 12,7 kW. Polyuretaanilla eristetyn kopin johtumishäviöt ovat seuraavat:

- Ikkunat=  $1,44\text{m}^2 \cdot 2\text{kpl} \cdot 2,8\text{W/m}^2 \cdot \text{°C} \cdot 35\text{°C} = 282 \text{ W}$
- Ovi=  $1,9 \cdot 1,4 \cdot 35 = 93 \text{ W}$
- Ulkoseinät=  $45 \cdot 0,49 \cdot 35 = 772 \text{ W}$
- Katto=  $24 \cdot 0,32 \cdot 35 = 266 \text{ W}$
- Lattia=  $24 \cdot 0,31 \cdot 35 = 260 \text{ W}$ .

Yhteensä johtumishäviöt ovat siis 1,7 kW/koppi. Oletetaan, että liittymät ovat tiiviit, ja saadaan kymmenen kopin johtumishäviöiksi 17 kW. Mineraalivillalla lisäeristetyissä kopeissa ovat johtumishäviöt 11 kW. Yhteensä tehontarpeet ovat polyuretaanieristeisille kopeille 29,7 kW ja lisäeristetyille kopeille 23,7 kW. Jos käytetään sähkön ostohintana aikaisemmin mainittua 5,5 c/kWh (ks. luku 4), ja lasketaan lämmityskustannukset kuukauden ajalta molemmille koppelille, saadaan seuraavanlaiset tulokset:

- Polyuretaanieristeiset kopit=  $29,7\text{kW} \cdot 5,5\text{c/kWh} \cdot 30 \cdot 24\text{h} = 1176 \text{ €}$
- Lisäeristetyt kopit=  $23,7 \cdot 5,5 \cdot 30 \cdot 24 = 938 \text{ €}$

Lämmityskustannukset alenivat 21 % suhteellisen yksinkertaisin menetelmin. On huomattava, että laskelman tulos perustuu melko kovalla  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  pakkasella laskettuihin arvoihin. Tarkemman tuloksen voi laskea astepäiväluvun avulla, jonka löytää koko talven ajalle muun muassa Internetistä, useista eri lähteistä.

### 5.3.2 *Työmaahissit ja nostokalusto*

Aina ei ole korjausrakentamisessakaan mahdollista käyttää rakennuksen alkuperäistä hissiä työn aikana tai sellaista ei rakennuksessa ole olemassakaan. Tällöin joudutaan pystyttämään rakennuksen ulkopuolelle työmaahissi tavarain ja henkilöiden nostamista varten. On myös yleistä käyttää mastolavanostimia julkisivujen korjaustöihin, ja torninosturi tulee myös kysymykseen isommalla tontilla pidempiaikaisella työmaalla. Näistä laitteista oikeastaan vain työmaahissien kohdalla voidaan puhua energiansäästön mahdollisuudesta. Se, mitä työmaahissien kohdalla voidaan tehdä, on rakentaa kunnolliset ja tiiviit ovet kerroksien hissiaukkojen kohdalle. Tässä pätee sama kuin muidenkin rakennuksen aukkojen kohdalla: tukkimaton ja tiivistämätön aukko vuotaa suunnattomia määriä lämmintä ilmaa ulos rakennuksesta, nostaen energiankulutusta. Torninosturien vuokrat ovat kohtuullisen suuria, ja niiden ottama sähköteho on noin 35 kW–250 kW nostokapasiteetista riippuen [20]. Tästä syystä tulisi ennen työmaan aloittamista selvittää perusteellisesti nostotyön tarve, ja sen mukaan valita työmaan päänostin. On aivan turhaa ottaa torninosturia kuluttamaan vuokraa, jos sen käyttöaste jää pieneksi. Julkisivujen korjaustöissä käytettävää mastolavanostinta voidaan pitää hyvänä valintana, jos sillä pystytään tekemään yhtäjaksoisesti työtä ja on tasainen maaperä. Mastolavanostimen pystyttäminen on aikaa vievää puuhaa, joten sen jatkuva siirtely ei ole kovin taloudellista, ja sellaisissa tapauksissa tulisi turvautua muihin nostoapuvälineisiin.

## 5.4 Työkalut ja -koneet

Rakennustyömaan työkalut ja -koneet pitävät normaalisti sisällään kulmahiomakoneita, poravasaroita, iskuporakoneita, sekoittajia, timanttileikkureita ja -poria, pöytäsiirkekeitä, maalausruiskuja jne. On siis olemassa laaja kirjo eri tarkoitukseen soveltuvia työkaluja. Näiden kohdalla on tärkeintä se, että niitä osataan käyttää oikein valittuun työtarkoitukseen ja laitteet ovat ehjiä. Jokaisessa sähkölaitteessa tulisi olla arvokilpi, mistä käy

ilmi laitteen valmistaja tai tuotenimi, laitteen malli- tai tyyppimerkintä, jännite (V), teho (W tai kW), testauslaboratorion sertifikaatti ja IP-koteloitiluokkatunnus, joka kertoo muun muassa miten laite on suojattu vedeltä ja pölyltä (kuva 7).



Kuva 7. Sähkölaitteen arvokilpi [22]

Työntekijälle tulisi aina antaa perehdytys laitteen käyttöön, jos se on hänelle tuntematon tai uusi työväline. Sähkölaitetta ei saa käyttää ilman teräsuojia tai muita siihen kuuluvia suojavarusteita. Käsityökalut ovat normaalisti aika pienitehoisia, mutta niiden käyttöön on varauduttava sähköistysuunnitelmaa tehdessä. Jos työmaan sähkötehontarve mitoitetaan liian pieneksi, saattavat alakeskukset työn aikana olla liian kuormitettuja, ja keskuksien vikavirtasuojia laukeaa katkaisten virransyötön.

## 6 KORJAUSRAKENNUSTYÖMAAN ENERGIANKULUTUS

Korjausrakennustyömaat ja niiden rakennusvaiheet vaihtelevat suuresti hankkeesta riippuen. Jossain kohteessa saatetaan tehdä pelkkä julkisivujen perusparannus ja toisessa saattaa urakkaohjelmassa olla linjasaneeraus. Laajoissa kohteissa tehdään jo olemassa oleviin rakennuksiin laajennuksia, sekä saneerataan olemassa oleva rakennus perusteellisesti aina talotekniikkaa myöten. Tämä käytännössä vastaa melkein uuden rakennuksen rakentamista, koska laajennukseen tehdään maanrakennustyöt ja sen vaippa. Tästä johtuen on syytä käsitellä myös kaikkia rakennusvaiheita ja niiden tarvitsemaa lämmityksen ja energian tarvetta. Lisäksi uudisrakentamiseen verrattuna on korjausrakentamisessa purkutyövaihe, jossa energiaa kuluu niin käytettävään purkutyökalustoon kuin korjattavien tilojen lämpimänä pitämiseenkin.

## 6.1 Lämmitys, kuivatus ja valaistus rakentamisen aikana

Lämmitys- ja energiatarve jakaantuu rakentamisen eri vaiheissa tyypillisesti seuraavasti:

### *Maanrakennusvaihe*

- maan sulattaminen ja sen sulana pitäminen
- lumen ja jään sulatus.

### *Perustusvaihe*

- perustusten sulana pitäminen
- betonin lämmittäminen.

### *Runkovaihe*

- betonin lämmittäminen
- työkohtelämmitys
- alempien kerroksien lämmitys ja kuivatus.

### *Täydentävien rakenteiden vaihe*

- kuivaus ja lämmitystarve sisävalmistustöissä [27].

### *Korjausrakentamisen purkutyövaihe*

- purkutyökaluston tarvitsema energia
- korjattavien tilojen lämmittäminen.

Kaikissa työvaiheissa kuluu normaalisti energiaa myös valaistukseen, jonka voi jaotella ulko-, yleis- ja kulkutie- ja työkohtevalaistukseen, työmaan nosto- ja siirtokaluston ja työvälineiden käyttämiseen sekä työmaatilojen lämmitykseen ja sähköistämiseen.

## 6.2 Työnaikaisen lämmityksen ja kuivatuksen tavoite

Rakentaminen on nykyään prosessimainen tapahtuma. Edellisen työvaiheen päättyessä on pakottava tarve saada seuraavat työvaiheet käyntiin, jottei pääsisi syntymään isoja katkoksia. Katkokset johtavat väistämättä rakentamisaajan pituuden kasvamiseen ja samalla kustannusten nousemiseen. Kilpailu-urakoinnissa tämä ei ole edes mahdollista rakennuttajan tai tilaajan asettaessa jo valmiiksi kireät aikatauluraamit, minkä puitteissa kohde pitäisi valmistua. Kun asiaa tarkastellaan työmaan energiankäytön näkökulmasta, tämä voi helposti johtaa siihen, että valitaan



vain tehokapasiteetiltaan suurimmat lämmittimet sen isommin asiaa suunnittelematta. Näin luodaan isolla energiankulutuksella työskentely- ja kuivumisolosuhteet. Nämä saattavat pahimmassa tapauksessa olla vielä väärät johtuen vääristä laitevalinnoista, ja rakenteiden kuivuminen saattaa jopa hidastua.

Pääperiaatteena voidaankin pitää sitä, että talviaikaan ilman kosteuspitoisuuden ollessa alhaisimmillaan noin  $2 \text{ g/m}^3$ , rakennusta ja sen runkoa lämmitetään ja rakenteista haihtuva kosteus johdetaan pois ilmanvaihdon avulla. Kesä- ja syksyaikaan ilman kosteuspitoisuuden ollessa korkeimmillaan, eli noin  $10 \text{ g/m}^3$  vaiheilla, on rakennukseen lisäkosteuden luominen lämmittämällä järjetöntä. Tällöin rakennuksen kuivatus hoidetaan ilmankuivaajilla ilmassa oleva kosteus keräämällä. Tulee vain varmistua siitä, että kaikki kuivattavat tilat ovat ilmatiiviitä. Näin ei kuivattaisi raoista rakennukseen pääsevää ulkoilmaa, mikä on suurta energian tuhlausta. [15, s. 9.]

#### 6.2.1 Rakenteessa olevan reiän kautta virtaavan ilmamäärän laskeminen

Talviaikaan kaikkien rakennuksen vaipassa olevien aukkojen tulisi olla tukittuina, jotta välttyttäisiin suurilta lämpöhäviöiltä ja sitä kautta energiankulutukselta, mikä käy ilmi seuraavan esimerkin avulla parhaiten.

Reiän kautta virtaava ilmamäärä lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$Q = 0,8 \cdot A \cdot \sqrt{\Delta p} \quad (\text{m}^3/\text{s}), \text{ jossa}$$

$A$  = reiän pinta-ala ( $\text{m}^2$ )

$\Delta p$  = reiän yli vaikuttava ilmanpaine-ero (Pa)

Tarkastellaan tilannetta, jossa tuuletusikkunan aukko ( $600 \times 1400 \text{ mm}^2$ ) on jätetty suojaamatta ja sisäpuolen ja ulkopuolen paine-ero on 5 Pa. Aukon kautta virtaava ilmamäärä on tällöin

$$Q = 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,4 \cdot \sqrt{5} = 1,5 \text{ m}^3/\text{s} = \mathbf{5409 \text{ m}^3/\text{h}}$$

Edellisen tapauksen aukko on nyt suljettu, mutta tiivisteiden puuttumisen johdosta ikkunan ympärillä on 5 mm leveä rako. Karmin leveys on 175 mm, ja paine-ero sisä- ja ulkopuolella on sama 5 Pa. Raosta virtaava ilmamäärä saadaan laskettua seuraavilla laskutoimituksilla:

Jotta voitaisiin käyttää kuvan 8 taulukkoa Dick Björkholtzin kirjasta Rakennuksen kuivattaminen [15, s. 18] tarvitsee laskea suure

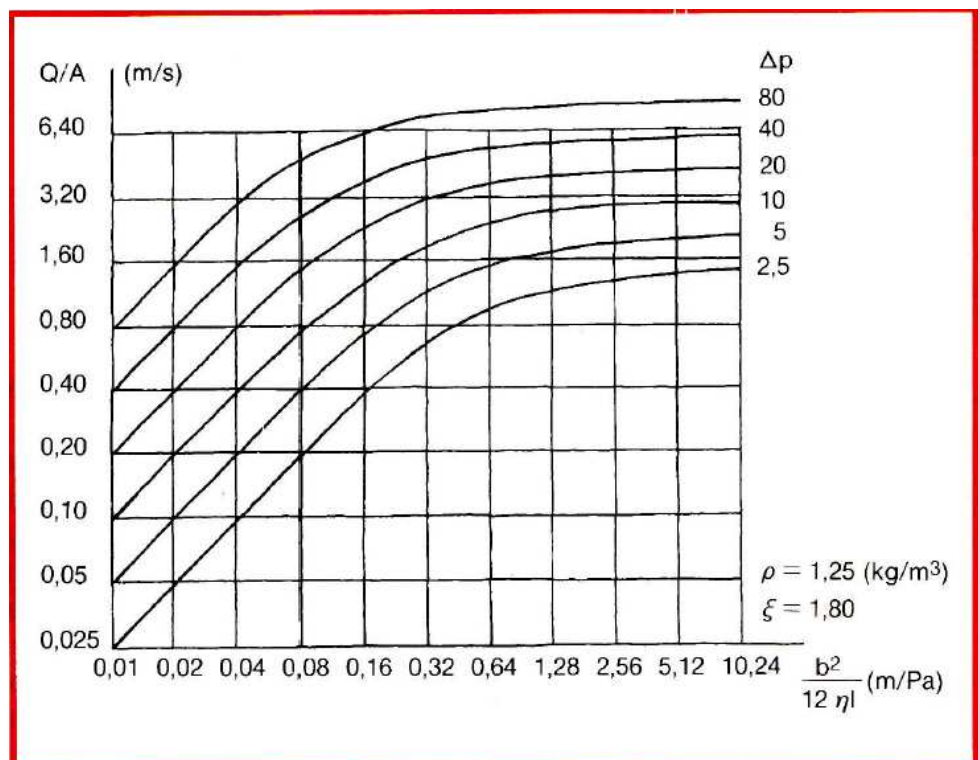
$b^2/(12 \cdot \eta \cdot l)$ , jossa

$b$  = raon leveys (m)

$\eta$  = ilman viskositeetti  $\approx 17,1 \cdot 10^{-6}$  (Pa·s)

$l$  = raon syvyys (m),

$0,005^2/(12 \cdot 17,1 \cdot 10^{-6} \cdot 0,175) = 0,69$ .



Kuva 8. Raon kautta virtaava ilmamäärä [6, s. 18].

Kuvasta 8 [15, s.18] saadaan 5 Pa:n paine-erolla  $Q/A = 1,6$

$Q = 1,6 \cdot 0,005 \cdot 2(0,6 + 1,4) = 0,032 \text{ m}^3/\text{s} = 115 \text{ m}^3/\text{h}$ .

Tuloksista käy ilmi, että jo yhdellä pienellä tuuletusikkuna-aukon suojaamisella tai suojaamatta jättämisellä on valtava merkitys lämmön pysymisessä sisällä. Kun otetaan huomioon kaikki rakennuksessa sijaitsevat aukot, on niiden huolellisen suojaamisen tarve kiistaton.

