



Ossi Parviainen

KIINTEISTÖN ENERGIATASEEN MÄÄRITTÄMINEN

KIINTEISTÖN ENERGIATASEEN MÄÄRITTÄMINEN

Ossi Parviainen
Opinnäytetyö
Syksy 2013
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikka, LVI-suunnittelu

Tekijä: Ossi Parviainen

Opinnäytetyön nimi:

Työn ohjaajat: Pirjo Kimari, Janne Nevala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2013 Sivumäärä: 34

Opinnäytetyössä määriteltiin Polar Electro Oy:n Kempeleen toimipisteen energiatase. Rakennukselle luotiin matemaattinen malli, jota verrattiin toteutuneisiin kulutuksiin, sekä simuloituun malliin jossa on optimaaliset lämmitys- ja jäähdytystarpeet. Lisäksi työssä analysoitiin syitä energian korkeaan kulutukseen.

Työ on toteutettu Progman Oy:n MagiCAD Room -ohjelmalla ja Granlund Oy:n kehittämällä Riuska olosuhde- ja energiasimulointiohjelmalla. Roomilla luotiin arkkitehdin pohjapiirustusten päälle kolmiulotteinen malli rakennuksesta ja se siirrettiin Riuskaan. Riuskaan syötettiin erilaisia parametreja lähtötietojen mukaan ja niiden perusteella ohjelma laski rakennuksen energiakäyttämisen.

Riuskalla lasketut kokonaisenergiankulutukset ovat hyvin lähellä toteutuneita kulutuksia. Rakennuksen energiankulutukset ovat kuitenkin vastaavia Suomessa olevia rakennuksia huomattavasti korkeammat. Korkeat sähköenergian kulutukset selittyvät suurimmaksi osaksi kiinteistössä tapahtuvan tuotekehityksen vaatimista laitteista ja tiloista. Suuret lämpöenergian kulutukset johtuvat pääasiassa rakenteiden ja varsinkin ikkunoiden heikosta U-arvosta.

Asiasanat: Energiatase, Riuska, energiankulutus

ALKULAUSE

Haluaisin kiittää työn alkuperäisestä ideasta Anne Karhulaa, joka pisti koko työn alulle ja hoiti asiat Polar Electon edustajien kanssa niin, että mitään ongelmia ei missään vaiheessa ilmaantunut. Tätä kautta sain myös työelämän edustusta ohjaamaan työtäni, kun Janne Nevala LVI-Sastosta lupautui neuvomaan minua. Häneltä sain korvaamattoman arvokasta tietoa ennen työn aloittamista ja kokonaiskuvan siitä mitä työn pitäisi pitää sisällään. Työn edetessä hän myös antoi ratkaisevia vihjeitä mihin suuntaan minun pitäisi edetä.

Koulun puolelta ohjaajani Pirjo Kimari on myös ollut suureksi avuksi aina kun olen jotain neuvoja tarvinnut.

Äärettömän suuri kiitos kuuluu myös Granlund Kuopio Oy:lle, joka antoi minun tehdä työtäni koneillaan ja ohjelmistoillaan ja mahdollisuuden tehdä tämän työn ohessa. Myös työkavereitani täytyy muistaa kiittää. He ovat olleet joka kerta avuliaita ja antaneet kultaakin kalliimpia vinkkejä energialaskelmiin. Ilman heitä työ olisi varmasti jäänyt tekemättä.

Kaiken kaikkiaan tämä työ on antanut minulle todella paljon apuja tulevaan työelämään ja avannut silmäni nykyään niin ajankohtaiseen energiataloudellisuuden maailmaan.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ALKULAUSE	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	6
2 KOHDE	8
2.1 Sijainti ja käyttö	8
2.2 Tekniset tiedot	9
2.3 Talotekniikka	13
2.3.1 Ilmanvaihto	13
2.3.2 Jäähdytys	16
2.3.3 Lämmitysjärjestelmät	17
3 OHJELMISTOT	18
3.1 MagiCAD Room	18
3.2 Riuska	19
4 TULOKSET	21
4.1 Rakennuksen toteutuneet energian kulutukset	21
4.2 Simuloidut energiankulutukset	23
4.3 Toteutuneiden energian kulutusten vertaaminen simuloituihin tuloksiin	29
5 YHTEENVETO	34
LÄHTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tavoitteena on simuloida Kempeleessä sijaitsevan Polar Electro Oy:n toimipisteen energiakäyttämistä Granlund Oy:n kehittämällä Riuska-olosuhde- ja energiasimulointiohjelmalla. Laskentatulosten avulla määritellään rakennuksen energiatase sekä vertaillaan simuloituja ja toteutuneita energian kulutuksia. Energiatase kertoo, mihin eri osa-alueisiin ostettu energia rakennuksessa kuluu.

Työn tilaaja Polar Electro Oy on sitoutunut alentamaan energian kulutustaan vuoteen 2016 mennessä 9 %. Tämän vuoksi nyt on ajankohtaista selvittää erilaisia ratkaisuja energian säästämiseksi. Opinnäytetyö edesauttaa hahmottamaan, mihin kiinteistössä kuluu energiaa ja mistä sitä voitaisiin mahdollisesti säästää.

Ennen laskennan aloittamista perehdyttiin paikan päällä kiinteistöön ja kerättiin kaikki saatavilla olevat lähtötiedot. Kiinteistöstä ei ole olemassa rakennusselvitystä, joten rakenteiden U-arvot ja paksuudet on osittain päätelty aikakauden yleisten rakennusstandardien ja käytäntöjen pohjalta. Ilmanvaihtokuvista puuttuivat myös huonekohtaiset ilmavirrat, joten ne on arvioitu vastaamaan palvelualueiden kokonaisilmamääriä.

Riuskan käyttö vaatii rakennuksesta kolmiulotteisen IFC-mallin (International foundation classes), jotta mallinnus onnistuu. Tässä työssä malli on laadittu MagiCAD Room -ohjelmalla arkkitehdin pohjakuvien ja pääteltyjen rakenteiden vahvuuksien pohjalta. Valmis malli siirretään Riuska-ohjelmaan, jossa määritellään kohteen lämmitys-, jäähdytys- ja sähköenergiankulutukseen vaikuttavat tekijät, kuten ilmavirrat, pattereiden tehot ja valaistuksen määrä.

Kun ohjelmaan on lisätty kaikki energialaskelmiin vaikuttavat parametrit, voidaan aloittaa simuloinnit. Tärkeimmät laskentatulokset ovat energiasimuloinnit, olosuhdesimuloinnit ja lämpöhäviölaskelmat. Kaikkia näitä voidaan tarkastella hyvinkin tarkasti huonekohtaisesti, alueittain tai koko kiinteistöä koskien. Ohjelma mahdollistaa myös erilaisilla lähtötiedoilla olevien laskelmien vertailun keskenään.

Tässä työssä keskitytään vertailemaan toteutuneita energian kulutuksia sekä Riuskalla luotua matemaattista mallia nykyisillä järjestelmillä ja simuloituilla optimaalisilla arvoilla joilla saavutetaan huoneisiin halutut olosuhteet.

2 KOHDE

Opinnäytetyön kohteena on Polar Electero Oy:n Kempeleessä Professorintie 5:ssä sijaitseva toimipiste, jossa toimii pääkonttori ja osa tuotekehityksestä. Polar Electron toimiala on valmistaa ja kehittää apuvälineitä sykkeenmittaukseen urheilu- ja liikuntakäyttöön.

2.1 Sijainti ja käyttö

Ensimmäinen osa kiinteistöstä on rakennettu vuonna 1991 ja laajennus on tehty 1997. Kiinteistössä työskentelee noin 300 henkilöä, joista 285 hallinto- ja tuotekehitystehtävissä ja noin 15 siivous-, kunnossapito- ym. tukitehtävissä. Polar Electrolla työskentelee tällä hetkellä maailmalaajuisesti noin 1200 työntekijää. Kuvassa 1 on kuvattu pääkonttori Lentokentäntien suunnalta ja siinä näkyy rakennuksen pääsisäänkäynti.



KUVA 1. Polar Electro Oy:n pääkonttori kuvattuna Lentokentäntien suunnalta

Rakennus on nelikerroksinen. Suurin osa ensimmäisen ja toisen kerroksen huoneista on toimistokäytössä. Sen lisäksi on prototyypipajoja, neuvotteluhuoneita ja serverihuoneita. Kellarikerroksessa on väestönsuoja jossa on kuntosali ja sosiaalitiloja. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsee myös lämmönjakohuone, valmistuskeittiö ja ruokala, joka on kahden kerroksen korkuinen ja lasikatettu. Kolmannessa kerroksessa on toimistoja, saunatiloja ja iv-konehuoneet.

2.2 Tekniset tiedot

Rakennuksen huonepinta-ala on 8809 m² ja vaipan pinta-ala on 12 397 m². Rakennuksen rakennetilavuus on 28423 m³. Kohteen seinät ovat pääasiassa betonirakenteisia. Julkisivupinnat ovat osin peililasia ja osin hiottua kiveä. Vaipan keskimääräinen U-arvo on 0,27 W/(m²·K) ja vaipan keskimääräinen vuotoilmakerroin on 0,180 1/h. Ulkoikkunoiden osuus kerrosalasta on 6 % ja ulkoseinistä 13 %. Alempana on esitetty tarkemmin taulukoissa 1–4 mistä rakenteiden ja ikkunoiden U-arvot koostuvat. Rakennuksesta ei ollut olemassa lainkaan rakennus selvitystä, joten U-arvot on päätelty rakentamisaikaisten yleisten määräysten ja käytäntöjen mukaan. Tämän kiinteistön ikkunoiden U-arvoista Juho Kempainen on tehnyt aikaisemmin insinöörityön, jota tässä työssä on hyödynnetty. Lämpöhäviöt on laskettu Oulun mitoituslämpötilassa (tammikuu -32 °C).

Taulukoissa 1–4 on selvitetty eri vaipan osien U-arvot, eli lämmönläpäisykerroimet. U-arvo tarkoittaa lämpötehoa, joka johtuu rakenteen läpi ulkoilman ja rakennuksen sisäilman välillä. Pienempi U-arvo tarkoittaa pienempää lämpöenergian johtumista rakenteen läpi ja on näin ollen energiatehokkaampi.

Seinien kautta lämpöhäviö on keskimäärin 4,2 W/m² ja häviöt yhteensä koko rakennuksessa korjauskertoimen kanssa 37225 W. Se on 15 % koko rakennuksen lämpöhäviöistä. Taulukossa 1 on esitetty kaikkien ulkoseinien pinta-alat ja U-arvot.

TAULUKKO 1. Ulkoseinien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet

Seinä	Pinta-ala (m²)	U-arvo (W/m²·K)
Ulkoseinä 2	2640	0,20
Ulkoseinä 5	668	0,20
Ulkoseinä 4	224	0,20
Seinät yhteensä	3532	0,20

Alapohjien kautta lämpöhäviö on keskimäärin 2,1 W/m² ja häviöt yhteensä koko rakennuksessa korjauskertoimen kanssa ovat 18 645 W. Se on 8 % koko rakennuksen lämpöhäviöistä. Taulukossa 2 on esitetty kaikkien alapohjien pinta-alat ja U-arvot.

TAULUKKO 2. Alapohjien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet

Alapohja	Pinta-ala (m²)	U-arvo (W/m²·K)
Kerros 1	2435	0,26
Kellari	1128	0,26
Kerros 2	93	0,26
Alapohjat yhteensä	3729	0,26

Yläpohjien kautta lämpöhäviö on keskimäärin 3,0 W/m² ja häviöt yhteensä koko rakennuksessa korjauskertoimen kanssa 26311 W. Se on 11 % koko rakennuksen lämpöhäviöistä. Taulukossa 3 on esitetty yläpohjien pinta-alat ja U-arvot.