Jos oletetaan, että lämpötilaero on 20 astetta (10 astetta sisällä ja -10 astetta ulkona), on suojaamattoman aukon aiheuttaman ilmanvaihdon (5409 m<sup>3</sup>/h eli 1,5 m<sup>3</sup>/s) energiankulutus = ilman tiheys·ilman ominaislämpökapasiteetti·lämpötilaero·vuotoilmavirta = 1,2 kg/m<sup>3</sup>·1 000 Ws/kg·°C·20 °C·1,5 m<sup>3</sup>/s = 36 000 W = 36 kW. Tämä merkitsee noin **45 euron** kustannuksia päivässä (5,3 c/kWh). Vastaavasti suojatun, mutta tiivistämättömän aukon aiheuttama energiahukka on noin 0,8 kW ja kustannus noin **1 euro** päivässä.

### 6.2.2 Rakenteiden kuivatus lämmittämällä

Lämmittämällä tapahtuvassa rakennuksen tai tilan kuivatuksessa sen lämpötila nousee, lämmin ilma sitoo itseensä rakenteista tulevaa kosteutta ja sen jälkeen kosteus siirretään ilmanvaihdon avulla ulos. Eri vuodenaikojen erilaisilla ulkoilman olosuhteilla on suuri merkitys valittavaan kuivatusmuotoon, mikä käy ilmi seuraavasta. [15, s. 54.]

Kuivatettavassa tilassa pidetään vakiolämpötila + 19 °C ja suhteellinen ilmankosteus RH maksimissaan 50 %:ssa ilmanvaihtoa säätämällä. Verrataan talvisia olosuhteita syksyisiin olosuhteisiin.

Syksyllä on ulkona + 13 °C ja RH on 75 %. Lasketaan paljonko poistuu kosteutta ilmanvaihdon mukana, kun kuivatettavan tilan tilavuus on 300 m<sup>3</sup>.

**RH= v/v<sub>k</sub>·x%**, jossa

RH= suhteellinen kosteus (%)

v= ilman kosteuspitoisuus (g/m<sup>3</sup>)

v<sub>k</sub>= kyllästymiskosteus (g/m<sup>3</sup>)

v<sub>sisällä</sub>= 0,5·16,30= 8,15 g/m<sup>3</sup>

v<sub>ulkona</sub>= 0,75·11,38= 8,54 g/m<sup>3</sup>

Jotta sisäilmaan mahtuisi lisäkosteutta, täytyy sen RH-arvon olla korkeampi tai vastaavasti sisäilman lämpötilaa tarvitsee nostaa. Nostetaan sisäilman lämpötila + 25 °C:een ja suhteellinen kosteus pidetään 50 %:na, ja saadaan sisäilman kosteuspitoisuudeksi 0,5·23,00= 11,5 g/m<sup>3</sup>. Nyt sisäilmaan mahtuu

lisäkosteutta  $11,5-8,54= 2,96 \text{ g/m}^3$ . Koko kuivatettavaan tilaan mahtuu näin ollen rakenteista tulevaa kosteutta  $2,96 \text{ g/m}^3 \cdot 300 \text{ m}^3 = \mathbf{888 \text{ g}}$ .

Talvella ulkona on  $-15 \text{ }^\circ\text{C}$  ja RH on 90 %. Lasketaan paljonko talvella poistuu kosteutta ilmanvaihdon mukana samassa tilassa.

$$V_{\text{sisällä}} = 8,15 \text{ g/m}^3$$

$$V_{\text{ulkona}} = 0,9 \cdot 1,38 = 1,24 \text{ g/m}^3$$

Sisäilmaan mahtuu siis  $8,15-1,24= 6,91 \text{ g/m}^3$  lisäkosteutta, ja koko kuivatettavaan tilaan  $6,91 \cdot 300 = \mathbf{2073 \text{ g}}$ .

Laskuesimerkeistä käy ilmi siis se, että lämmittämällä tapahtuva kuivatus kannattaa tehdä talvella, jolloin poistuu moninkertainen määrä kosteutta verrattuna syksyyn. Lisäksi syksyllä joudutaan hyvin helposti nostamaan rakennuksen lämpötiloja tai ilman suhteellista kosteutta niin korkealle, että työskentely käy tukalaksi ja toisekseen energiankulutus kasvaa valtavasti. Kesäaikaan rakennuksen kuivattamista lämmittämällä ei voi edes harkita.

### 6.2.3 Rakenteiden kuivatus ilmankuivaajilla

Rakenteiden kuivatuksen osuessa kesä- ja syksyaikaan on järkevää ja useimmiten edullisempaa toteuttaa se ilmankuivaajien avulla. Kuten jo edellisestä esimerkistä kävi ilmi, että jos ulkoilmassa vallitsee sisäilmaa korkeammat ilman kosteuspitoisuudet, niin sisäilmaan ei mahdu enää lisää kosteutta mitä poistaa. Ja jos kuivatus edelleen haluttaisiin suorittaa lämmittämällä, jouduttaisiin sisäilman olosuhteita muuttamaan niin, että energiankulutus kasvaa huomattavasti, ja seuraavan esimerkin avulla voidaan todeta kasvava energiankulutus:

Kuivatettavan tilan kosteuden tuotto on  $6 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ . (Keskiarvo betonin kuivumisnopeudesta, joka on alussa noin  $9 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ , hiipuen niin että loppuvaiheessa se on noin  $3 \text{ g/m}^2 \cdot \text{h}$ .) [15, s. 26.] Kuivatettavaa pinta-alaa on  $400 \text{ m}^2$ , ja kuivattaminen tapahtuu lämmittämällä sekä ilmanvaihdon avulla. Selvitetään, mikä on tarvittavan ilmanvaihdon suuruus sekä syksyllä ( $t_u = 13 \text{ }^\circ\text{C}$  ja RH= 75 %) että talvella ( $t_u = -15 \text{ }^\circ\text{C}$  ja RH= 90 %), kun kuivatettavassa tilassa on vakioilämpötila  $+23 \text{ }^\circ\text{C}$  ja RH on 50 %.

Poistettavan kosteuden määrä on  $6 \cdot 400 = 2400 \text{ g/h}$ .

Ulkoilman kosteuspitoisuudet ovat samat kuin edellisessä esimerkissä, eli

$$v(+13) = 8,54 \text{ g/m}^3$$

$$v(-15) = 1,24 \text{ g/m}^3$$

Sisäilman kosteuspitoisuus on  $0,5 \cdot 20,54 = 10,27 \text{ g/m}^3$ .

Sisäilmaan mahtuva kosteus määrä on

$$\text{talvella} = 10,27 - 1,24 = 9,03 \text{ g/m}^3$$

$$\text{syksyllä} = 10,27 - 8,54 = 1,73 \text{ g/m}^3.$$

Tarvittavan ilmanvaihdon suuruudeksi saadaan siis

$$\text{talvella} = 2400 / 9,03 = 266 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{syksyllä} = 2400 / 1,73 = 1387 \text{ m}^3/\text{h}.$$

Seuraavaksi lasketaan kuivattamisen ilmanvaihtoon tarvittava teho,

$$q_i = 1,2 \cdot Q \cdot (t_s - t_u) \text{ (kW)}, \text{ jossa}$$

$$Q = \text{ilmavirta (m}^3/\text{s)}$$

$$t_s, t_u = \text{sisä- ja ulkoilman lämpötilat (}^\circ\text{C)}$$

$$q_i(\text{talvi}) = 1,2 \cdot (266/3600) \cdot 38 = 3,4 \text{ kW}$$

$$q_i(\text{syksy}) = 1,2 \cdot (1387/3600) \cdot 10 = 4,6 \text{ kW}.$$

Saatuihin tehontarpeisiin on vielä lisättävä se teho, joka tarvitaan kosteuden höyrystymiseen. Ilmasta otettuna kosteuden haihduttamiseen tarvittava höyrystymislämpö on noin 0,68 kWh/kg vettä. Kosteuden höyrystymiseen tarvittava teho on siis  $2,4 \text{ kg/h} \cdot 0,68 \text{ kWh/kg} = 1,6 \text{ kW}$ .

Näin saadaan laskettua viikoittainen energiankulutus,

$$\text{talvella se on } (3,4 + 1,6) \cdot 7 \cdot 24 = \mathbf{840 \text{ kWh}}$$

$$\text{syksyllä se on } (4,6 + 1,6) \cdot 7 \cdot 24 = \mathbf{1042 \text{ kWh}}.$$

Edellisestä voidaan tehdä seuraavanlaisia johtopäätöksiä: Syksyllä ilman ollessa kosteaa on ilmanvaihdon oltava moninkertainen kuivatettaessa lämmittämällä verrattuna talviaikaan. Sisäilman ja ulkoilman kosteuspitoisuudet ovat tällöin niin lähellä toisiaan, ja näin sisäilmaan mahtuva lisäkosteus on huomattavasti pienempi kuin talvella. Juurikin tästä syystä johtuen on syksyllä myös tehontarve suurempi kuin talvella. Luonnollisesti myös viikoittainen energiankulutus on huomattavasti suurempaa syksyllä kuin talvella. [15, s. 26,27. ]

Jotta päästäisiin vertaamaan tilan kuivatuksen taloudellisuutta lämmityksen ja ilmankuivatuksen välillä, lasketaan kuivatusaika vanhan teollisuustilan huonokuntoisen ja puretun lattian tilalle valettavalle maanvaraiselle betonilattialle. Lattia päällystetään tekstiilimatolla rakennuksen teollisuustilasta toimistotilaksi muuttamisen yhteydessä.

Valitaan betoniksi B-4-30, laatan paksuus on 100 mm, sen alla lämmöneristeenä 100 mm EPS 200. Betoni on huokoistettu, kuivatus aloitetaan kahden viikon sisään valusta, kuivatusilman lämpötila on + 25 °C, RH on noin 50 %, betonin suurin raekoko on 20 mm ja betonin notkeusluokka S2.

Päällystämisen kannalta kriittinen betonin suhteellisen kosteuden enimmäisarvo on 85 %, ja näin ollen betonin kuivumisaika verrattuna suhteellisen kosteuden arvoon 90 % on 1,5-kertainen. [15, s. 43, 47. ] Muut kertoimet saadaan taulukosta [15, s. 48].

- Betonin laatu, huokoistus= 0,6
- betonin ikä= 0,8
- RH= 1
- lämpötila= 0,8
- laatan paksuus= 1
- lämmöneriste= 0,9
- suurin raekoko= 0,7
- notkeus= 1

Kuivumisaika saadaan kertomalla perustapauksen kuivumisaika 60 d kaikilla kertoimilla.

$$60 \cdot 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1 = 22 \text{ vuorokautta}$$

Jaetaan arvioitu kuivatusaika 22 päivää kolmeen jaksoon, 8 päivää, 7 päivää ja 7 päivää. Kuivatettavaa pinta-alaa on 400 m<sup>2</sup>, tilavuus on 1 600 m<sup>3</sup>, ulkoseinien pinta-ala on 174 m<sup>2</sup>, ikkuna-ala on 85 m<sup>2</sup>, teollisuustilan jakava väliseinä on 120 m<sup>2</sup> ja pää-ovi on 12 m<sup>2</sup>. Ulkoilman lämpötila +13 °C, RH= 75 %, syksystä johtuen sisäilman lämpötilaa nostetaan + 25 °C:en ja RH= 50 %. Kun oletetaan, että betonista poistuu alkuvaiheessa kosteutta 8 g/m<sup>2</sup>, kosteuden poistumisen pudotessa ensimmäisen kuivatusjakson jälkeen puoleen, ja kolmanteen jaksoon edellisestä jälleen puoleen, saadaan kosteuden tuotoksi

1. Jakso= 8 päivää, 8 g/m<sup>2</sup>·h·400 m<sup>2</sup>= 3,2 kg/h= 77 l/vrk
2. Jakso= 7 päivää, 4 g/m<sup>2</sup>·h·400 m<sup>2</sup>= 1,6 kg/h= 38 l/vrk
3. Jakso= 7 päivää, 2 g/m<sup>2</sup>·h·400 m<sup>2</sup>= 0,8 kg/h= 19 l/vrk.

Kuivamista aloitettaessa on rakennuksessa vielä vanhat ikkunat paikallaan ja julkisivuilla ei ole vielä tehty merkittäviä rakenteiden U-arvoja pienentäviä purkutöitä. Ainoastaan rakennuksen sisältä on purettu vanha lattia, sekä tiloja jakaneita kevyitä väliseiniä. Koko kerrosala kuivatetaan samanaikaisesti. Oletuksena voidaan pitää rakenteiden ulkopuolella joka suunnalla vallitsevan + 13 °C:n lämpötila, sekä 1970-luvun lopussa rakennetun rakennuksen silloisia lämmönläpäisykertoimia, jotka ovat

- Ulkoseinä= 0,29 W/m<sup>2</sup>·°C
- yläpohja= 0,23 W/m<sup>2</sup>·°C
- teräsbetoni-väliseinä= 1/(0,24 m/1,2 W/m·°C)= 5 W/m<sup>2</sup>·°C
- ikkuna= 2,1 W/m<sup>2</sup>·°C
- ovi= 0,1 W/m<sup>2</sup>·°C.

Ensiksi tarkistetaan kosteuden tiivistymismahdollisuus, mikä tapahtuu arvioimalla kylmimmän pinnan pintalämpötila, ja verrataan sitä kuivatettavan tilan kastepistelämpötilaan. Alhaisimmat pintalämpötilat esiintyvät niissä rakennusosissa, joissa on suurimmat U-arvot, tässä tapauksessa tilan jakavassa väliseinässä. Sisäpintojen lämpötilat saadaan laskemalla kaavasta:

$$t_{sp} = t_s - R_{si} \cdot U \cdot (t_s - t_u) \text{ (}^\circ\text{C)}, \text{ jossa}$$

$t_s$  ja  $t_u$  = sisä- ja ulkoilman lämpötila (°C)

$R_{si}$ = sisäpinnan pintavastus ( $m^2 \cdot ^\circ C/W$ )

$U$ = rakenteen lämmönläpäisykerroin ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$t_{sp, \text{ väliseinä}} = 25 - 0,13 \cdot 5 \cdot 12 = 17,2 \text{ } ^\circ C$ .

Sisäilman kosteuspitoisuus oli näissä olosuhteissa  $11,5 \text{ g/m}^3$  ja kastepistelämpötilaksi saadaan taulukosta noin  $13 \text{ } ^\circ C$ , ja koska pintalämpötilat ovat paljon korkeampia kuin kastepistelämpötila, ei tapahdu tiivistymistä.

Tilan lämmitystehontarve koostuu ympäröiviin rakenteisiin kuluva johtumishäviöstä, ilmanvaihdon kuluttamasta lämmitystehosta ja haihduttamisen tehontarpeesta. [15, s. 56.]

Lasketaan johtumishäviöt tilalle,

$q_{jo} = \Sigma(U \cdot A \cdot (t_s - t_u))$  (W), jossa

$U$ = kunkin rakennusosan lämmönläpäisykerroin ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ )

$A$ = kunkin rakennusosan pinta-ala ( $m^2$ )

$t_s$ = lämpötila rakennusosan lämpimämmällä puolella ( $^\circ C$ )

$t_u$ = lämpötila rakennusosan kylmemmällä puolella ( $^\circ C$ )

ulkoseinät=  $0,29 \cdot 174 \cdot 12 = 606 \text{ W}$

yläpohja=  $0,23 \cdot 400 \cdot 12 = 2116 \text{ W}$

väliseinä=  $5 \cdot 120 \cdot 12 = 7200 \text{ W}$

ikkunat=  $2,1 \cdot 85 \cdot 12 = 2142 \text{ W}$

ovi=  $0,1 \cdot 12 \cdot 12 = 14 \text{ W}$

$\Sigma q_{jo} = 12078 \text{ W} = 12,1 \text{ kW}$ .