TAULUKKO 3. Ulkoilmaa vasten olevat yläpohjien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet




Yläpohja	Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/m ² ·K)
Kerros 2	2201	0,11
Kerros 1	1324	0,11
Kerros 3	1014	0,11
Yläpohjat yhteensä	4538	0,11

Ikkunoiden kautta lämpöhäviö on keskimäärin 7 W/m² ja häviöt yhteensä koko rakennuksessa korjauskertoimen kanssa 61378 W. Se on 25 % koko rakennuksen lämpöhäviöistä. Ikkunoiden kautta häviävä lämpö on suhteessa muihin rakenteisiin suhteettoman suuri ja niiden U-arvoa parantamalla lämmityskustannuksissa saataisiin aikaan isoja säästöjä. Taulukossa 4 on esitetty ikkunoiden ja ovien pinta-alat ja U-arvot (2).

TAULUKKO 4. Ikkunoiden ja ovien pinta-alat ja lämmönläpäisykertoimet.

Ikkunat	Pinta-ala (m ²)	U-arvo (W/m ² ·K)
Ikkunat 2400x1600	242	2,12
Ikkunat 1400x1200	197	2,12
Ikkunat 2100x1600	97	2,12
Ikkunat 2400x1600	11	2,12
Ikkunat yhteensä	548	2,12
Ovet	50	1,43

Kuvassa 2 on esitetty yhteenvedona rakennuksen tiedot, vaipan ja vuotoilman lämpöhäviöt sekä vaipan rakennetyypit.

		LÄMPÖHÄVIÖLASKELMA RAKENNUKSEN YHTEEENVETO							
Koulutusta varten Opinnäytetyö, älä poista!		Asiakirja n:o Projekti n:o K66666.P012 Pvm. Laattija/Tark. Viim. muutos Laadittu 13.11.2013 OTP							
RAKENNUKSEN TIEDOT		VAIPAN JA VUOTOILMAN LÄMPÖHÄVIÖT Häviöt käyttäjän määrittelemillä U-arvoilla							
					W/m ²	W/m ²	%	W	W
Geometriamallin pinta-ala:	8 809 m ²	Seinät:	1,3	4,2	15	37225	31641		
Geometriamallin tilavuus:	28 423 m ³	Ikkunat:	2,2	7,0	25	61378	28952		
Vaipan pinta-ala:	12 397 m ²	Ovet:	0,1	0,4	2	3756	2626		
Keskimääräinen vaipan U-arvo:	0,27 W/(m ² ·K)	Katot:	0,9	3,0	11	26311	21527		
Keskimääräinen vuotoilmakerroin:	0,180 1/h	Lattiat:	0,7	2,1	8	18645	18645		
Ulkoikkunoiden osuus kerrosalasta:	6 %	Kylmäsiilat:	0,3	0,9	3	8295	8295		
Ikkunoiden osuus ulkoseinästä:	13 %	Johtuminen:	5,5	17,7	63	155609	111685		
Ulkolämpötila:	-32 °C	Vuotoilma:	3,2	10,2	37	90035	43587		
Keskimääräinen lämpöhäviön korjauskertoimen:	1,00	Yhteensä:	8,6	27,9	100	245644	155272		
		Yhteensä korjauskertoimen kanssa:				245644			
Vaippa = Rakenteet, jotka ovat ulkoilmaa tai maaperää vastaan.									
VAIPAN RAKENNETYYPIIT									
Osuudet vaipan alasta %					Johtumislämpöhäviöt %				
									
Nimi (kirjastotyyppi)		W/(m ² ·K)	m ²						
Seinät		0,20	3532						
US2 (US 01)		0,20	2640						
US5 (US 01)		0,20	668						
US4 (US 01)		0,20	224						
Ikkunat		2,12	548						
I4 (ikkuna)		2,12	242						
I1 (ikkuna)		2,12	197						
I3 (ikkuna)		2,12	97						
I5 (ikkuna)		2,12	11						
Ovet		1,43	50						
O1 (UO 01)		1,40	34						
O2 (UO 01)		1,40	12						
O3 (VO 01)		1,83	4						
Katot		0,11	4538						
RoofSlab Kerros 2 (YP 01)		0,11	2201						
RoofSlab Kerros 1 (YP 01)		0,11	1324						
RoofSlab Kerros 3 (YP 01)		0,11	1014						
Lattiat		0,26	3729						
FloorSlab Kerros 1 (AP 01)		0,26	2435						
FloorSlab Kellari (AP 01)		0,26	1128						
FloorSlab Kerros 2 (AP 01)		0,26	93						

KUVA 2. Lämpöhäviölaskelma rakennuksen yhteenvedo

2.3 Talotekniikka

Rakennuksen talotekniikka pitää sisällään ilmanvaihdon osalta tulo- ja poistoilmakoneilta, erillispoistoja eli huippuimureita sekä kiertoilmakoneita. Kiinteistössä on myös keskitetty jäähdytysjärjestelmä, joka hoitaa ilmanvaihtokoneiden ja jäähdytyspalkkijärjestelmien tarpeet. Kiinteistöä lämmitetään kaukolämmöstä saatavalla lämmöllä lämmityspattereiden avulla. Alla on selvitetty tarkemmin kyseisten järjestelmien toimintaa.

2.3.1 Ilmanvaihto

Rakennuksessa on käytössä yhdeksän tulo- ja poistoilmakonetta. Niistä kahdessa lämmöntalteenotto hoidetaan levylämmönsiirtimillä (TF01, TK318) ja kuudessa on pyörivä lämmönsiirrin (TF02, TK311, TK312, TK313, TK315, TK317). Keittiön ilmanvaihtokoneella (TK314) ei ole lämmöntalteenottoa poistoilman sisältämän lian ja rasvan takia. Näiden koneiden lisäksi ruokalan lasikatteella on kiertoilmakone. Rakennuksessa on neljä poistoilmakonetta, jotka poistavat ilman rakennuksen likaisista tiloista. Ilmanvaihtokoneet toimivat kaskadi-säädöllä, eli tuloilman lämpötilaa ohjataan huoneista palaavan ilman lämpötilan perusteella.

Taulukossa 5 on esitetty rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmien ilmamäärät ja hyötysuhteet. Koneiden ilmamäärien ja hyötysuhteiden määrittämisessä on hyödynnetty YIT:n tekemää selvitystä, jossa ne on määritelty vuonna 2008, koska tarkkoja ilmanvaihtosuunnitelmia rakennuksesta ei löytynyt. Huonekoh-
taiset ilmamäärät on arvioitu huoneiden käyttötarkoituksen mukaan ja näin saatu palvelualueiden kokonaisilmamäärät vastaamaan melko tarkasti koneiden ilmamääriä.

TAULUKKO 5. Ilmanvaihtokoneiden ilmamäärät ja lämmöntalteenottojen hyötysuhteet (3)

Ilmanvaihtokoneet	Tuloilmavirta m ³ /s	Poistoilmavirta m ³ /s	LTO:n hyötysuhde %
TF01, 3 krs ja saunaosasto	1,461	1,461	52
TF02, 1-2 kerros toimistot	4,767	4,767	58
TK311, tuotekehitystoimistot 1-2	3,635	3,635	70
TK312, sos. tilat kellari	3,479	4,296	66
TK313, saunaosasto	0,865	0,865	57
TK314, keittiö	1,611	1,611	ei LTO:ta
TK315, ruokasali	2,024	2,024	68
TK316, ruokalan lasikatteen kier-	2,000		ei LTO:ta
TK317, avotoimistotilat/tuotanto	2,182	1,70	65
TK318, porrastoimisto	0,525	2,024	60
PF-3, huippuimuri		0,042	
PF-4, huippuimuri		0,174	
PF-5, huippuimuri		0,140	
PF-6, huippuimuri		0,053	

Taulukossa 6 on esitetty ilmanvaihtokoneiden käyntiajat ja yötuuletukset. Käyntiajat on saatu suoraan rakennuksen automaatio-ohjelmista. Vanhassa osassa on Stenforsin Stematic-ohjausjärjestelmä ja uudessa osassa Atmostechin Atmos-Lan-ohjelma.

TAULUKKO 6. Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat

Ilmanvaihtokoneet	IV-järjestelmien käyttö-aika	Yötuuletus
TF01, 3 krs ja saunaosasto	ma-pe 06-17	ma-su 21-05
TF02, 1-2 kerros toimistot	ma-pe 05-19	ma-su 21-05
TK311, tuotekehitys.tstot.1-2 krs	ma-pe 05-19	ti-su 21-05, ma 21-03
TK312, sos. tilat kellari	ma-pe 05-20	
TK313, saunaosasto	ma-pe 06-16	
TK314, keittiö	ma-pe 06-16	
TK315, ruokasali	ma-pe 05-16	
TK316, lasikatteen kiertoilma	ma-su 24h	
TK317, avotoimistotilat/tuotanto	ma-pe 06-17	
TK318, porrastoimisto	ma-pe 07-21	
PF-3, huippuimuri	ma-su 24h	
PF-4, huippuimuri	ma-su 24h	
PF-5, huippuimuri	ma-su 24h	
PF-6, huippuimuri	ma-su 24h	

Ilmanvaihtokoneiden käyntiajat ovat pääosin tarpeenmukaisia, mutta varsinkin saunaosastojen kohdalla tarkempaa ohjausta olisi syytä suunnitella. Tilat ovat välillä suurella käytöllä ja osan aikaa täysin käyttämättöminä. Esimerkiksi läsnäoloantureilla voitaisiin ohjata koneet käyntiin ainoastaan silloin kun tilalla on käyttäjiä. Myös toimistojen käyntiajoissa voisi olla varaa nipistää hieman. Käyttäjien kanssa olisi hyvä käydä keskusteluja siitä milloin ihmiset tulevat töihin ja milloin tilat ovat jo tyhjänä. Käyntiaikoja voisi lyhentää vähitellen ja seurata tilannetta tarkasti ja näin määrittää, missä optimaalinen raja kulkee.

Taulukossa 7 on esitetty ilmanvaihtokoneiden puhaltimien sähkötehot. Tehot on määritetty Riuska-ohjelmistolla kunkin koneen vaatimien ilmavirtojen perusteella.

TAULUKKO 7. Ilmanvaihtokoneiden sähkötehot

Ilmanvaihtokoneet	Puhallinteho tulo kW	Puhallinteho poisto kW
TF01, 3 krs ja saunaosasto	1,461	0,899
TF02, 1-2 kerros toimistot	9,751	7,334
TK311, tuotekehitystoimistot 1-2	4,072	2,480
TK312, sos. tilat kellari	8,412	2,781
TK313, saunaosasto	0,791	0,604
TK314, keittiö	1,983	1,343
TK315, ruokasali	2,744	1,215
TK316, ruokalan lasikatteen kier-	1,908	-
TK317, avotoimistotilat/tuotanto	2,472	1,189
TK318, porrastoimisto	0,694	0,455
PF-3, huippuimuri		0,028
PF-4, huippuimuri		0,116
PF-5, huippuimuri		0,094
PF-6, huippuimuri		0,035

2.3.2 Jäähdytys

Rakennuksessa on keskitetty vedenjäähdytysjärjestelmä, joka palvelee ilmanvaihdon ja huonetilojen jäähdytystarvetta. Lähes kaikissa ilmanvaihtokoneissa on jäähdytyspatteri ja tämän lisäksi rakennuksessa on hyvin kattava huonekoh- tainen jäähdytyspalkkijärjestelmä. Jäähdytyspalkit säätyvät huonetermostaattien

mukaan ja ilmanvaihtokoneiden jäähdytysteho määräytyy huoneista koneelle palaavan ilmanlämpötilan mukaan.