Tarvittava ilmanvaihto arvioidaan tilassa tapahtuvan kosteuden tuoton perusteella. Oletuksena oli betonin kosteuden tuotoksi  $8 \text{ g/m}^2 \cdot h$  ja kuivatettavaa betonipintaa  $400 \text{ m}^2$ , joten kosteuden kokonaistuotto kuivatuksen alussa on  $8 \cdot 400 = 3200 \text{ g/h}$ . Sisä- ja ulkoilman



kosteuspitoisuuksien ero eli sisäilmaan mahtuvan kosteuden määrä on  $11,5 \text{ g/m}^3 - 0,75 \cdot 11,38 \text{ g/m}^3 = 2,97 \text{ g/m}^3$ . Näin tarvittavaksi ilmanvaihdoksi saadaan laskettua  $3200/2,97 = 1077 \text{ m}^3/\text{h}$ . Tilan tilavuuden ollessa  $1600 \text{ m}^3$  tarvitsee ilmanvaihtuvuuden tilassa olla  $1077/1600 = 0,67 \text{ 1/h}$ . Tämä merkitsee sitä, että tilan tarvitsee olla hyvin tiivistetty tai ilmaa karkaa hukkaan suunnattomia määriä kuten aikaisemmin on todettu.

Ilmanvaihdon vaatima teho  $q_i = 1,2 \cdot (1077/3600) \cdot 12 = 4,3 \text{ kW}$ .

Haihduuttamisen tehontarve on  $3,2 \cdot 0,68 = 2,2 \text{ kW}$ .

Ensimmäisen jakson lämmitystehontarve on näin ollen  $12,1 + 4,3 + 2,2 = \mathbf{18,6 \text{ kW}}$ . Kosteuden tuoton puoliintuessa aina seuraavilla jaksoilla puoliintuu myös ilmanvaihto, sen tarvitsema teho, sekä myös haihduttamisen tarvitsema teho. Jaksojen lämpötehoiksi saadaan

1. Jakso = 18,6 kW
2. Jakso =  $18,6 - 2,15 - 1,1 = 15,35 \text{ kW}$
3. Jakso =  $15,35 - 1,08 - 0,55 = 13,72 \text{ kW}$ .

Jaksojen energiankulutukset ovat

1. Jakso =  $8 \cdot 18,6 \cdot 24 = 3571 \text{ kWh}$
2. Jakso =  $7 \cdot 15,35 \cdot 24 = 2579 \text{ kWh}$
3. Jakso =  $7 \cdot 13,72 \cdot 24 = 2305 \text{ kWh}$ , yhteensä **8455 kWh**.

Ilmankuivaajaksi valitaan liitäntäteholtaan 4,57 kW:n kuivaaja, jolla voidaan kuivata ilmaa + 25°C:n lämpötilassa 77 l/vrk [16], eli juuri sen verran kuin kosteudentuotto on kuivatuksen alkuvaiheessa. Tästä johtuen joutuu laite olemaan käynnissä koko ensimmäisen jakson ajan (8 vrk), toisella jaksolla kosteudentuoton ollessa 38 l/vrk laitteen käyntiaika olisi 4 vuorokautta ja kolmannella jaksolla 2 vuorokautta. Sähköenergiaa kuluisi näin ollen  $4,57 \text{ kW} \cdot 8 \text{ vrk} \cdot 24 \text{ h} + 4,57 \text{ kW} \cdot 4 \text{ vrk} \cdot 24 \text{ h} + 4,57 \text{ kW} \cdot 2 \text{ vrk} \cdot 24 \text{ h} = 1536 \text{ kWh}$ . Lisäksi tarvitaan lämmitystehoa johtumishäviöitä ja haihduttamista varten, eli 14,3 kW. Oletettavasti koneen laitteen liitäntäteho 4,57 kW muuttuu lämmöksi, joten lisätehoa tarvitaan  $14,3 \text{ kW} - 4,57 \text{ kW} = 9,73 \text{ kW}$ . Kaikesta yrittämisestä huolimatta tilaa ei kuitenkaan saada täysin tiiviiksi, ja siitä johtuen voidaan

vuotoilmanvaihdon arvioida kuluvan 1 kW, eli yhteensä 10,73 kW. Energiaa kuluu näihin siis  $10,73\text{kW} \cdot 14\text{vrk} \cdot 24\text{h} = 3605 \text{ kWh}$ . Yhteensä energiaa kuluu ilmankuivaajalla tapahtuvaan tilan kuivaamiseen  $1536\text{kWh} + 3605\text{kWh} = \mathbf{5141 \text{ kWh}}$ .

Edellisestä voi päätellä, että tilan kuivatus ilmankuivaajien ja tarvittaessa lisälämmittimen avulla on syksyisin ja kesäisin huomattavasti taloudellisempi vaihtoehto. Niiden käyttöön liittyy myös riskitekijöitä. Ensinnäkin on aivan turhaa ruveta kuivaamaan tilaa, jota ei ole tiivistetty huolellisesti, koska siinä tapauksessa ilmankuivaajat imevät kuivattavaa ilmaa vuotokohtien kautta ulkoilmasta. Tällöin niistä muuten saatava taloudellinen hyöty menetetään. Esimerkissä käytetty 1 kW vuotoilmanvaihtoon kuluvasta energiasta on teoreettinen ja vain hyvin huolellisella tiivistämisellä saavutettavissa. Toiseksi ilmankuivaajien kulutuksen arviointi on erittäin epävarmaa ja vain suuntaa antavaa, ja todellista kulutusta tuleekin verrata myöhemmin arvioituun kulutukseen. Sitä kautta saada kokemuseräistä tietoa, jota voidaan käyttää hyväksi seuraavassa kohteessa tai paikassa missä suunnitellaan ilmankuivaajia käytettävän.

Rakenteet tarvitsee kyllä saada nopeasti lämmittämällä ja kuivaamalla siihen kuntoon, että voidaan aloittaa sisävalmistusvaiheet. Se vaatii ehdottomasti tarkkaan harkitun suunnitelman, jotta voidaan maksimoida sekä töiden aloittamisen aikaistus että taloudellisuus. Rakenteiden lämmityksen ja kuivatuksen tavoitteena on rakenteiden lämmittäminen, pintarakenteiden ja päällysteiden kuivattaminen, hyvien työskentelyolosuhteiden luominen, oikea ja ohjeiden mukainen materiaalien ja tarvikkeiden varastointi, jäätyminen estäminen ja vesivahinkojen ennaltaehkäisy. Nämä saavutetaan varmistamalla oikeat olosuhteet ympäristön lämpötilassa, oikea ympäristön suhteellinen kosteus sekä oikeat alustaolosuhteet maksimikosteuden ja minimilämpötilan suhteen. Asetetaan työmaan tavoitelämpötila  $10\text{-}20 \text{ }^\circ \text{C}$  väliin, estetään tarpeeton tuuletus ja sitä kautta energiahäviöt. Estetään lumen, jään ja veden mahdollisesti aiheuttamat vauriot materiaaleille sekä varmistetaan, etteivät materiaalit pääse jäätymään. [27, s. 1.]

### 6.3 Lämmityksen ja kuivatuksen suunnittelu ja sen periaatteet

Rakennuksen lämmityksen ja kuivatuksen suunnittelun tulisi tapahtua jo ennen työmaan aloittamista rakennussuunnitteluvaiheessa, koska sen

onnistumisella tai epäonnistumisella on suuret taloudelliset ja aikataululliset merkitykset. Kun tiedetään rakentamisen aloittamisajankohta, työmaan kesto ja tehtävät eri työvaiheet, täytyy lämmitys- ja kuivatustoimet huomioida aikataulujen suunnittelussa. Vaihtoehtoja puntaroimalla, laskemalla eri menetelmien kustannukset ja huomioimalla sisä- ja sääolosuhteet saadaan tehtyä menetelmäsuunnitelma lämmityksen ja kuivatuksen osalta. [27, s. 2.] Tämän jälkeen olisi jo tarpeellista tietää työmaan käyttämä päälämmitysmuoto ja laitteisto, jota käytetään. Lisäksi työmaan tulisi suunnitella työvaiheittain käytettävät mahdolliset lisälämmityslaitteet niin, että varmistutaan kaikkien pintojen ja materiaalien oikeista kosteusolosuhteista ennen kuin aloitetaan seuraavat työvaiheet. Eri työvaiheilla, sääolosuhteilla ja rakentamisen vuodenajalla on suuri merkitys siihen, mitä lämmitintä tai kuivainta on tarpeellista missäkin vaiheessa käyttää. Esimerkiksi betonointi ja muurauksenvaiheet käyttävät runsaasti vettä, jolloin on tarpeellista käyttää kosteudenpoistajia ja mahdollisesti lisätuuletusta, jotta ylimääräinen kosteus saadaan pois ja pinnat kuivumaan nopeammin. Talvisaikaan ilma on kylmää, mutta kuivaa, ja tällöin kysymykseen tulevat ilmanlämmittimet. Kesäaikaan tehtävissä töissä pitää huomioida ilman korkea lämpötila ja kosteus, jolloin kysymykseen tulee kosteuden poisto ilmankuivaajilla ja tuulettimilla. Huomioitavaa on syksystä kevääseen ulottuvalla ajanjaksolla ilmanvaihdon osuus rakenteiden kuivatuksessa. Sen tulee olla hallittua ja suunniteltua. Näin ollen ei kulutettaisi energiaa suotta siihen, että ilmaa vaihdetaan joko tarpeettomasti liikaa tai ilmaa vaihdetaan suunnitellusti, mutta jossain päin taloa on vaippa auki. Aukosta poistuu ilmaa hukkaan laskien samalla kylmää ilmaa sisään, mikä taas nostaa lämmityksen vaatimaa energiamäärää.

Rakennuksen lämmityksessä ja kuivatuksessa tulisi muistaa seuraavaa:

- Materiaalien ja tarvikkeiden huolellinen suojaaminen, koska niiden sitoma kosteus tuo vapautuessaan sisäilmaan lisää kosteutta, ja aiheuttaa muutenkin materiaalien vaurioitumisvaaran.
- Rakennuksessa olevien aukkojen välitön sulkeminen ja tiivistäminen säästää merkittävästi lämmityskustannuksia.
- Oikean lämmitysmuodon ja -laitteiston valinta vaikuttaa koko työmaan ajan niin taloudellisesti kuin aikataulullisestikin.

- Rakennukseen kertyneen lumen, veden ja jään välittömällä poistamisella pienennetään vesivahinkoriskejä jo valmiissa pinnoissa ja estetään lisäkosteuden pääsy rakennukseen.
- Rakennusaikainen vedenkäyttö vähennetään minimiin koko rakentamisen ajan, mutta eniten sitä kuluu lähinnä betonointi- ja muuraustyövaiheissa sekä pesuvaiheissa.
- Lämmitys tulisi jakaa tasaisesti koko rakennuksen alalle sijoittamalla joko putkistoja tiloista toisiin tai hankkimalla pienempiä yksiköitä jos huoneita on runsaasti. Puhaltimien käyttö kerrosten välillä saa lämpötiloja tasaisemmaksi. Näillä toimenpiteillä vältetään kylmiltä kohdilta rakennuksessa.
- Tarvittaessa tilat voidaan osastoida, jos on tarvetta vähentää ilmavirtoja rakennuksen sisällä, joilla voi olla viilentävä vaikutus varsinkin talvisaikaan.
- Materiaalien toimittaminen ulkoa rakennuksen sisään tulisi suunnitella niin, ettei haalausaukosta pääse jatkuvasti lämmintä ilmaa ulos.
- Sisäolosuhteita tulisi tarkkailla jatkuvin mittauksin, ja niiden muutuessa etsiä syy siihen ja korjata se pois välittömästi.
- Rakennuksen lopulliseen lämmitysjärjestelmään tulisi siirtyä niin pian kuin se vain on mahdollista. [27, s. 2.]

Rakentamisen aikana kaikesta muusta kiireestä ja muuttuvista tekijöistä johtuen jatkuva olosuhteiden seuranta tuntuu erittäin haastavalta ja joskus jopa mahdottomalta tehtävältä. Sääolosuhteet saattavat muuttua radikaalisti Suomen ilmastossa niin, että edellispäivän lämmin ja kuiva keli saattaa muuttua yön aikana sateiseksi ja kosteaksi. Kun työmaalla on tapana vielä töiden ilmaantua eteen silloin tällöin isoissa ryppäissä eri puolella rakennusta, voi kaikkien tilojen ja huoneiden pitäminen optimaalisissa työskentelyolosuhteissa olla kieltämättä vaikeaa. Silti jos tehdyssä lämmityssuunnitelmassa on otettu mahdollisimman paljon muuttuvia tekijöitä huomioon ja noudatetaan tiettyjä perusasioita, on energiankäyttö hallittua.

#### 6.4 Lämmitys- ja kuivatustarpeen määrittäminen

Teknillisen korkeakoulun tutkimus rakennustyön aikaisen lämmityksen suunnitteluperusteista vuodelta 1994 [27, s. 5–8] osoittaa, kuinka suuri merkitys on laitteiden sijoittelulla ja rakenteiden tiiveydellä, kun lämmitetään rakenteilla olevaa taloa. Suurempitehoinen lämmitin on täysin hyödytön,

mikäli se on joko sijoitettu väärin tai rakennuksen vaippa vuotaa. Lisäksi kaikki ilmanvaihtventtiilit tulisi sulkea, ja aina tasaisempi lämpö saadaan eri huonetilojen kesken, jos käytetään lisäpuhaltimia kuljettamaan lämmintä ilmavirtaa huoneesta toiseen.

Ennen lämmitys- ja kuivaustyöhön ryhtymistä tulisi ennakkovalmisteluissa selvittää tarve, valita oikeat laitteet ja menetelmät, suorittaa vaadittavat mitoituslaskelmat, tehdä käyttösuunnitelma, määritellä käyttö- ja käyntiajat, suunnitella laitesijoittelu ja reittivalinnat sekä tiivistää ja eristää rakenteet [27, s. 4].

Teknillisen korkeakoulun laboratoriotutkimuksissa on tehty seuraavia rakennusaikaiseen lämmitykseen liittyviä havaintoja:

- Rakennusaikaisen lämmityksen haasteena on tasaisten lämpökenttien saavuttaminen.
- Ovien ja ikkunoiden sekä muiden ulkovaipassa olevien aukkojen tiivistäminen on kriittistä.
- Eristämättömät ulkovaipassa olevat alueet lisäävät lämpötilaeroja pintojen välillä ja kasvattavat energiahukkaa.
- Kylmät sisäpinnat johtavat vesihöyryn kondenssiin, mikä taas vaikeuttaa ja hidastaa rakennuksen kuivumista.
- Kerrosten välisiä lämpötilaeroja tasoittaa lämmittimien sijoittaminen niin, että nouseva lämmin ilmavirta kohdistuu kerrosten välisiin aukkoihin esimerkiksi porraskokoon.
- Lämmittimien taakse jää aina kylmempi alue, ja jos vaippaa ei ole tiivistetty kunnolla saattaa lämpötila laskea näissä kohdin lähelle ulkolämpötilaa.
- Kerrosten ja tilojen välisiä lämpötilaeroja voidaan parantaa sijoittamalla puhaltimia sekoittamaan ilmaa imemällä se toisesta tilasta ja puhaltamalla se toiseen.
- Epätasaisia kuivumisolosuhteita voidaan välttää käyttämällä ylipaineista lämmitysjärjestelmää, missä lämmitetty ulkoilma puhalletaan sisälle aiheuttaen ylipaine, joka puretaan hallitusti poistoaukkojen kautta ulos.
- Lämmittimien käytössä on tehon ja ilmavirran lisäksi tärkeää huomioida niiden heittopituus ja ilmavirran suuntautuminen ylöspäin termisistä voimista johtuen.