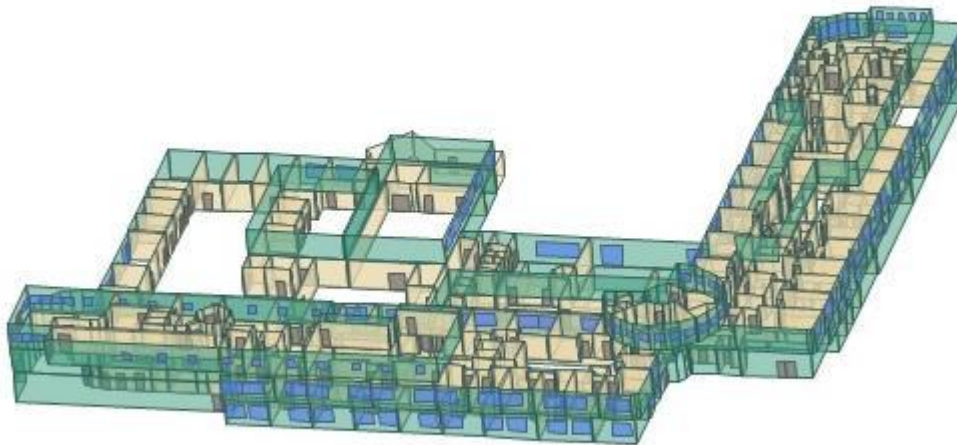
2.3.3 Lämmitysjärjestelmät

Rakennus kuuluu kaukolämpöverkoston ja pääosa lämmityksestä hoidetaan vesikiertoisen patteriverkoston avulla. Osa kaukolämmön energiasta kuluu ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereihin, joilla lämmitetään tuloilmaa. Sen lisäksi käyttöveden lämmittämiseen käytetään kaukolämpöä. Kaukolämmön lämmönsiirripaketissa on erilliset lämmönsiirtimet patteriverkostolle, ilmanvaihtoverkostolle ja lämpimälle käyttövedelle.

3 OHJELMISTOT

Työ on toteutettu kahta eri ohjelmistoa käyttäen. Rakennuksen 3D-tilamallin luomiseen on käytetty Progman Oy:n kehittämää MAgiCAD Room-ohjelmaa ja varsinaisiin energialaskelmiin Granlund Oy:n Riuska-ohjelmistoa.

3.1 MagiCAD Room



KUVA 3. Kolmiulotteinen mallinnus rakennuksesta

MagiCAD-Roomilla luodaan rakennukselle 3D-tilamalli arkkitehdin pohjakuvien ja rakenteiden teknisten tietojen pohjalta (4). Tilatietokantaa voidaan käyttää sekä laskelmien, että analyysien perustana.

Tässä projektissa Roomia on käytetty ainoastaan tilamallin luomiseen, mutta sillä voitaisiin määrittää suoraan rakennuksen lämpöhäviöt lämmitystarpeen laskennan avulla. Myös ilmastoinnin ja valaistuksen tarvetta voidaan tarkastella suoraan kyseisellä ohjelmistolla.

Kun rakennuksen malli on luotu geometrinen ja teknisten tietojen perusteella, saadaan siitä ulos valmis IFC-malli (Industry Foundation Classes), jota voidaan

hyödyntää taloteknisessä suunnittelussa, energiasimuloinneissa tai suoraan rakennuksen ylläpidon tehtävissä.

3.2 Riuska

Riuskalla lasketaan rakennuksen tietomallin (IBM) avulla rakennuksen ja sen tilojen lämpötekniistä käyttäytymistä erilaisissa kuormitus ja sääolosuhteissa (5). Tässä työssä on hyödynnetty seuraavia ominaisuuksia: tilojen lämpötilat kesällä ja talvella, järjestelmien mitoitus ja vertailu sekä ylläpidon tavoitekulutus.

Ohjelmaan syötetään tiedot rakennuksen rakenteista ja koosta, mitoituspaikkakunnan säätiedot, sisäiset ja ulkoiset lämpökuormat ja kiinteistön käyttöajat. Voidaan myös itse määrittellä taloteknisten järjestelmien tehot tai antaa ohjelman määrittää ne edellä mainittujen parametrien perusteella. Ohjelma laskee syötettyjen lähtötietojen perusteella tunneittain mm. tilojen lämpötilat, niiden pysyvyyden, vuotuisen energiankulutuksen sekä lämmitys- ja jäähdytystarpeet.

Riuskassa voidaan tarkastella paljon muitakin asioita yksityiskohtaisemmin, mutta tässä työssä on käytetty lähinnä perusominaisuuksia, koska tarpeeksi tarkkoja lähtötietoja ei ollut saatavilla. Erilaisten laskentatapausten vertailu onnistuu myös helposti. Tässä työssä vertailtiin optimaalista simuloitua lämmitys- ja jäähdytystilannetta todellisten järjestelmien synnyttämiin energiankulutuksiin.

Kuvassa 4 on yleisnäkymä Riuskasta. Siinä näkyvät tilakohtaiset parametrit, talotekniset järjestelmät, kolmiulotteinen näkymä rakennuksesta, kaksiulotteinen pohjakuva ja rakenteiden määritellyt vahvuudet.

4 TULOKSET

Kiinteistöistä oli saatavilla vuoden 2011 ja 2012 toteutuneet energian kuukausittaiset kulutukset. Tässä työssä vertailuarvona on käytetty vuoden 2012 kulutuksia.

4.1 Rakennuksen toteutuneet energian kulutukset

Taulukossa 8 on esitetty kaukolämmön, sähkön ja veden kuukausittaiset toteutuneet kulutukset vuodelta 2012.

TAULUKKO 8. Vuoden 2012 kulutukset kuukausittain

Kuukausi	Normeerattu kaukolämpö MWh	Sähkö MWh	Vesi m ³
Tammikuu	199,49	141,27	250,82
Helmikuu	185,96	133,46	225,00
Maaliskuu	152,76	136,39	254,81
Huhtikuu	103,86	121,56	208,85
Toukokuu	69,93	139,93	268,34
Kesäkuu	30,05	137,19	249,00
Heinäkuu	25,38	136,90	190,13
Elokuu	30,45	166,72	312,84
Syyskuu	62,57	130,19	269,03
Lokakuu	100,25	137,70	259,80
Marraskuu	140,15	141,09	350,26
Joulukuu	190,48	139,55	250,12
Yhteensä	1291,32	1661,98	3089,01
	45,4 kWh/m ³	58,4 kWh/m ³	108,7 l/m ³

Kiinteistönhallintaohjelma Fimx:stä saadut energiankulutuksien arvot rakennuskuutioille ja rakennusneliöille eivät pidä paikkaansa, joten ne kannattaa tarkistaa jatkossa. Väärät arvot antavat virheellisen kuvan rakennuksen kulutuksesta vertailtaessa sitä muihin samantyyppisiin rakennuksiin. Veden kulutuksessa eroa oli noin 100 litraa/m³, eli voidaan puhua todella merkittävästä erosta. Erot johtuvat todennäköisesti ohjelmaan astelluista vääristä rakennuksen pinta-aloista ja rakennustilavuudesta. Veden osalta myös laskentakaavassa on luultavasti virhe.

Taulukossa 9 on vertailtu rakennuksen toteutuneita energiankulutuksia Motivan keräämiin vertailuarvoihin (5). Sähkön ja kaukolämmön kulutukset ovat kilowattituntia rakennuskuutiota kohti ja vedessä litraa rakennuskuutiota kohti. Motivan vertailuarvot on kerätty vuosilta 2005-2011 ja ne käsittävät 136 saman tyyppistä kohdetta. Arvot ovat mediaaniarvoja kerätystä kohteista. Täysin samantyyppistä kohdetta listalta ei löydy, koska kohderakennuksessa on myös tuotekehitystoimintaa sekä prototyypipajoja, jotka lisäävät huomattavasti varsinkin sähkön kulutusta. Vertailussa on käytetty toimistorakennuksia, koska kohde on kuitenkin pääasiassa toimistokäytössä.

TAULUKKO 9. Toteutuneet energiankulutukset ja Motivan vertailuarvot

	Normeerattu kaukolämpö kWh/m ³	Sähkö kWh/m ³	Vesi l/m ³
Toteutunut kulutus	45,4	58,4	108,7
Motivan vertailuarvo	32,2	22,6	61

Taulukosta näkyy, että rakennus kuluttaa energiaa selvästi enemmän kuin muut melkein vastaavat rakennukset. Sähkön kulutuksessa tämä selittyy aikaisemmin mainittujen tuotekehityksen ja prototyypipajojen takia, mutta veden ja kaukolämmön suurempi kulutus ei pitäisi johtua näistä seikoista. Suuren sähkölaitteiden määrän pitäisi sen sijaan vähentää lämmitystarvetta lämmitysverkostolla, koska ne luovuttavat ympäristöön niin paljon lämpöä. Lämmitysenergian suuri

kulutus selittyy ainakin osittain rakenteiden ja erityisesti ikkunoiden heikoilla U-arvoilla. Energiankulutusta saataisiin selkeästi alaspäin vaihtamalla ikkunat nykyaikaisiin, joiden U-arvo on noin 1 (W/m²·K). Veden kulutusta voidaan laskea asentamalla järjestelmään vakio paineventtiili säätelemään veden painetta. Vesipisteiltä olisi hyvä myös mitata niiden normivirtaama ja katsoa ovatko ne normaalilla tasolla. Mahdolliset vesikalusteiden pienetkin vuodot saattavat aiheuttaa vuositasolla merkittävää kulutuksen nousua. Huoltomiehen olisi hyvä käydä kaikki kalusteet läpi tasaisin väliajoin.

4.2 Simuloidut energiankulutukset

Taulukossa 10 on esitetty Riuska-ohjelmistolla simuloidut lämmityksen kulutukset eriteltynä lämpimään käyttöveteen, tilojen lämmitykseen ja IV-koneiden lämmitykseen. Lämpimän käyttöveden osuus on laskettu toteutuneen veden kokonaiskulutuksen mukaan arvioimalla, että noin 30 % siitä kuluu lämpimänä käyttövetenä.

TAULUKKO 10. Riuskalla simuloidut lämmityksen kulutukset kuukausittain

Kuukausi	Lämmin käyttövesi MWh	Lämmitys, tilat MWh	Lämmitys, IV MWh
Tammikuu	4,493	90,278	87,859
Helmikuu	4,052	77,565	68,007
Maaliskuu	4,493	61,054	64,547
Huhtikuu	4,343	32,855	37,506
Toukokuu	4,939	15,226	19,337
Kesäkuu	4,343	14,719	9,785
Heinäkuu	4,493	11,789	4,813
Elokuu	4,493	15,595	8,675
Syyskuu	4,434	17,799	17,294
Lokakuu	4,943	36,425	35,232
Marraskuu	4,343	58,951	56,034
Joulukuu	4,943	83,747	76,657
Yhteensä	52,9	516,0	485,7

Taulukossa 11 on esitetty Riuskalla simuloidut jäähdytystehon tarpeet. Simulointiin vaikuttavia tekijöitä ovat sisäiset lämpökuormat kuten atk-laitteet ja ihmistä aiheutuva lämpö sekä ulkoiset lämpökuormat, jotka vaihtelevat vuodenajan ja kellonajan mukaan. Ulkoiset lämpökuormat syntyvät pääasiassa aurin-gosta.

TAULUKKO 11. Riuskalla simuloitujen jäähdytysenergian kulutukset kuukausittain

Kuukausi	Simuloitu jäähdytysenergia MWh
Tammikuu	6,646
Helmikuu	6,100
Maaliskuu	7,346
Huhtikuu	9,228
Toukokuu	22,718
Kesäkuu	26,558
Heinäkuu	32,993
Elokuu	23,354
Syyskuu	10,024
Lokakuu	7,441
Marraskuu	6,618
Joulukuu	6,569
Yhteensä	165,6

Taulukossa 12 on esitetty Riuskalla simuloitujen sähköenergian kulutukset kuukausittain. Taulukossa on eritelty puhallinsähkö, muu sähkö joka kuluu LVI-laitteisiin, sekä kiinteistössä kuluva muu sähkö, joka pitää sisällään mm. laitesähkön ja valaistussähkön.