- Rakennusaikaisessa lämmityksessä on vaikeutena saada lämpö jaettua tasaisesti rakennuksen eri osiin vaaka- ja pystysuunnassa. [27, s. 5].

Lämmitys- ja kuivatustoiminnassa on laitteiden asennuksen ja kohdistuksen jälkeen tärkeää asettaa toiminta-arvot. Antureilla ja kellokytkimillä saadaan asetettua lämmittimet ja puhaltimet tuomaan laskelmilla saadut optimaaliset olosuhteet niin, että rakennus saadaan sekä tasalämpöiseksi että kuivumaan nopeinta mahdollista tahtia. Lämmityksen ja kuivatuksen aikana seurataan tilan lämpötilaa ja suhteellisen kosteuden (RH) arvoja. Lämpötilan on pysyttävä suunnitellulla alueella. Mikäli lämpötila nousee yli suunnitellun, voidaan tehoja laskea lämmittimistä. Jos haluttua lämpötilaa ei saavuteta, on joko lisättävä tehoja tai pienennettävä ilmanvaihtoa. Suhteellisen kosteuden tulisi pysytellä alle 50 prosentin. Kosteuden ollessa yli 50 prosenttia pintojen kuivuminen hidastuu, ja sen ollessa 20 - 30 prosenttia rakenteiden kuivuminen ei nopeudu. Tällöin ilmanvaihtoa kannattaa supistaa, ettei kuluteta lämpöä hukkaan. Mittaustuloksissa on aina tietty epävarmuus johtuen laitteista, mitattavista suureista, mittaajasta ym. syistä. Tästä syystä on mitattavassa tilassa oltava aina vähintään 2–4 mittauskohtaa, ja yhdessä mittauskohdassa on kaksi mittauspistettä vierekkäin. Mikäli mittauspisteet antavat poikkeavia lukemia toisistaan, on ne hylättävä vertailusta. Mittaustuloksia on aina tarkasteltava kriittisesti ottaen huomioon mittaustulosten keskiarvo ja hajonta, niiden lukumäärä ja edustavuus [27, s.3].

Ennen kuin lämmitys ja kuivatus lopetetaan, on varmistuttava mittauksin siitä, että on saavutettu haluttu taso. Joko rakennusaikaista lämmitystä ei enää tarvita siitä syystä, että on voitu siirtyä rakennuksen lopullisen lämmityksen piiriin ja sitä kautta saatu luotua otolliset olosuhteet, tai haluttu tila tai rakennusosa on saatu kuivatettua vaaditulle tasolle.

## 6.5 Työmaan valaistus

Työmaan valaistustarve voidaan jakaa karkeasti kolmeen eri luokkaan, ulko-, yleis- ja työkohdevalaistukseen. Kaikilla näillä on oma tarkoituksensa, ja ne asettavat erilaisia vaatimuksia, kun valaisimia ja valaistusta ruvetaan valitsemaan. Vaatimuksia tulee niin työn tekemisen ja sen laadun, työturvallisuuden kuin asetusten ja lakienkin kautta. Ulkona on vuodenajasta riippuen luonnonvaloa vähentämässä valaistuksen tarkoitusta työkohteen

valaisua varten, mutta ison osan vuodesta on tämäkin tarpeellista varhain aamusta ja taas myöhään iltapäivästä. Sisäpuolella taas käytetään valaistusta kulkuteiden ja tilojen yleisvalaistukseen sekä työkohdevalaistukseen. Näitä ei tulisi sekoittaa keskenään, ja aivan liian usein tapahtuu työmaalla niin, että pääurakoitsijan hoitama yleisvalaistus ei toimi jossain päin rakennusta, kun ketjutetusta valaistusjärjestelmästä on otettu välistä valaisin pois ja viety se työpisteelle valaisemaan tehtävää työtä.

### 6.5.1 Ulkovalaistus

Ulkovalaistuksen tarkoituksena on valaista rakennustyömaan piha-alueita, siellä sijaitsevia kulkureittejä ja varastoalueita. Valaistusta voidaan käyttää osittain myös rikoksenehkäisytarkoituksessa valaisemalla pimeään aikaan myös työajan ulkopuolella ulko-alueita, jos varastoalueella säilytetään arvokkaita materiaaleja. Tämä on tosin energiaa kuluttavaa toimintaa, koska usein ulkovalaistukseen käytettävät valaisimet ovat suuritehoisia 1 000–1 500 W:n valonheittäjiä. Tästä syystä tulisi sitä välttää varastoimalla arvokkaat materiaalit varmaan paikkaan. Vartiointi ja siitä näkyvästi ilmoittaminen saa ulkopuoliset henkilöt pysymään pois työmaa-alueelta. Valaisimet sijoitetaan pylväisiin, valomastoihin, työmaarakennusten katoille tai torninosturin runkoon. Ulkovalaistuksen valaistusvoimakkuudeksi riittää 50 luksia [28, s. 31]. Ulkovalaistus asennetaan työmaan valaistussuunnitelman mukaan samaan aikaan kuin työmaan muukin valaistus.

### 6.5.2 Sisäpuolen yleisvalaistus

Yleisvalona yleensä työmaalla käytetään niin sanottuja latuvaloja. Riittävä valaistusvoimakkuus, joka yleisvalaistukselle on määritelty 100 luksiksi [26, s. 33], saavutetaan näillä 2x36 W loisteputkivalaisimilla ketjuttamalla ne 6 metrin välein. Kulkuteille riittää valaistusvoimakkuudeksi 50 luksia [28, s. 31]. Ongelmaksi työmailla usein muodostuukin valaisimien sijoittelu ja kiinnitys. Usein työmaan yleisvalaistusta asennettaessa ei vain paneuduta sen tärkeyteen riittävästi, ja siitä syystä valaisimia jätetään nojaamaan seinää vasten, ellei peräti maahan lojumaan. Yleisvalaistuksen kunnollinen järjestäminen koetaan usein myös liian työlääksi, ja se siitä syystä hoidetaan suurin piirtein sinne päin ja toivotaan sen jälkeen parasta. Kuitenkin

Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta [26] ja sen 26 § sanoo näin:

Rakennustyömaalla sekä erityisesti kulkuteillä on oltava riittävä ja sopiva yleis- ja paikallisvalaistus. Suuria ja äkillisiä valaistuseroja sekä häikäisyä on vältettävä. Valaisimet tulee asentaa siten, että ne eivät aiheuta vaaraa työntekijöiden turvallisuudelle.

Lisäksi rakennustyömailla käytössä oleva TR-mittari [29, s. 32–33] edellyttää myös, että työmaan yleisvalaistus on riittävä turvallisuuden ja laadun kannalta, valaisimet tulisi sijoittaa mahdollisimman korkealle ja valo suunnattava alaspäin ja voimakasta varjostusta pyritään välttämään.

Pienellä vaivannäöllä työmaan alkuvaiheessa saataisiin koko työmaan ajan toimiva yleisvalaistus tehtyä kerralla kuntoon, eikä sitä tarvitsisi vähän väliä olla korjailemassa, joko siitä syystä, että valaisimet ovat menneet rikki kun ovat kaatuneet, tai valaisimia puuttuu välistä. Tällaisia toimenpiteitä voisivat olla esimerkiksi valaisinten kiinnitys asennusvanteiden avulla joko pilareihin, seiniin tai alakattoon niin, ettei niitä vain yksinkertaisesti saa sieltä irti, johtojen nostaminen pois latioilta esimerkiksi koukkuihin, jotka on kiinnitetty pilareihin tai seiniin, tai tekemällä kuljetuslavojen jalaksista pystytuen ja puutavarasta tai tiililavasta jalustan pystytuelle. Valaisin kiinnitetään esimerkiksi surrilangalla pystytukeen ja näin saadaan helposti toimiva ja pystyssä pysyvä valaistus.

Kovin yleistä on myös energiansäästönäkökulmasta katsottuna se, että valaisimia on jo aivan liian paljon työmaalla. Ei ole mitoitettu valaistustarvetta, pelataan niin sanotusti varman päälle ja valaistaan turhaan liikaa. Se myös osaltaan edesauttaa urakoitsijoiden taipumuksia ottaa valaisin pois ketjusta omalle työpisteellensä työkohtevalaisimeksi.

### 6.5.3 Työkohtevalaistus

Työkohtevalaistus on hyvin usein jo sopimuksissa sisällytetty jokaisen urakoitsijan itsensä huolehdittavaksi. Tästä johtuen on hyvin vaikeaa kontrolloida, minkälaisia valaisimia urakoitsijat työmaalla käyttävät, jollei siitä ole jo sopimuksen tekovaiheessa erikseen sovittu. Moni työmaalla toimiva urakoitsija ei välttämättä edes tiedä, eikä edes välitä tietää, minkälainen ero kulutuksissa on käytettäessä halogeenivalaisimia tai sitten loisteputkivalaistusta. On myös erilaisia valaistusvoimakkuuksien tarpeita



riippuen työtehtävistä. Muurarit, maalarit, putki- ja sähköasentajat ja laatoittajat tarvitsevat esimerkiksi noin 200–500 tai yli luksia valaistusvoimakkuutta työnsä laadukkaaseen suorittamiseen [29, s. 33], ja taas elementtiasennuksen, perusraudoitustyön ja purkutyön vaatima valaistusvoimakkuus on vain noin 100 luksia [28, s. 31]. Paljon energiaa kuluttaneesta hehkulampusta on päästy jo eroon, ja työmaalla nykyään käytettäviä valaisimia työkohtevalaistukseen ovat halogeeni-, loisteputki- ja natriumvalaisimet. Näistäkin halogeenista pitäisi päästä eroon ja yrittää edes kokeilla kalustokeskuksienkin suosittelemia matalaenergia- sekä monimetallivalaisimia. Näiden käyttöönottoa hidastaa se, että on olemassa vielä paljon vanhaa kalustoa, ja uusiin matalaenergia- tai monimetallivalaisimiin siirtyminen on iso kynnykskysymys ja investointi urakoitsijoille.

Yleiseen turvallisuuteen liittyen on otettava huomioon toimittaessa halogeenien kanssa niiden kuumentamisen aiheuttama tulipalon vaara, joten niitä ei pitäisi sijoittaa helposti syttyvien materiaalien läheisyyteen. Kaasupurkauslamppuissa on aina olemassa räjähdysvaara. Työn jatkumisen kannalta tulisi työpisteellä olla aina kaksi valaisinta, joiden asentoja voidaan säätää; näin toisen valaisimen mennessä rikki voidaan työtä silti jatkaa, eikä synny työkatkoksia [29, s. 33].

## **7 TYÖMAAN SÄHKÖISTYSSUUNNITELMA**

Työmaan sähköistyssuunnitelma tulisi aina tehdä hyvissä ajoin ennen työmaan aloittamista. Siinä tulisi käyttää apuna sähköalan ammattilaista, kuten kalustokeskuksen sähköistyssuunnittelijaa. Korjausrakentamisessa olisi vielä eduksi, jos tiedettäisiin etukäteen rakennuksen olemassa olevat talotekniikkakuilut ja -hormit. Niitä voitaisiin näin käyttää apuna sähkökaapeleiden viemisessä kerroksesta toiseen, eivätkä kaapelivyyhdit kulkisi porraskäytävissä ollen tiellä ja työturvallisuusriskinä. Se tehdäänkin normaalisti työmaan asemapiirroksen päälle. Sähköistyssuunnitelmassa tulisi käydä ilmi käytettävä pääsulakekoko, eli pääkeskuksen ampeerimäärä (A), sen sijainti, käytettävät kaapelit ja niiden reitit sekä alakeskuksien koot ja sijainnit. Lisäksi suunnitelmassa usein näytetään, mistä virta otetaan työmaalle. Korjausrakentamisessa virta saadaan usein korjattavan rakennuksen sähköpääkeskuksesta, mutta voi olla tilanteita tai työmaita,

joissa sähköistystä varten joudutaan ottamaan virta suoraan sähköyhtiön verkosta. [20, s. 1–2, 4.]

## 7.1 Työmaan tehontarpeen määrittäminen ja sähköverkkoon liittyminen

Työmaan tehontarvetta varten lasketaan kaikkien työmaalla käytettävien sähkölaitteiden nimellistehot (kW) yhteen, ja kerrotaan saatu määrä 1,5:llä [20, s. 1]. Näin saadaan karkeasti laskettua pääsulakkeen koko, joka määrittelee työmaan pääkeskuksen koon. Pääkeskuksen kooksi valitaan seuraava olemassa oleva koko. Tämä laskutoimitus antaa varaa hieman ylimääräiselle sähkönkulutukselle. Pääkeskuksen koko voidaan mitoitaa tarkemmin seuraavasti:

$$I = P / \sqrt{3} * U * \cos p , \text{ jossa}$$

I= virta ampeereina (A)

P= kokonaisteho watteina (W tai kW)

U= jännite voltteina (V, 380 V)

cos p= tehokerroin (0,8).[20, s.2.]

Tässä vaiheessa olisikin hyvä tehdä yhteistyötä sähköistyssuunnittelijan kanssa. Ainakin seuraavia asioita olisi hyvä miettiä ennen lopullista sähköistyksen lukkoon lyömistä:

- Minkälainen on rakennus, kuinka sähköistys samantapaisissa kohteissa on hoidettu aikaisemmin?
- Voidaanko käyttää korjattavan rakennuksen sähköverkkoa, ja missä laajuudessa? Tarvitaanko lisävirtaa?
- Minkä tyyppisiä valaisimia on käytettävissä? Mitkä valaisimet soveltuvat kyseessä olevaan työhön?
- Mikä on työmaan päälämmitysmuoto? Mitä lisälämmitysmuotoja mahdollisesti tarvitaan työvaiheittain? Onko perusteltua käyttää lankalämmitystä betonoinnissa? Voidaanko osittain käyttää polttoainekäyttöisiä lämmittimiä sähkölämmittimien sijaan?
- Mikä on purkutöiden laajuus, ja kuinka paljon sen suorittamiseen tarvitaan sähkötehoa?

- Onko työmaalla tarvetta työmaahissille, torninosturille tai mastolavanostimelle?
- Sijoitetaanko työmaatoimistot ja sosiaalitilat olemassa olevaan rakennukseen, vai pystytetäänkö työmaakopit niitä varten?
- Voidaanko työmaalla ottaa käyttöön lämmityksen termostaattiohjaus niin, että lämpötiloja lasketaan työajan ulkopuolella? Miten valaistus voitaisiin sammuttaa työajan ulkopuolella (hämäräkytkimet, ajastus, valaistuksen johdotus niin, että voidaan sammuttaa kaikki yhdestä paikasta)?
- Mikä on arvioitu käsityökalujen vaatima tehontarve?
- Vaikuttaako vuodenaika merkittävästi sähkönkulutukseen rakentamisen aikana? Jos maanrakennus- ja runkotyöt tehdään talviaikana, mitä tarvitsee ottaa huomioon, tarvitaanko saattolämmityksiä tai muita vastaavia toimenpiteitä jään, lumen ja kylmyyden torjumiseksi?
- Missä vaiheessa voidaan ottaa rakennuksen lopullinen sähköjärjestelmä käyttöön?