TAULUKKO 12. Simuloidut sähköenergian kulutukset

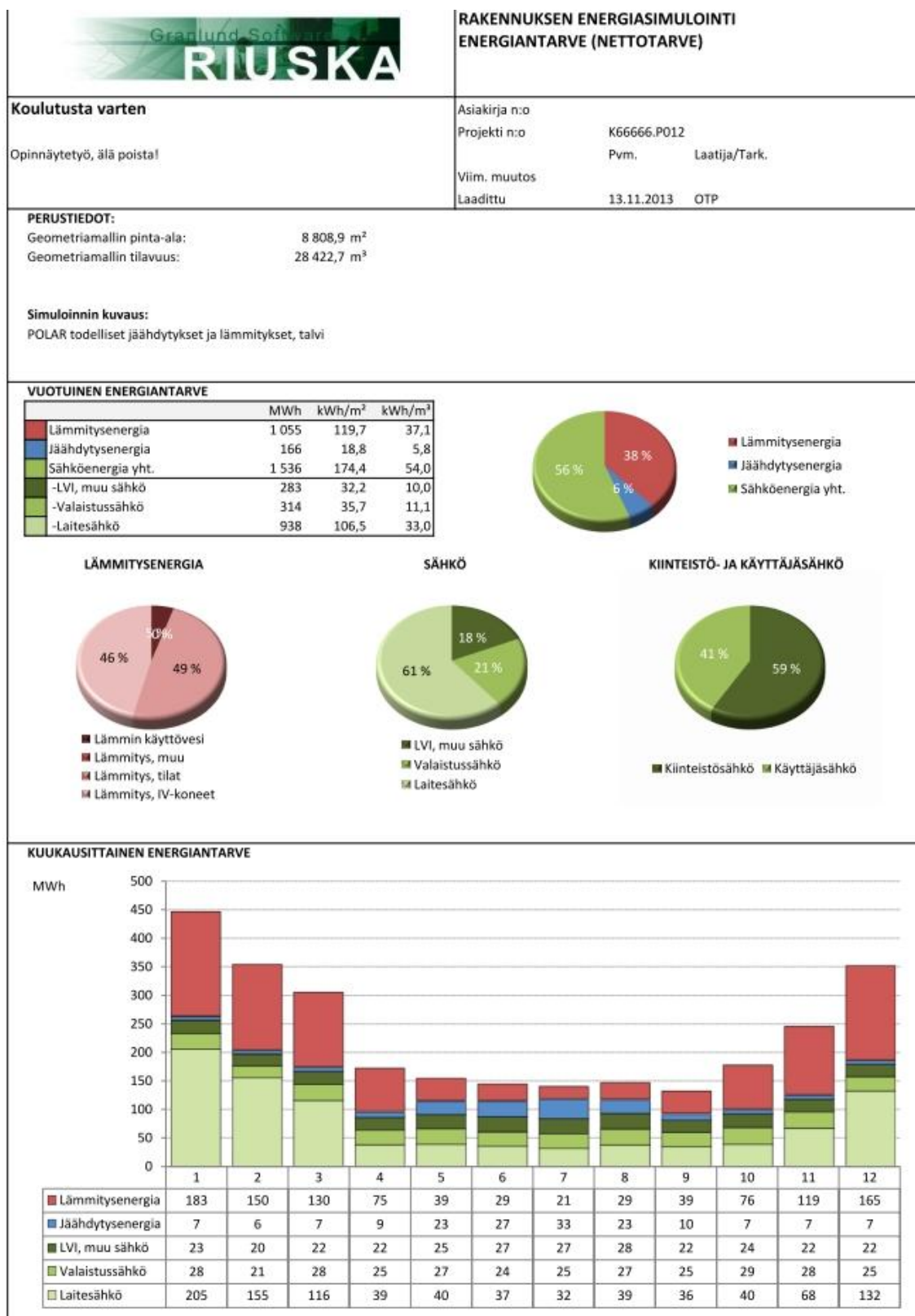
Kuukausi	Puhallinsähkö MWh	LVI, muu sähkö MWh	muu sähkö MWh
Tammikuu	16,786	6,250	233
Helmikuu	14,653	5,645	176
Maaliskuu	16,132	6,250	144
Huhtikuu	15,415	6,804	64
Toukokuu	16,769	7,812	67
Kesäkuu	19,767	6,880	61
Heinäkuu	20,234	7,031	57
Elokuu	20,296	7,031	66
Syyskuu	14,751	6,804	61
Lokakuu	16,788	7,031	69
Marraskuu	16,076	6,149	96
Joulukuu	15,469	6,250	157
Yhteensä	203,5	79,9	1252

Taulukossa 13 on esitetty yhteenvetona Riuskalla simuloitujen lämmitysenergian, jäähdytysenergian ja sähköenergian kulutukset kuukausittain.

TAULUKKO 13. Yhteenveto simuloituista energiankulutuksista.

Kuukausi	Lämmitysenergia MWh	Jäähdytysenergia MWh	Sähköenergia MWh
Tammikuu	183	7	256
Helmikuu	150	6	196
Maaliskuu	130	7	166
Huhtikuu	75	9	86
Toukokuu	39	23	92
Kesäkuu	29	27	88
Heinäkuu	21	33	84
Elokuu	29	23	94
Syyskuu	39	10	83
Lokakuu	76	7	93
Marraskuu	119	7	90
Joulukuu	165	7	179
Yhteensä	1055 MWh 120 kWh/m ² 37,7 kWh/m ³	166 MWh 18,8 kWh/m ² 5,8 kWh/m ³	1535 MWh 174 kWh/m ² 54 kWh/m ³

Kuvassa 5 on esitetty vuotuinen simuloitujen järjestelmien nettoenergianterve jaoteltuna energialajeittain. Kuvassa esitetään myös kuukausittainen energiankulutus pylväsdiagrammien avulla.