Jos joudutaan tekemään liittymissopimus sähkölaitoksen kanssa, olisi syytä selvittää, minkä tyyppinen liittyminen tehdään ja mikä on työmaan koko. Näillä tekijöillä on vaikutuksia kustannuksiin. Sähkö voidaan ottaa sähkölaitoksen verkosta sähkölaitoksen osoittamasta paikasta. Urakoitsija rakentaa tästä pisteestä tilapäisen liittymisjohdon sähköpääkeskukselleen. Jos työmaan tehontarve on niin suuri, ettei sähkölaitoksen verkko pysty palvelemaan sitä sellaisenaan, joudutaan rakentamaan lisää suurjännitejohtoa tai tilapäismuuntamo. Tästä muodostuu lisäkustannuksia urakoitsijalle. Sähkölaitos voi joissakin tapauksissa rakentaa tilapäisen liittymisjohdon tontille asti ja liittää sen sähköverkkoon omassa päässään. On myös mahdollista, että sähkölaitos rakentaa liittymisjohdon ja vuokraa pääkeskuksen paikalleen asennettuna. Tällöin ei urakoitsijan tarvitse tehdä mitään muuta, kuin rakentaa työmaan sähköverkko. Tämäkin tosin maksaa ylimääräistä. Periaatteena on, että kuka asentaa pääkeskuksen, se myös tekee käyttöönottotarkastuksen siihen. [20, s. 2.] Käytettiin sitten rakennuksen olemassa olevaa sähköverkkoa tai työmaata varten rakennettua verkkoa, asennetaan pääkeskukseen mittaristo. Sen alkulukema otetaan ylös, jotta työmaan sähkönkulutus voidaan todentaa.

## 7.2 Hyvän sähköistys suunnitelman edut

Hyvällä sähköistys suunnitelmalla voidaan koko työmaa viedä läpi tekemättä sähköverkkoon muutoksia. Kun työmaan tehontarve on mitoitettu oikein, ei tule sellaista ongelmaa, että työmaalta loppuisi virta kesken. Rakentamisen aikana tapahtuva työmaan virran lisäys nousseesta tehontarpeesta johtuen on erittäin työlästä, kallista ja usein peräti mahdotonta [20, s. 2]. Kun sähköistys suunnitelma tehdään huolella, tulee myös mietityksi samalla eri työvaiheiden kestoja, virran kulutusta, kustannuksia ja rytmittymistä toisiinsa nähden. Näin voidaan havaita jotain, joka olisi saattanut muuten saattanut jäädä huomaamatta, kuten esimerkiksi miten betonitöiden aikana on lämmitys suunniteltu tai missä vaiheessa siirrytään rakennuksen lopulliseen sähköverkkoon. Tällöin saadaan tietoon laitteiden vuokra-ajat suurin piirtein, ja voidaan ennustaa energiakustannukset paremmin. Kun sähköistys suunnitelmassa on mietittynä vielä kaapeleiden reitit valmiiksi järkevistä paikoista, kuten kuiluista tai hormeista säästytään energiahukalta, verrattuna siihen että ne kulkisivat ovien väleistä. Jos sattuu tapahtumaan sähköverkon ylikuormitusta, ei hyvin suunnitellussa verkossa laukea kuin yhden keskuksen vikavirtasuojia. Näin on helppo paikantaa ja korjata vika, sekä poistaa mahdollinen viallinen laite käytöstä. Suunnittelemattomassa verkossa saattaa mennä usean alakeskuksen virrat pois päältä vian iskiessä laitteeseen tai kaapeleihin. Tällaisten ongelmien selvittely vie turhaan tehokasta työaikaa.

## 8 TYÖMAAN VALAISTUSSUUNNITELMA

Valaistussuunnitelma tehdään samaan aikaan kuin työmaan sähköistys suunnitelmakin. Työmaan valaistus tulee suunnitella niin, että yleisvalaistuksen avulla on turvallista liikkua työmaalla [20, s. 4]. Työmaan valaistusta suunniteltaessa tulisi muistaa seuraavia nyrkkisääntöjä:

- Valaistus tulisi tehdä kerralla sellaiseksi, ettei sitä tarvitse muuttaa kesken työmaan. Siinä kuluu aikaa ja rahaa hukkaan, ja lisäksi valaisimien rikkoontumisvaara kasvaa niitä siirreltäessä ahtaissa paikoissa.
- Valaisimet tulisi sijoittaa mahdollisimman ylös häikäisyn estämiseksi. Aina tämä ei ole mahdollista, varsinkaan matalissa kerrostalo- tai toimistokohteissa [20, s. 4].

- Valaisimet tulisi kiinnittää hyvin seiniin, kattoihin tai valaisimia varten tehtyihin jalustoihin. Näin estetään niiden kulkeutuminen luvatta jonkun urakoitsijan työkohtevalaisimeksi. Valaisimien johtojen ei myöskään olisi suotavaa kulkea pitkin lattiaita. Tämä aiheuttaa rikkoontumisen vaaran ja on työturvallisuusriski.
- Pihavalaistukseen ja kulkuteille riittää 50 luksin valaistusvoimakkuus. Yleisvalaistuksen valaistusvoimakkuuden tulisi olla 100 luksia. Tämä saavutetaan 2x36 watin loisteputkivalaisimia 6 metrin välein sijoittamalla. [28, s. 31].
- Halogeenivalaisimista tulisi päästä eroon työmailla. Ne kuluttavat paljon energiaa, rikkoontuvat helposti ja aiheuttavat jatkuvan tulipalon vaaran.
- Ulkovalaistukseen tulisi halogeenien sijaan valita joko suurpainenatrium- tai monimetallivalaisimia. Sisällä korkeissa tiloissa kannattaa harkita ja ainakin laskea LED-valaistuksen hinta-/hyötysuhdetta. Markkinoilla on olemassa jo matalaenergiavalaisimia, joita kutsutaan poiju-valaisimiksi. Niitä saa varustettuna 26 watin ja 42 watin energiansäästölamppuilla. Loisteputkien pitkä käyttöikä (8 000–10 000 h) yhdistettynä ympärivalaisevuuteen takaavat kilpailukyvyn. Poiju-valaisimet antavat 100 luksin valaistusvoimakkuuden 4 metrin välein sijoiteltuna. [21.]
- Yleisvalaistusta ei tarvita työajan ulkopuolella. Se voidaan sammuttaa joko päivän päätteeksi yhdestä keskuksesta pistotulppa pois ottamalla tai ajastuksen tai hämäräkytkimien avulla. Ensimmäinen vaihtoehto edellyttää, että kaikkien valaisimien virta kulkee jonkun saman keskuksen kautta.
- Valaisimien johtojen, kuten ei muidenkaan sähkölaitteiden johtojen ole tarkoitus kulkea ovien väleistä. Tämä aiheuttaa lämmön karkaamista sekä johtojen rikkoontumista ja ovien kolhiintumista. Valaisimien reitit on siis tärkeää suunnitella. On pienempi vaiva porata reikiä ovien karmien vieriin ja kuljettaa johdot niistä, kuin päästää lämpöä pihalle, rikkoa valaisimien johdot ja vielä työn päätteeksi vaihtaa rikkoontuneet ovilehdet uusiin.

## 9 MUISTILISTA TYÖMAATOIMIHENKILÖIDEN KÄYTTÖÖN

Yksi syy tämän mestarityön teettämiseen YIT Rakennuksen korjausrakentamispalvelut-yksikössä oli eräänlaisen, muistilistana toimivan ohjeistuksen luominen. Tällä ohjeistuksella halutaan muistuttaa työmaiden toimihenkilöitä energiaa säästävistä rakentamistavoista. Syksyllä 2009

yksikölle tehdystä projektityössä, jossa tutkittiin toteutettujen kohteiden käyttö- ja yhteiskustannuksia huomattiin, että energiakustannukset vaihtelevat suuresti keskenään. Yksiköllä ei ole myöskään ollut käytössä minkäänlaista ohjeistusta, miten työmaalla tulisi tai kannattaisi energiankäytön suhteen toimia. Kuitenkin työmaatoimihenkilöt yksikössä ovat kokeneita ammattilaisia, joten mistä tällaiset erot eri työmaiden välillä voivat johtua? Onko työnjohtajilla aina niin kiire työmaan alussa johtaa ja järjestellä muita töitä, ettei energiankäytön suunnitteluun ehditä panostamaan tarpeeksi?

Työmaan sähköistys- ja valaistussuunnitelmat ovat perinteisesti kuuluneet vastaavan mestarin ja kalustokeskuksen sähköistyssuunnittelijan kesken tehtäviin töihin. Vastaava mestari on kuitenkin erittäin työllistetty ennen työmaan aloittamista. Hyvin usein jääkin sähköistys- ja valaistussuunnitelman tekeminen pelkästään kalustokeskuksen sähköistyssuunnittelijan tehtäväksi. Tässä muodostuu ongelma, jos ei synny kommunikaatiota työmaan ja kalustokeskuksen kesken. Sähköistyssuunnittelija osaa kyllä mitoittaa pääkeskuksen annettujen tietojen perusteella sekä piirtää alakeskusten paikat ja kaapelireitit asemapiirrokseseen. Mutta usein korjausrakennustyömailla on erityisiä tekijöitä, joilla on vaikutusta työmaan energiankulutukseen. Näitä asioita on hyvä tuoda esille jo työmaan suunnitteluvaiheessa, ja näillä voi olla oleellisestikin vaikutusta sähköistyksen suunnitteluun. On perusteltua miettiä, mitä toista lämmitysmuotoa voidaan käyttää rakentamisen aikana, jottei sähkönkulutus kasvaisi tavattoman suureksi. Voisiko työmaalla olla joku toinen, joka pystyisi koordinoimaan ja hoitamaan sähköistyksen ja valaistuksen sekä energiankulutukseen kuuluvat työt?

Millaista on työmaan aikana tapahtuva toiminta energiankäytön suhteen? Korjausrakentamiseen kuuluu oleellisena osana rakenteiden purkaminen, ja usein myös tehdään reikiä sekä aukkoja rakennuksen vaippaan. Tarvitaan haalausaukkoja, tai joissain tapauksissa useita aukkoja. Samaan aikaan saatetaan tehdä kuitenkin lämpöä tarvitsevia valutöitä jossain päin rakennusta. Jos asiaa ei sen tarkemmin mietitä, virtaa haalausaukosta, joka on huonosti tehty, suuria määriä lämpöä hukkaan talviaikana. Ilman etukäteissuunnittelua saattaa purettavien ikkunoiden aukot jäädä suojaamatta joksikin aikaa, ja taas on hukkaan menevän lämmön määrä

suuri. Vastaavanlaisia työvaiheita ja tilanteita on talviajan rakentamisessa useita, ja kun niihin ei ole etukäteen varauduttu, on niihin reagoitakin hidasta.

Oikean työvälineen tai lämmittimen käyttäminen väärässä tilanteessa ei johda työn nopeutumiseen, vaan päinvastoin se hidastaa työtä ja nostaa kustannuksia. Olisikin siis ensiarvoisen tärkeää, että työmaan johto tietäisi eri tilanteisiin sopivat menetelmät ja käytettävät välineet. Kalustotoimittajien kalustossa on tapahtunut muutoksia energiaa säästävämpään suuntaan, ja työmaan mestareiden tulisi olla tietoisia näistä mahdollisuuksista.

Yhteenvedona voi sanoa, että työmaan energiankäytön etukäteissuunnittelu, työnaikaisten tilanteiden miettiminen etukäteen ja tilanteisiin välitön reagointi sekä käytettävissä olevien välineiden ja kaluston tunteminen luovat pohjan korjausrakennustyömaan energiankäytön hyvään hallintaan. Suureksi haasteeksi muodostuu asioiden tiivistäminen lyhyehköksi ohjeeksi ja muistikortiksi, jota vilkaisemalla voi varmistua tekemistään päätöksistä. Liian pitkä ja monimutkainen teos johtaisi eittämättä sen hylkäämiseen työmaiden osalta.

Onkin siis aiheellista luoda lyhyt ohjeistus korjausrakentamisen energiakustannusten hallintaan (liite 3). Tässä muistilistanomaisessa ohjeessa on ensimmäisellä sivulla muistettavia toimenpiteitä työvaiheittain, ja muutamalla seuraavalla sivulla on esitetty keinoja näiden toimenpiteiden hoitamiseen, henkilöiden ja paikkojen nimiä mistä ohjeita ja apua voi pyytää sekä linkkejä paikkoihin, missä on tietoa energiaa säästäväistä ratkaisuista.

## **10 MALLITYÖMAAN AVULLA YMMÄRRYS KUSTANNUSVAIKUTUKSIIN**

Jotta työmaiden mestarit näkisivät konkreettisesti tehtyjen ratkaisuiden vaikutuksia työmaan energiankulutukseen, valittiin yksi työmaa, jonka tehtyjä ja tekemättömiä ratkaisuja puntaroiitiin (liite 4). Tarkoituksena oli etsiä ja pohtia asioita, jotka jälkikäteen ajatellen olisi voinut tehdä toisin. Lisäksi työmaalla tehdyt oikeat ja hyvät ratkaisut on hyvä tuoda esille, koska jollekin toiselle ne olisivat saattaneet olla uusi asia. Työmaalla ei tahallaan yritetä kuluttaa energiaa hukkaan, mutta usein kaikessa kiireessä jäävät ne yksinkertaiset pienet asiat, kuten välitön suojaus ja aukkojen sulkeminen tekemättä. Näistä saattaa kuitenkin muodostua suuria kustannuksia pitkän ja

kylmän talven aikana. Tähän liitteeseen olikin syytä koota muutamia laskuesimerkkejä, joiden avulla nähtäisiin, mitkä ovat vaikutukset kustannuksiin toimilla, tai niiden tekemättä jättämisellä. Korjausrakentamisessa on lähes kaikki kohteet omanlaisiaan tapauksia. Kaikkea mitä toisella työmaalla tehtiin, ei voi tehdä seuraavalla. Ideana olikin saada ajatus viriämään, että työmaalla tehtävillä jokapäiväisillä teoilla on vaikutusta. Työmaan energiakustannuksia korjausrakennustyömaalla on siis erittäin hankala arvioida etukäteen laskentavaiheessa, mutta työmaalla on kyllä mahdollista säästää niissä. Työmaalla energian käytössä säästetty kustannus on suora lisäys työmaan katteeseen.

## 11 ENERGIANSEURANTAVÄLINE

Korjausrakentamispalvelut-yksikössä oltiin kiinnostuneita tämän työn alkaessa, että onko sähköyhtiöillä olemassa energianseurantatyökalua rakennustyömaan käyttöön. Yksiköllä on olemassa sellainen jo jätekustannuksien osalta jätteiden hoidon tarjoajalta. Asiaa lähdetessä selvittämään Helsingin Energialta kävi ilmi, että YIT Rakennus on tehnyt koko Suomen konsernia koskevan sähkönostosopimuksen Helsingin Energian kanssa. Sopimus astuu voimaan joulukuun 2010 alussa. Tavoitteina ovat muun muassa sähkön hinnan suojaus koko konsernin osalta ja sähkösalkkupalvelun saaminen kaikille kiinteille toimipisteille sekä alkaville rakennustyömaille. YIT:llä on muutamia yhteyshenkilöitä, jotka tekevät omalla vastualueellaan kaikkien siellä toimivien toimipisteiden tai työmaiden sähkösopimukset. Helsingin Energian sähkösalkkupalvelussa voidaan sähkönkulutusta seurata vuositasolla, kuukausitasolla, viikkotasolla tai tuntitasolla, koska mittaus tapahtuu tuntiperustaisesti. Tekniikka on perin yksinkertainen: sähköpääkeskukseen kiinnitettävä mittari, jonka energiyhtiö toimittaa ja asentaa. Vuositasolla nähdään koko yksikön tai konsernin kuluttama sähkö ja saadaan sitä kautta tarvittavaa tietoa. Rakennustyömailta kiinnostaa enemmänkin työmaan kuluttama sähkö edellisen kuun tai viikon ajalta. Koska tämän avulla nähdään myös kulutus tunnin tarkkuudella, voidaan myös paikantaa kulutushuiput. Raportointi on niin tarkka, että kulutuspiikistä nähdään, milloin esimerkiksi lämmittimet on laitettu päälle. Kulutushuiput paikannettuaan on työmaan helpompi pohtia syitä niihin. Onko joku lämmitin ollut turhaan päällä työajan ulkopuolella, tai mitä kuluttaa valojen pitäminen päällä yötä päivää? Lisäksi, kun tiedetään



edellisten kuukausien sähkönkulutus, voidaan helpommin ennustaa myös tulevaa. Samalla voidaan miettiä keinoja, joilla kulutusta voidaan pienentää. Yksi muu merkittävä etu tällaisesta energiankulutuksen seurannasta ja raportoinnista on tiedon käyttökelpoisuus tulevia kohteita laskettaessa. On huomattavasti helpompaa yrittää arvioida alkavan korjausrakennustyömaan sähkönkulutus, kun on olemassa joku toteutettu saman tyyppinen kohde, jota voi käyttää vertailupohjana.

## 12 YHTEENVETO

Rakentamisen aikaista energiankulutusta on vaikeaa arvioida etukäteen, varsinkaan korjausrakentamisessa. Suomen muuttuvat sääolosuhteet ja talven ennustamattomuus tuovat arvaamattomuustekijän kustannusten arviointiin. Toki astepäiväluvun avulla voidaan laskea suuntaa antavasti tulevan lämmityskauden lämpötilaerot, ja sitä kautta tarvittava lämmityskalusto työmaan käyttöön. Mutta aina voi tulla yllättäviä kylmiä jaksoja, kuten talvi 2009–2010 osoitti. Olisikin siis ensiarvoisen tärkeää rauhassa suunnitella etukäteen myös työmaan energiankäyttö, ja siinä mahdollisesti esiin tulevat ongelmat, niin kuin suunnitellaan kaikki työvaiheetkin. Rakennussuunnitteluvaiheessa, kun tiedetään korjauksen laajuus ja tehtävät työt, tulisi miettiä päälämmitysmuoto, työvaiheittain mahdollisesti tarvittavat lisälämmittimet, työmaan sähköistys ja valaistus sekä käytettävät työvälineet. Näin saadaan muodostettua työmaalle toimiva ja harkittu energiankäyttö.

Kun on tiedossa työmaan yleisaikataulu ja tehtävät työt, voidaan jokaisen työvaiheen kohdalla myös miettiä, mitä asioita tarvitsee ottaa huomioon energiankulutuksessa. Korjausrakentamisessa tarvittavat haalausaukot ovat auki ollessaan lämpöä hukkaan kuluttavia turhia menoeriä. Onkin aiheellista miettiä, miten purkujätteen kuljetus rakennuksesta ulos tulisi hoitaa. Aukkojen sulkeminen on aina haastellista, koska niistä kuljetaan käytännöllisesti katsoen koko ajan. Pressuilla tai vanereilla sulkemisen sijaan energiaa säästävämpi tapa olisi rakentaa tuulikaapit tai investoida automaattisiin rullaoviin. Tällä samaisella periaatteella, kun mietitään jokaisesta työvaiheesta energiankulutus ja keinot säästää niissä, ei työvaiheiden ollessa käynnissä tule yllätyksiä. Yllätyksien ilmaantuessa on niihin reagointi usein hidasta kaiken muun kiireen keskellä, ja näin saatetaan kuluttaa energiaa hukkaan hetken aikaa ennen kuin ongelmaan puututaan.

Korjausrakentaminen on kuitenkin täynnä yllätyksiä olevaa työskentelyä ja kun muistetaan tietyt maalaisjärjellä selitettävissä olevat asiat, kuten lämmön johtuminen, eristämisen tärkeys myös väliaikaisissa rakenteissa, kylmäsilat tai kosteuden kondensoituminen kylmille pinnoille, voidaan kaikkeen työmaalla tapahtuvaan reagoida nopeasti ja tehokkaasti.

Oppia ikä kaikki sanotaan, ja sama pätee myös rakentamiseen. Ympäri vuoden ei ole kannattavaa hoitaa rakennuksen pintojen kuivattamista päällystyskuntoon lämmittämällä, vaikka niin on tehty jo usealla edellisellä työmaalla. Rakennuskäyttöön on olemassa öljyllä, kaasulla, sähköllä ja kaukolämmöllä toimivia lämmittämiä ja ilmankuivaajia. Kaikilla näistä on omia hyviä ja huonoja puolia. Kaikki ei sovellu kaikkeen käyttöön, ja mikä aluksi on saattanut tuntua halvalta vaihtoehdolta vuokra- ja polttoainekustannusten perusteella, voi muuttua suureksi kustannuseräksi pitkäksi venyneessä käytössä. Valaistus on tärkeä osa työmaan toiminnoissa, ja siitä muodostuvat kustannukset ovat yhtä lailla hallittavissa suunnitellun käytön avulla. Hyvin toimivan valaistuksen suunnitteluun ja rakentamiseen uhrattu aika maksaa itsensä takaisin moninkertaisena työmaan aikana. Säästetään sekä energiakustannuksissa että työn kustannuksissa, kun ei sijoiteta liikaa valaisimia työmaalle ja järjestelmä on niin toimiva, ettei sitä tarvitse muuttaa työmaan aikana. Sama koskee muutakin sähkön kulutusta: kun kaapelireitit on hyvin suunniteltu ja toteutettu, poistuvat sekä työturvallisuusriskit että lämmön karkaaminen auki olevien ovien välistä.

Rakentaminenhan on yhteistyön tekemistä. Samaa yhteistyötä kannattaa käyttää myös energiankäytön suunnittelussa ja toteutuksessa. Työmaiden toimihenkilöt eivät välttämättä ole parhaita asiantuntijoita, kun on kyseessä kalusto ja niiden käyttöominaisuudet. Sekä yrityksen oman kaluston että ulkopuolisten kalustokeskuksien ammattilaiset palvelevat mielellään työmaan laitteisiin ja energiankulutukseen liittyvissä haasteissa.

Hyvällä etukäteissuunnittelulla, oikealla kalustolla, tehtyjen ratkaisuiden vaikutusten ymmärtämisellä ja ennen kaikkea jatkuvalla valvonnalla voidaan korjausrakennustyömaalla hallita, ja jopa laskea energiakustannuksia.

## VIITELUETTELO

- [1] Laukkanen, Maaria, Metropolia Amk:n kurssi, Rakennusten energiatehokkuus, kurssimateriaali, 2009, Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- [2] Ympäristöministeriön kotisivut.  
<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=305218&lan=fi&clan=fi> (luettu 21.9.2010).
- [3] Työ- ja elinkeinoministeriön kotisivut.  
[http://www.tem.fi/index.phtml?96107\\_m=93162&s=3407](http://www.tem.fi/index.phtml?96107_m=93162&s=3407) (luettu 21.9.2010).
- [4] Pohjoismaisen sähköpörssin Nord Poolin päivän sähkön hinta.  
<http://www.nordpool.com/marketinfo/powersystemdata/> (luettu 25.10.2010).
- [5] Polttoöljy. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Poltto%C3%B6ljy> (luettu 13.10.2010).
- [6] Polttoöljyn hintavertailu. <http://www.polttoaine.net/index.php?cmd=oljy> (luettu 13.10.2010).
- [7] Nestekaasu.  
[http://www.motiva.fi/liikenne/polttoaineet\\_ja\\_ajoneuvotekniikka/polttoaineet/nestekaasu](http://www.motiva.fi/liikenne/polttoaineet_ja_ajoneuvotekniikka/polttoaineet/nestekaasu) (luettu 13.10.2010).
- [8] Kaukolämmön hinta 1.7.2010 alkaen.  
[http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/tilastot/kaukolammon\\_hinta/liitteet/hinta\\_010710.pdf?SectionUri=%2ffi%2ftilastot%2fkaukolampon%2fkaukolammonhinta](http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/tilastot/kaukolammon_hinta/liitteet/hinta_010710.pdf?SectionUri=%2ffi%2ftilastot%2fkaukolampon%2fkaukolammonhinta) (luettu 12.10.2010).
- [9] Motiva Oy, polttoaineiden hyötysuhteet ja ominaispäästökertoimet.  
[http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden\\_lampoarvot\\_hyotysuhteet\\_ja\\_hiilidioksidin\\_ominaispaastokertoimet\\_seka\\_energianhinnat\\_19042010.pdf](http://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiilidioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf) (luettu 14.10.2010).
- [10] Pekkonen, Juhani, Metropolia Amk:n kurssi, Talotekniikan perusteet, kurssimateriaali, 2009, Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- [11] Asetus öljylämmityslaitteistoista.  
<http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/1995/19951211> (luettu 6.10.2010).
- [12] Rakennustyömaiden nestekaasulämmitys.  
[http://www.aga.fi/international/web/lq/fi/like35agafi.nsf/repositorybyalias/nestekaasu\\_lammitys/\\$file/Nestekaasu\\_l%C3%A4mmitys\\_%20WEB.pdf](http://www.aga.fi/international/web/lq/fi/like35agafi.nsf/repositorybyalias/nestekaasu_lammitys/$file/Nestekaasu_l%C3%A4mmitys_%20WEB.pdf) (luettu 14.10.2010).
- [13] Kauppa- ja teollisuusministeriön nestekaasuasetus 26.7.1993/711.  
[http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19930711?search\[type\]=pika&search\[pika\]=nestekaasu](http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1993/19930711?search[type]=pika&search[pika]=nestekaasu) (luettu 16.10.2010).

- [14] Kone-Ratu 3003 Rakennuskuivaajat, kiertoilmalämmittimet, ilmankuivaajat. <https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5quoZSZP2%3A%2447%24R3003%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv061BtG%3AE7-4030-40370000-RTU2052/R3003.pdf> (luettu 26.10.2010).
- [15] Björkholtz, Dick, *Rakennuksen kuivattaminen*. Tampere: Rakentajain kustannus Oy. 1990.
- [16] Muntersin ML420 ilmankuivaajan tuote-esite. [http://www.munters.fi/upload/Related%20product%20files/ML420\\_FI.pdf](http://www.munters.fi/upload/Related%20product%20files/ML420_FI.pdf) (luettu 3.10.2010).
- [17] Polartherm Oy:n kotisivut, siirrettävät öljykäyttöiset lämmittimet. <http://www.polartherm.fi/ammattikaytto/siirrettavat-oljy-ja-kaasukayttoiset-ilmalammittimet/polar-hc372.html> (luettu 5.10.2010).
- [18] Suurpainenatriumlamppu. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Suurpainenatriumlamppu> (luettu 6.10.2010).
- [19] Monimetallilamppu. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Monimetallilamppu> (luettu 6.10.2010).
- [20] Kone-Ratu 02-3037 Työmaan sähköistys. <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/bin/get/id/5quoZSZP2%3A%2447%24R3037%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06pzjY%3AC1-RTU8673/R3037.pdf> (luettu 6.10.2010).
- [21] El-Björnin poiju-matalaenergiavalaisimen esite. <http://www.elbjorn.se/images/prddata/pdf/22337.pdf> (luettu 6.10.2010).
- [22] Cramon valaisin esite. <http://www.cramo.fi/Web/Apps/Products/ProductGroup.aspx?id=25107&epslanguage=FI> (luettu 6.10.2010).
- [23] LED eli Light-Emitting Diode. <http://fi.wikipedia.org/wiki/Led> (luettu 6.10.2010).
- [24] Cramon työmaatilan pohjapiirustus. <http://tyomaakoppi.fi/wp-content/uploads/2008/11/e08-m-myyntimalli-2009.pdf> (luettu 7.10.2010).
- [25] Suomen rakentamismääräyskokoelma C4 lämmöneristys. <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.metropolia.fi/bin/get/id/5quoZSPW8%3A%2447%2421217%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06l4SK%3AE7-1020-102269979-RT%2495%248663/21217.pdf> (luettu 7.10.2010).
- [26] Valtioneuvoston asetus rakennustyön turvallisuudesta 263.2009/205. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2009/20090205> (luettu 4.10.2010).
- [27] Kone-Ratu 07-3032 Rakenteiden lämmitys ja kuivaus. <https://www.rakennustieto.fi/bin/get/id/5quoZSZP2%3A%2447%24R3032%2446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5gv06l4SK%3AE7-1020-102269979-RT%2495%248663/21217.pdf>

[446%24pdf.0.0.5gunJ4yOi%3A%2447%24handlers%2447%24net%2447%24statistics%2495%24download%2495%24pdf%2446%24stato.5qv061BtG%3AE7-4030-40370000-RTU2815/R3032.pdf](#) (luettu 26.10.2010).

[28] TR-mittaus ja Rakennustyön turvallisuus. <http://www.turvallisuusutiset.fi/binary/file/-/id/32/fid/740/> (luettu 4.10.2010).

[29] Laitinen Heikki, Kiurula Mari, *Tr-mittari rakennustyömaan turvallisuusseuranta*. Helsinki: Työterveyslaitos. 2005.

## **Työmaan energiakustannusten hallinta**

### **Haastattelu**

**pvm:**

**Haastateltava:**

**Yritys:**

**Asema:**

**Mitä ratkaisuita kalustolla olisi tarjota, jotta työmaa säästäisi nykyisistä lämmitys-/energiakustannuksista?**

-

**Mitä kalusto tarjoaa tällä hetkellä lämmitysmuodoiksi eri tyyppisille kohteille? Miten vaikuttaa hankemuoto lämmitysmuotoon?**

-

**Onko kalustovalikoimassa tapahtunut/tapahtumassa kehitystä energian säästämisen suhteen? Ledien käyttö valaisimissa, digitaaliset laitteiden ohjaukset jne.?**

-

<p>Rakennuskuivaajat:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sähkökäyttöiset 3–40 kW</li> <li>• Nestekaasukäyttöiset 10–300 kW, kulutus 1–24 kg/h</li> <li>• Polttoöljykäyttöiset 30–130 kW, kulutus 3–12 l/h</li> </ul> 	<p>Vesikiertoiset lämminilmapuhaltimet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 25–80 kW</li> <li>• Käyttöpainet 10–16 bar</li> <li>• Käyttöveden maksimilämpötilat 120–130 °C</li> </ul> 
<p>Ilmankuivaajat/kosteudenerottimet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 0,5–13 kW</li> <li>• Kosteudenerotuskyky 14–240 l/vrk</li> <li>• Toimintalämpötila –20–40 °C</li> <li>• Toiminta-alue (kosteus) 10–100 % (RH)</li> </ul> 	<p>Infrapunasäteilijät:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 13 ja 26 kW</li> <li>• Polttoaineen kulutus max. 1–2 kg/h</li> <li>• Käyttöpainet 0,5–1,5 bar</li> <li>• Säteilyteho 1–3,5 kW/m<sup>2</sup></li> </ul> 
<p>Lämpökontit:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 195 ja 310 kW</li> <li>• Polttoaineen kulutus max. 20–40 l/h</li> <li>• Lämmityskapasiteetti yli 7 000 m<sup>3</sup></li> <li>• Sähköliitännäteho 4,4 ja 5,5 kW</li> </ul> 	<p>Valonheittimet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 70–1 000 W</li> <li>• Suurpainenatrium- ja monimetallivalaisimia</li> </ul> 
<p>Loisteputkivalaisimet:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 2x36 tai 2x58 W</li> <li>• Ketjutetaan toisiinsa</li> </ul> 	<p>Poijuvalo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 23 ja 42 W</li> <li>• Matalaenergialamppu (8–10 000 h)</li> <li>• 2 pistorasiaa ketjutusta ja työkonetta varten</li> <li>• Kova rakenne kestää kulutusta</li> </ul> 
<p>LED-työvalaisimet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Esimerkiksi 5x3 W, 6x3 W ja 8x3 W</li> <li>• Pitkät käyttöiät (yli 50 000 h)</li> <li>• Erittäin kestäviä, jopa vesitiiviitä</li> </ul> 	<p>Työmaahissit</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eri kokoisia 200–3 200 kg nostokykyjen välissä</li> <li>• Moottorien liitännätehot 1–40 kW</li> </ul> 
<p>Torni- ja mastolavanostimet</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Torninosturien nostokyky 4–64 t, liitännätehot 35–250 kW</li> <li>• Mastolavanostimien nostokyky 500–4 000 kg, nostomoottorien tehot 1,5–3,5 kW</li> </ul> 	<p>Käsityökalut</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pienet käsityökalut alle 1 kW</li> <li>• Pora- ja piikkauskoneet 0,5–1,5 kW</li> <li>• Timanttileikkauslaitteet ja rakennussirkkelit 1–7,5 kW</li> </ul> 

## TYÖMAAN ENERGIAKUSTANNUSTEN HALLINNAN OHJEISTUS

- Ohjeistuksen tarkoituksena on toimia muistilistana eri työvaiheissa tehtäville toimille, joilla voidaan säästää työmaan energiakustannuksissa.
- Ensimmäisellä sivulla on esitetty toimia, jotka säästävät energiakustannuksissa. Toisella ja kolmannella sivulla on keinoja, joilla ne voidaan toteuttaa, sekä paikkoja, henkilöitä ja linkkejä mistä voi asiantuntemusta etsiä ja pyytää tarvittaessa.

TYÖVAIHE	Muistettavia toimenpiteitä
<b>Työmaan suunnitteluvaihe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Päälämmitysmuodon valinta ja vaihtoehtojen puntarointi laskelmin.</li> <li>• Lisälämmityksen tarpeen suunnittelu työvaiheittain, esim. betonin lämmitys, tilojen pintojen kuivattaminen päällystyskuntoon.</li> <li>• Sähköistys- ja valaistussuunnitelman tekeminen, työmaan kokonaistehontarpeen laskeminen -&gt; pääsulakkeen koko, alakeskuksien koot ja sijainnit, kaapelireitit, kulkutie- ja yleisvalaistustarve, valaisimien valinta, valaisimien määrien mitoitus, valaisimien sijoittelu ja johtojen reitit. Syntyvien reikien tukkiminen!</li> <li>• Hämäräkytkimien ja valaistuksen ajastuksen mahdollisuuden tiedustelu kalustokeskuksilta, tai valaistuksen tekeminen niin, että voidaan sammuttaa kaikki valot yhdestä keskuksista.</li> <li>• Työmaatilojen lämpötilojen pudottaminen työajan ulkopuolella termostaatein.</li> <li>• Sähkösalkun tunnuksien hankkiminen paikalliselta energiayhtiöltä kulutuksen ja sen huippujen seuraamista varten.</li> </ul>
<b>Maanrakennusvaihe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talviaikaan maan ja pohjaveden jäätymiseen varautuminen ennaltaehkäisevästi, tai sen tapahtuessa sulattamiseen varautuminen.</li> </ul>
<b>Purkutyövaihe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Haalausaukkojen miettiminen niin, että aukko voidaan sulkea ongelmitta kun siitä ei kuljeta (tuulikaapin teko, pikarullaoveen investointi tms.)</li> <li>• Purkutyössä syntyvien aukkojen välitön sulkeminen ja tiivistäminen. Pelkkä vaneri auttaa jo paljon, vaneri-villa-vaneri auttaa todella paljon!</li> <li>• Ulko-ovien vaihdon toteutus niin, että joko väliaikainen ovi aukkoon tai ovien vaihto vasta lämpimänä aikana.</li> <li>• Työmaavalaistuksen tekeminen kerralla niin hyvin, ettei sitä tarvitse muuttaa.</li> </ul>
<b>Perustusvaihe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Perustusten lämpimänä pitäminen -&gt; routamatot, eristeet, lämmitys.</li> <li>• Kuumabetonin käyttö ja/vai lankalämmitys?</li> </ul>
<b>Runkovaihe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kuumabetonin käyttö, lankalämmitys, betonin suojaus.</li> <li>• Tilojen lämmittäminen niin, että on olosuhteet tehdä työ -&gt; aukkojen sulkeminen!, tiiviin tilan nopea lämmitys ja sen jälkeen lämpötilan ylläpito, työvaiheiden miettiminen niin, että voidaan kierrättää kalustoa, alempiin kerroksiin paljon lämpöä, joka kulkeutuu ylöspäin.</li> <li>• Lumen ja jään poisto holvien päältä.</li> </ul>
<b>Täydentävien rakenteiden vaihe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pintojen lämmittäminen ja kuivaaminen päällystyskuntoon oikeilla menetelmillä: ilmankosteuden ollessa suuri ilmaa kuivaamalla, ja ilman ollessa kuivaa lämmittämällä sekä ilmaa poistamalla. Ilmaa kuivatettaessa muistettava tilojen ehdoton tiiveys!</li> <li>• Julkisivukorjauksissa talvisaikaan huputuksen tiivyyden varmistus, ja julkisivun lämmitys suoraan säteilijöillä.</li> <li>• Rakennuksen lopullisen lämmityksen piiriin siirtyminen, heti kun se vain on mahdollista.</li> <li>• Työskentelyn ja sähkönkäytön jatkuva seuranta, ja epäkohtiin puuttuminen välittömästi.</li> <li>• Materiaalien hyvä suojaus ulkosalla.</li> </ul>



## Keinoja toimenpiteiden toteuttamiseksi:

TYÖVAIHE	KEINOT
<p><b>Työmaan suunnitteluvaihe</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Energiamuotojen yksinkertainen vertailu: Sähkö on suhteellisen kallista, mutta laitekustannukset, hoitokulut, logistiikka ja työn sujuvuus ovat etuina. Öljyn hinta on kohtuullinen, mutta laitekustannukset ja hoitokulut ovat suurehkoja, sekä laitteet kuluttavat paljon, lisäksi logistiikka ja työn sujuvuus vaativat suunnittelua ja jatkuvaa tarkkailua. Kaasun hinta on myös aika neutraali, laitekustannukset edullisia ja työ sujuu omalla painollaan, haittoina isot hoitokulut ja logistiikan vaatimat panostukset. Kaukolämpö on yleisesti ottaen paras vaihtoehto, jos se on mahdollista. Se on halpaa, laitekustannukset ja hoitokulut pieniä, lisäksi logistiikka ja työn sujuvuus ei vaadi suuria ponnisteluja.</li> <li>• Lisälämmitys kannattaa miettiä tilakohtaisesti, jos näyttää ettei päälämmitysmuoto riitä, YIT Kaluston kotisivuilla ja <a href="http://ramirent.edita.fi/fi/hinnasto/taso/338">http://ramirent.edita.fi/fi/hinnasto/taso/338</a> löytyy lämmityskalustoa, pääperiaatteena voidaan pitää, että mieluummin muutama pienempitehoinen lämmitin per tila, kuin yksi iso.</li> <li>• Sähköistys- ja valaistussuunnitelman teossa kannattaa ottaa yhteys YIT Kalustoon, selittää seikkaperäisesti työmaalla tehtävät työvaiheet, niiden ajoitus, käytettävät työkonet ja -kalut sekä valaistuksen tarve. Lisäksi on aina parempi, jos tiedettäisiin kertoa korjattavasta rakennuksesta esimerkiksi vanhat kuilut, mitä pitkin sähköjä voitaisiin vetää kerroksien välillä. Kokonaistehontarpeen saa itse laskettua yksinkertaisesti varman päälle laskemalla kaikkien sähkökoneiden tehot yhteen ja kertomalla sen 1,5:llä. Kalusto osaa myös neuvoa lämpötilojen pudottamisessa työajan ulkopuolella, <u>1 °C lämpötilan lasku vähentää 5 % lämmityksen energiantarvetta!</u></li> <li>• Halogeenivalaisimia ei kannata ottaa, eikä antaa urakoitsijoiden käyttää. Latu-valoilla riittää 6 m välein sijoittelu tuomaan riittävän yleisvalaistuksen, on myös olemassa ympärivalaisevia ketjutettavia 2:n pistorasian poiju-matalaenergiavalaisimia <a href="http://www.cramo.fi/Web/Apps/Products/ProductGroup.aspx?id=25107&amp;epslanguage=FI">http://www.cramo.fi/Web/Apps/Products/ProductGroup.aspx?id=25107&amp;epslanguage=FI</a>.</li> <li>• YIT:n ja Helsingin energian välinen sopimus työmaiden tuntiperustaisesta sähkönkulutuksen seurannasta alkaa joulukuussa 2010, työmailla on tämän jälkeen mahdollisuus saada sähkösalkku. Siihen kuuluu tunnuksella ja kuukausittainen kulutuksen raportointi, jonka saa näkyviin tunnuksilla. Lisätietoja YIT:llä antaa Veli-Pekka Karppinen, <a href="mailto:veli-pekka.karppinen@yit.fi">veli-pekka.karppinen@yit.fi</a>, p. 0400 552 745</li> </ul>
<p><b>Maanrakennusvaihe</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Varaudutaan ennen talven tuloa maan sulana pitämiseen joko pressuilla, eristepeitteillä tai roudansulatuslaitteilla.</li> <li>• Pohjavesialueilla kaivutöitä tehtäessä tulisi oppopumppujen letkut varustaa saattolämmityksin, jotteivat ne pääse jäätymään -&gt; suurempi kustannus syntyy, kun jäätyneet kaivannot sulatetaan höyryllä!</li> <li>• Jos maa pääsee jäätymään, on alue peitettävä hyvin paksuilla peitteillä ja sulatettava höyryn avulla. Kun maa saadaan sulaksi peitetään se kokonaan ja tiiviisti eristepeitteillä.</li> <li>• Lisätietoja talvirakentamisesta: <b>KONE-RATU 07-3034</b>, kalustoa suojaamiseen ja sulatukseen: <a href="http://www.lainapeite.fi/fi/tuotteet/suojapeitteet/">http://www.lainapeite.fi/fi/tuotteet/suojapeitteet/</a> ja YIT Kaluston kotisivut.</li> </ul>

TYÖVAIHE	KEINOT
Purkutyövaihe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valitaan vain yksi haalausaukko, jottei ympäri rakennusta olisi aukkoja auki päästämässä lämmintä ilmaa pihalle. Onko olemassa sen verran tilaa aukon sisäpuolella, jotta voidaan tehdä tuulikaappi? <i>Pelkkä pressu aukon ympärillä ei missään tapauksessa riitä, vähintään vankka eristetty vaneriovi!</i> Pikarullaovi on vartenotettava vaihtoehto automatiikkansa, hyvän eristävyden ja pitkäikäisyytensä johdosta.</li> <li>• Purkutyössä tehtävät aukot on suljettava välittömästi vähintään vanerein. Kaapeleiden, putkien yms. läpiviennit ulkoilmaan on myös muistettava tukkia. <i>600x1400 kokoisesta aukosta virtaa 5400 m<sup>3</sup> ilmaa tunnissa pihalle!</i></li> <li>• Vaihdettavien ulko-ovien purku olisi hyvä toteuttaa lämpimänä aikana tai niin, että aukkoon laitetaan eristetty väliaikainen ovi. Työmaalla on aina puutavaraa ja eristettä, saranat rautakaupasta ei maksa juuri mitään, ja työ on nopea.</li> <li>• Heti kun mahdollista, työmaavalaisimet kiinnitetään suunnitelman mukaisiin paikkoihin niin hyvin, että ne pysyy oikeilla paikoilla, eikä tarvitse korjailia koko ajan!</li> </ul>
Perustusvaihe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Talviaikaan tehtävissä valuissa muotit eivät saa olla jäässä eikä lumessa ennen valua, tämä voidaan estää suojaamalla valettavat paikat pressuin. Suurimittaisissa pitkään kestävässä valutöissä sääsuojan rakentaminen ja sen lämmittäminen poistaa taivasalla tehtävissä valuissa esiintyvät suojaus- ja höyrytystoimet. Jos tarvitsee höyryttää, siihen olisi varauduttava päiviä etukäteen varaamalla kalusto, ja varattava resursseja aputoihin.</li> <li>• Käyttämällä kuumabetonia ja eristämällä muotit vältetään niiden lämmittämiseltä, laajoissa perustusvaluissa tulee kysymykseen myös lankalämmitys.</li> <li>• Lankalämmityksen suunnitteluohjeet löytyvät <b>RATU 07-3031</b> kortista.</li> </ul>
Runkovaihe	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Valettavan tilan sulkeminen ja tiivistäminen esimerkiksi pressuin ja vanerein niin, ettei lämmin ilma vuoda pihalle. Tilojen esilämmittäminen nopeasti 15–20°C:een, ja sen jälkeen lämmön ylläpitäminen pienemmällä teholla.</li> <li>• Työvaiheiden suunnittelu niin, että saadaan seinät nopeasti tilojen ympärille, ja sen jälkeen väliaikainen suojaus seinien päälle, kunnes saadaan katto/välipohja tehtyä.</li> <li>• Lämmittimien sijoittelu pois seinien viereltä, tilojen keskelle. Ilmavirtaa voidaan puhaltaa katonrajasta alaspäin, näin se lämmittää koko tilaa. Lisäpuhaltimien avulla saadaan lämmintä ilmaa liikuteltua alemmista kerroksista ylempiin esimerkiksi rappukäytävän kautta. Holvien pinnalta lumi ja jää pois heti, ettei kuluteta energiaa niiden sulattamiseen.</li> <li>• Kovilla pakkasilla kannattaa käyttää kuumabetonia aina. Seinien valuissa lankalämmitys on paras lämmitysmuoto, holveissa infrapunasäteilijät, lattiavaluihin soveltuu rakennuskuivaajat ja kanavistoa pitkin tuotu lämmin ilma esimerkiksi lämpökontista.</li> <li>• Betoniasemilta saa loggereita, joilla voidaan seurata betonin lujuuden kehitystä, voidaan purkaa muotit heti kun mahdollista, sekä siirtyä seuraavaan valuun.</li> </ul>

TYÖVAIHE	KEINOT
<b>Täydentävien rakenteiden vaihe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lämmitys- ja kuivauskaluston miettiminen ja mitoittaminen etukäteen.</li> <li>• Olosuhteet oikeiksi kuivatusta varten: Rakenteiden tiivistäminen huolellisesti. 15–20°C sisälämpötila, liian kylmät sisäpinnat johtavat kondenssiin, joka hidastaa kuivumista. Ilmanvaihtoreittien miettiminen niin, ettei ole isoja aukkoja mistä poistetaan, pelkkä poistoputki ja ympärys tiivistetty. Ulko-ovien välistä ei saa kulkea kaapeleita, karmin viereen reikä, josta kaapelit tuodaan sisälle. Lämpötila-antureiden sijoittelu keskelle rakennusta, oven vieressä ollessaan lämmitetään liikaa rakennusta.</li> <li>• Talotekniikan ollessa valmista, lopulliseen lämmitysmuotoon siirtyminen, kaukolämpö on halpaa ja laitevuokrat loppuvat.</li> <li>• Urakoitsijoiden työn valvominen, ettei yleisvalaisimia oteta työkohteille. Vastuutetaan joku henkilö sammuttamaan työpäivän päätteeksi turhat energiaa kuluttavat laitteet kuten työvalot, turhat lämmittimet ja yleisvalaistus, ellei ole ajastusta tai hämäräkytkimiä.</li> <li>• Jos tarvitsee säilyttää materiaaleja ulkona, niiden hyvä ja välitön suojaus, sisälle tuotaessa märät materiaalit vapauttavat kosteutta, mikä hidastaa kuivumista.</li> </ul>

### **Tärkeimmät asiat tiivistettynä ja energiansäästöneuvoja:**

- Työmaan sähköistyksen, lämmityksen ja valaistuksen huolellinen suunnittelu ja mitoitus ennen työmaan aloitusta. Kalustokeskus osaa auttaa kalustokysymyksissä. Oikean lämmitys-kuivauskaluston valinta.
- Jo työvaiheiden suunnittelun yhteydessä tulisi kiinnittää huomiota niiden vaatimaan energiankulutukseen.
- Työmaan valot kannattaa sammuttaa, sekä konttien lämpötilaa laskea työajan ulkopuolella. Ajastimet, hämäräkytkimet ja termostaattiohjaus työvälaineinä.
- Sähkösakun tunnuksien avulla voidaan seurata kulutusta ja nähdä kulutuspiikit. Tämän avulla osataan ruveta karsimaan kulutusta oikeasta paikasta, jos vain se on mahdollista.
- Talveen varautuminen muun muassa vesiletkujen saattolämmityksin, lämmityskanavien ja -putkien ulkopuoliset osat eristämällä, eristepeittein, roudansulattajin ja aukkojen sulkemisella sekä eristämällä.
- Haalausaukkojen eteen tuulikaappi, pikarullaovi tai muu vastaava estämään lämpimän ilman ulospääsyä.
- Halgeenivalaisinten poisto työmailta. Monimetalli- tai natriumvalaisimet tilalle. Poiju-matalaenergiavalaisin (23- tai 42 W) yleisvaloksi erinomainen: energiansäästölamppu kestää pitkään, valaisin kestää iskuja ja siinä myös 2 pistorasiaa työkonetta ja ketjutusta varten.
- Kaapelien kuljettaminen karmien viereen poratuista rei'istä säästää sekä energiankulutuksessa että ovilehtien ja kaapeleiden rikkoontumiselta.
- Lämpökameralla on helppo paikantaa rakennuksen vuotokohtat, ja sen jälkeen tukkia ne.
- Veden käytön minimointi: Pienet vesi-sementti/laastisuhteet, ei tiputtavia hanoja, materiaalien päältä lumet pois ennen sisälletuontia, holvien päältä lumen ja jään välitön poisto.
- Energiankäytön jatkuva valvonta ja epäkohtiin välitön puuttuminen.

## ESIMERKKEJÄ TYÖMAAN ENERGIANKULUTUKSESTA ERILAISTEN TOIMIEN SEURAUKSENA

Työmaan energiankulutukseen on suurin vaikutus työmaalla tehtävillä tai tekemättä jätettävillä toimilla ja ihmisten käyttäytymisellä. Huolella tehdyt sähköistys- ja valaistussuunnitelmat ja niiden noudattaminen työmaan aikana on lähtökohtana energiankulutuksen minimointiin.

Oikean kaluston valinta oikeaan paikkaan ja tietyt perusasiat kuten aukkojen sulkeminen ja tiivistäminen sekä kaapelireittien miettiminen etukäteen tulisi miettiä huolella ennen kuin ruvetaan töihin. Seuraavien esimerkkien avulla olisi tarkoitus valaista sekä saavutettavien taloudellisten hyötyjen merkittävyyttä työmaan aikaisilla toimilla että tehtyjen ratkaisuiden vaikuttavuutta työn sujuvuuteen. Koska tilaajan kanssa oli sovittu, että tilaaja maksaa kyseessä olevan kohteen energia- ja sähkökulut, voidaan kustannussäästöjä laskea vain teoreettisella tasolla.

- Työmaan sähköistys- ja valaistussuunnitelma oli tehty samalle pohjalle. Työmaan pääkeskus oli sijoitettuna hyvään paikkaan rakennuksen kulmaan, mistä oli lyhyt matka rakennuksen sähköpääkeskukselle. Näin oli helppo ottaa virtaa työmaan käyttöön vetämättä pääkaapeleita pitkiä matkoja. Suunnitelmassa oli mietittynä etukäteen julkisivuilla ja vesikatoilla tehtävät korjaustyöt sijoittamalla alakeskuksia talon ympärille ja katoille. Työmaa toimi hyvin koko ajan tehdyn suunnitelman mukaan, eikä keskuksien paikkoja tarvinnut siirtää työn edetessä. Tältä osin voidaan suunnitelmaa pitää erittäin onnistuneena. Huono puoli suunnitelmassa oli sen valaistuksen osuus. Tekstiosassa oli ainoastaan maininta sekä ulko- että sisävalaisintyypeistä. Niiden sijoittelupaikoista eikä -taajuudesta ollut mitään mainintaa. Työmaan aikana kävikin niin, että valaisimia oli siellä täällä nojaamassa seiniin. Siellä missä niitä oli kiinnitetty seiniin, oli valaisimia liian tiuhaan. Tältä osin tulisi tehostaa yhteistyötä kalustokeskuksen kanssa ja pyytää vaikka käymään työmaalla ennen valaistuksen rakentamista. Näin saataisiin osajien neuvoja kunnollisen ja toimivan valaistuksen rakentamisesta.
- Työmaalla otettiin käyttöön heti rakentamisen alkuvaiheessa rakennuksen olemassa oleva kaukolämpöverkko. Kustannuksia muodostui jakotukkien hankinnasta sekä laitevuokrista. Vesiletkut haaroitettiin heti rakennuksen lämmönjakohuoneen ulkopuolelta lähtemään eri lämmittimille.
- Pohjavesialueelle rakennettaessa jouduttiin kaivantoja pitämään kuivina oppopumppujen avulla. Uppopumpuissa riitti hyvin teho, mutta toistuvista kehotuksista huolimatta ei maanrakentaja laittanut vesiletkuihin saattolämmityspiuhaa. Tästä syystä ensimmäisten kovien pakkasten aikaan jäätyivät kaikki vesiletkut, ja pohjavesi pääsi nousemaan anturamuottien tasolle. Jäät jouduttiin sulattamaan höyryttämällä pois, mikä on huomattavasti kalliimpi vaihtoehto, kuin letkujen sulana pitäminen pienen sähkövirran avulla.
- Laajennusta tehtäessä rakennukseen oli kellarikerroksen yhden seinän alapää auki osan aikaa. Rakenteessa olevan reiän kautta virtaava ilmamäärä voidaan laskea kaavalla:
  - $Q = 0,8 \cdot A \cdot \sqrt{\Delta p}$  ( $m^3/s$ ), jossa
  - $A$  = reiän pinta-ala ( $m^2$ )
  - $\Delta p$  = reiän yli vaikuttava ilmanpaine-ero (Pa).

Voidaan oletetaan seinän olleen noin 300 mm auki alhaalta. Aukon pinta-ala tulee näin  $9 m^2$ , ja sisällä oli  $+15^\circ C$  lämpötila. 10 metriä korkean rakennuksen sisä- ja ulkopuolen lämpötilaerosta johtuva ilmanpaine-ero on  $-10^\circ C$  pakkasella noin 5 Pa. Näin saadaan ulosvirtaavaksi ilmamääräksi  $Q = 0,8 \cdot 9 \cdot \sqrt{5} = 16 m^3/s$  eli  $57600 m^3/h!!$

Energiankulutus = Ilman tiheys x ilman ominaislämpökapasiteetti x lämpötilaero x vuotoilmavirta.

Energiankulutus aukosta =  $1,2 kg/m^3 \cdot 1000 Ws/kg^\circ C \cdot 25^\circ C \cdot 16 m^3/h = 480 kW$ . Jos käytetään kaukolämmön hintana Helsingin Energian hintaluokan 5 kaukolämpöä, on se 4,429 c/kWh.

Päivässä olisi siis kulunut  $480 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} = 4,429 \text{ c/kWh} = \underline{510 \text{ €}}$  lämmityskustannuksiin pelkästään auki olleen seinän alaosan kautta. Ei seinän alaosa koko talvea ollut auki, ja kokonaan suojaamattakin vain pieniä ajanjaksoja. Esimerkistä huomaa kuitenkin, että jo pieni aukko rakenteissa talviaikaan päästää uskomattomia määriä lämpöä pihalle.

- Haalausaukko on myös usein ongelma korjausrakentamisessa. Milloin aukon suojana on kevytpeite, milloin vaneriovi. Kyseisessä kohteessa oli aluksi kevytpeite, ja sen jälkeen vaneriovi. Aukosta oli kuitenkin jatkuvaa liikennettä ja viritykset eivät tahtoneet kestä.  $2500 \times 2200 \text{ mm}^2$  haalausaukon johtumisteho ulkoilmaan saadaan kaavalla:

- $q_{jo} = U \cdot A \cdot (t_s - t_u)$  (W), jossa
- $U$  = Kunkin materiaalin lämmönläpäisykerroin ( $\text{W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ )
- $A$  = Pinta-ala ( $\text{m}^2$ )
- $t_s$  ja  $t_u$  = lämpötilat lämpimämmällä ja kylmemmällä puolella ( $^\circ\text{C}$ )

2 mm paksun kevytpeitteen  $U$ -arvo on  $5,8 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Sisälämpötila oli  $+15^\circ\text{C}$  ja ulkolämpötila  $-10^\circ\text{C}$ . Näin ollen johtumisteho  $q_{jo}$  kevytpeitteellä suojatulle aukolle =  $5,8 \cdot 2,5 \cdot 2,2 \cdot 25 = \underline{801 \text{ W}}$ .

18 mm vanerilla, jonka  $U$ -arvo on  $3,4 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  suojatulle aukolle tulee johtumistehoksi 460 W.

Jos tehtäisiin 100 mm mineraalivillalla eristetty, molemmin puolin 18 mm vanerilla levytetty ovi, saataisiin oven  $U$ -arvoksi  $0,45 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ . Oven johtumistehot olisivat 61 W.

Tämän mukaan kevytpeitteellä suojatusta aukosta kuluu  $0,801 \cdot 24 \cdot 4,429 = \underline{85 \text{ c}}$  lämmityskustannuksiin vuorokaudessa. Vanerilla suojatusta aukosta vastaava summa on 49 c, ja eristetyllä vaneriovella kustannukset ovat 6 c vuorokaudessa.

- Vanhaan julkisivuun oli purettu noin  $16 \times 2,5 \text{ m}$  kokoinen aukko seinään. Se oli suojattu vanerein. Edellisen esimerkin perusteella saadaan seinän johtumishäviöiksi  $3,4 \cdot 16 \cdot 2,5 \cdot 25 = \underline{3,4 \text{ kW}}$ . Vuorokaudessa kului siis 3,6 € lämmityskustannuksiin seinän johtumishäviöiden kautta. Jos olisi käytetty jälleen 100 mm mineraalivillaa sekä koolausta ja sen molemmin puolin vanereita, olisivat johtumishäviöt olleet 0,45 kW. Lämmityskustannukset johtumishäviöiden takia olisivat näin pudonneet 47 c:iin vuorokaudessa.
- Työmaalla oli käytössä suurimmillaan noin 70 kappaletta  $2 \times 36 \text{ W}$  latuvaloa. 6 metrin välein sijoiteltuna riittää latuvaloissa tehot antamaan tarvittavan valaistusvoimakkuuden yleisvalaistukseen. 70 kappaletta valaisimia tuntuu suurelta määrältä, mutta kyseessä olevaan kohteeseen se on juurikin sopiva määrä. Ongelmana olikin valaistuksen kiinnitys seiniin ja kattoihin, koska sitä ei tehty joka huonetilassa huolellisesti. Niin valaisimia olikin sitten siellä täällä lojumassa, urakoitsijoiden työkohtevalaisimina ja niin edelleen. Osassa huonetiloja oli liikaa valaisimia ja osa huone-/käytävätiloista oli liian pimeänä. Ja irrallaan olevat valaisimethan menevät ennen pitkää rikki ja päätyvät roskalavalle. Näin niistä maksetaan vielä lunastushinta vuokran päälle, joten kustannuksia syntyy.
- Ennen kuin kellarin lattiaa ruvettiin valamaan, peitettiin holvissa ollut hissikuilun ja sen ympäristön aukko huolella vanerein. Tämän päälle laitettiin mineraalivillaeriste ja sen päälle suojapeite. Tällä toimenpiteellä varmistuttiin, ettei kellariin pääse kylmää ilmaa huonontamaan valuolosuhteita. Edellisistä esimerkeistä käy ilmi, että villan lisääminen vanereiden päälle parantaa rakenteen  $U$ -arvoa lähes kymmenkertaisesti ja samalla pienentää energiankulutusta samassa suhteessa.
- Kun kellariin valettiin lattiaa, vuokrattiin työmaalle 310 kW:n lämpökottili. Sen vuokratkustannukset olivat 530 €, ja polttoaineeseen kului 3090 €. Kottili oli työmaalla 37 vuorokautta. Polttoöljyä kului työmaalla yhteensä 5 660 litraa eli noin 153 l/vrk. Tästä muodostuu noin 6,4 litran keskituntikulutus. Koska kellarin tilat olivat sokkeloiset, mutta silti siellä oli tilavuutta noin  $1\,500 \text{ m}^3$  ja yksi isompi huonetila, lämpökottilin etuudet pääsivät hyvin esille. Kanavoinnin avulla lämpö saatiin jaettua koko kellarin alueelle, mikä esimerkiksi vesipatteripuhaltimien avulla olisi ollut hankalaa. Termostaatti oli oikein sijoitettuna rakennuksen sisälle, ja näin saatiin mitattua kellarin todellinen lämpötila. Kulutusmäärätkin tukevat tätä, 310 kW:n lämpökottili kykenee lämmittämään  $7\,000 \text{ m}^3$  tilavuutta, ja silloin kulutus on noin  $25 \text{ l/h}$ . Lyhytaikaiseen tilojen lämpimäksi saattamiseen

lämpökontti on erinomainen valinta. Mutta kuten kulutusmääristä huomaa, on sen käyttö koko talven kestävässä lämmityksessä erittäin kallista.

- Laajennuksen seinävaluissa käytettiin kuumabetonia ja lankalämmitystä. Koska kyseessä oli avonainen tila ja suora yhteys ulkoilmaan, oli tämä yhdistelmä lähes ainoa vaihtoehto toteuttaa seinävalut.
- Vastaavan mestarin huoli, että työmaalla ei valvottu tarpeeksi tarkkaan sähkön- ja energiankulutusta, ei ollut turha. Työmaamestareiden pitäisi pystyä huomaamaan sulkemattomat aukot rakenteissa, auki olevat seinien alapääät sekä huonosti hoidettu valaistus, ja reagoida niihin välittömästi. On pienempi vaiva tehdä kaikki suojaukset ja valaistuksen sekä sähköistyksen rakentaminen kerralla kuntoon, vaikka se veisikin hieman enemmän aikaa, kuin niiden jatkuva korjaaminen. Näin säästytään ylimääräiseltä kahteen kertaan tehdyiltä työltä, sekä kasvavilta energiakustannuksilta.