KUVA 5. Rakennuksen energiantarve

4.3 Toteutuneiden energian kulutusten vertaaminen simuloituihin tuloksiin

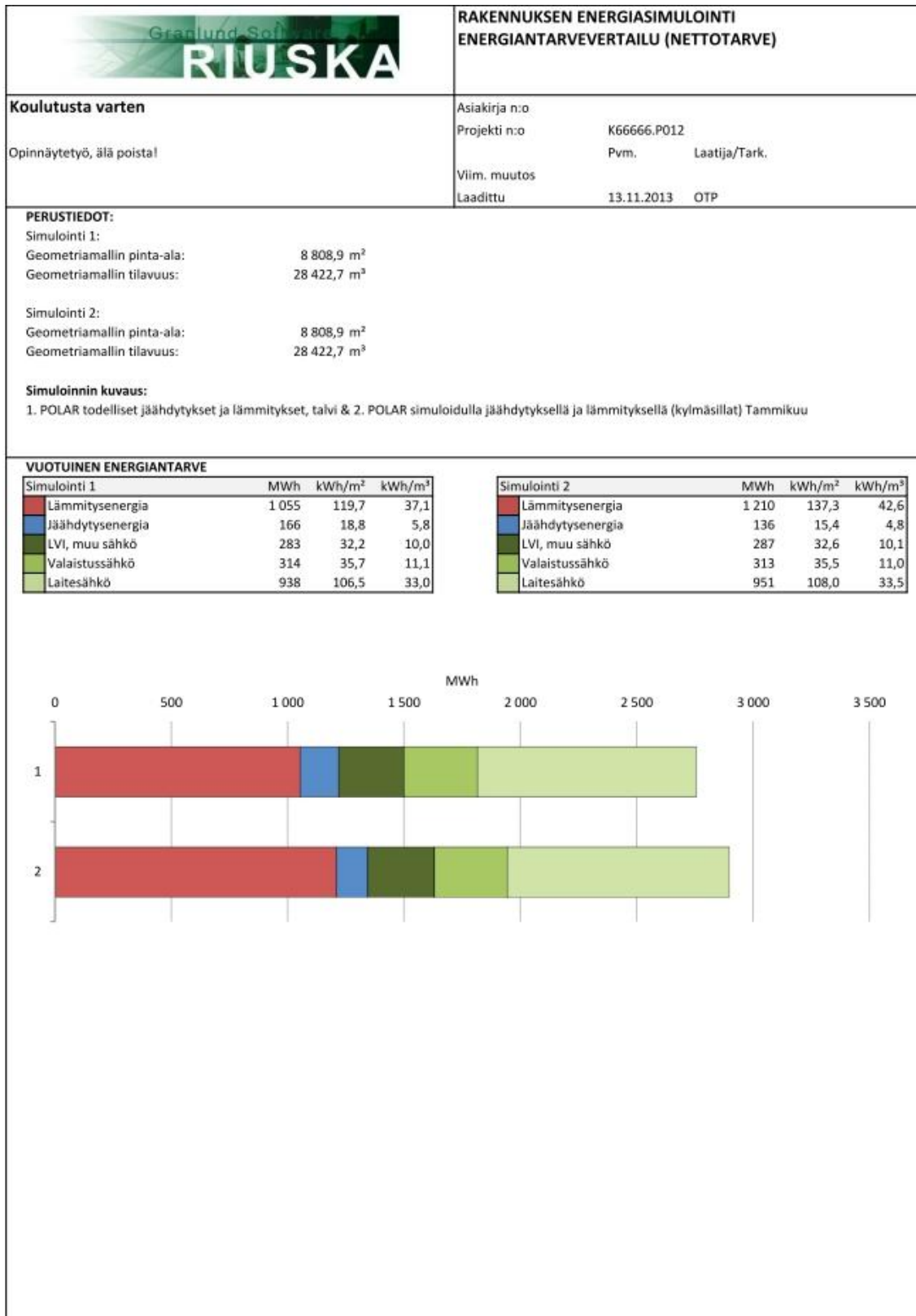
Taulukossa 14 vertaillaan kohteen toteutuneita lämmityksen ja sähkön energiankulutuksia vuodelta 2012 ja simuloituja energiantarpeita olemassa olevilla järjestelmillä.

TAULUKKO 14. Toteutuneiden ja simuloitujen tuloksien vertaaminen

Kuukausi	Lämmitysenergia (MWh)		Sähköenergia (MWh)	
	Simuloitu	Toteutunut	Simuloitu	Toteutunut
Tammikuu	183	199	256	141
Helmikuu	150	186	196	133
Maaliskuu	130	153	166	136
Huhtikuu	75	104	86	121
Toukokuu	39	70	92	139
Kesäkuu	29	30	88	137
Heinäkuu	21	25	84	136
Elokuu	29	30	94	166
Syyskuu	39	63	83	130
Lokakuu	76	100	93	137
Marraskuu	119	140	90	171
Joulukuu	165	190	179	139
Yhteensä	1055 MWh	1290 MWh	1535 MWh	1686 MWh
	120 kWh/m ²	147kWh/m ²	174 kWh/m ²	189 kWh/m ²
	37,7kWh/m ³	45,4 kWh/m ³	54 kWh/m ³	58,4kWh/m ³

Taulukosta voi nähdä, että toteutuneet energiankulutukset ovat lämmityksen sekä sähkön osalta suurempia, kuin simuloitut arvot. Tämä pieni ero johtuu siitä, että lähtötietojen määrittäminen tarpeeksi tarkasti olemassa olevaan rakennukseen on haastavaa ja jopa mahdotonta. Tästä huolimatta arvot ovat niin lähellä toisiaan, että laskelmia voidaan pitää luotettavina.

Työssä on myös laskettu vertailuarvot nykyiselle järjestelmälle, eli simuloitu rakennus optimaalisilla lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmillä. Mitoittavina tekijöinä ovat samat arvot kuin toisessakin simuloinnissa, paitsi että tässä tapauksessa ohjelma itse määrittä lämmityksen ja jäähdytyksen tehojen tarpeet haluttujen sisäilman lämpötilojen perusteella. Nykyisillä järjestelmillä tehdyssä simuloinnissa huonekohtaiset lämmitystekot on otettu lämmityskuvista, joista sai suoraan pattereiden tehot. Jäähdytyskuvista puolestaan on määritetty nykyisten jäähdytyspalkkien tehot niiden mallin ja pituuden perusteella. Kuvassa 6 vertailaan näistä kahdesta eri simuloinnista saatuja tuloksia vuotuisten energiankulutuksien mukaan. Simulointi 1 on tehty nykyisten järjestelmien tehoilla ja simulointi 2 optimaalisilla tehoilla.



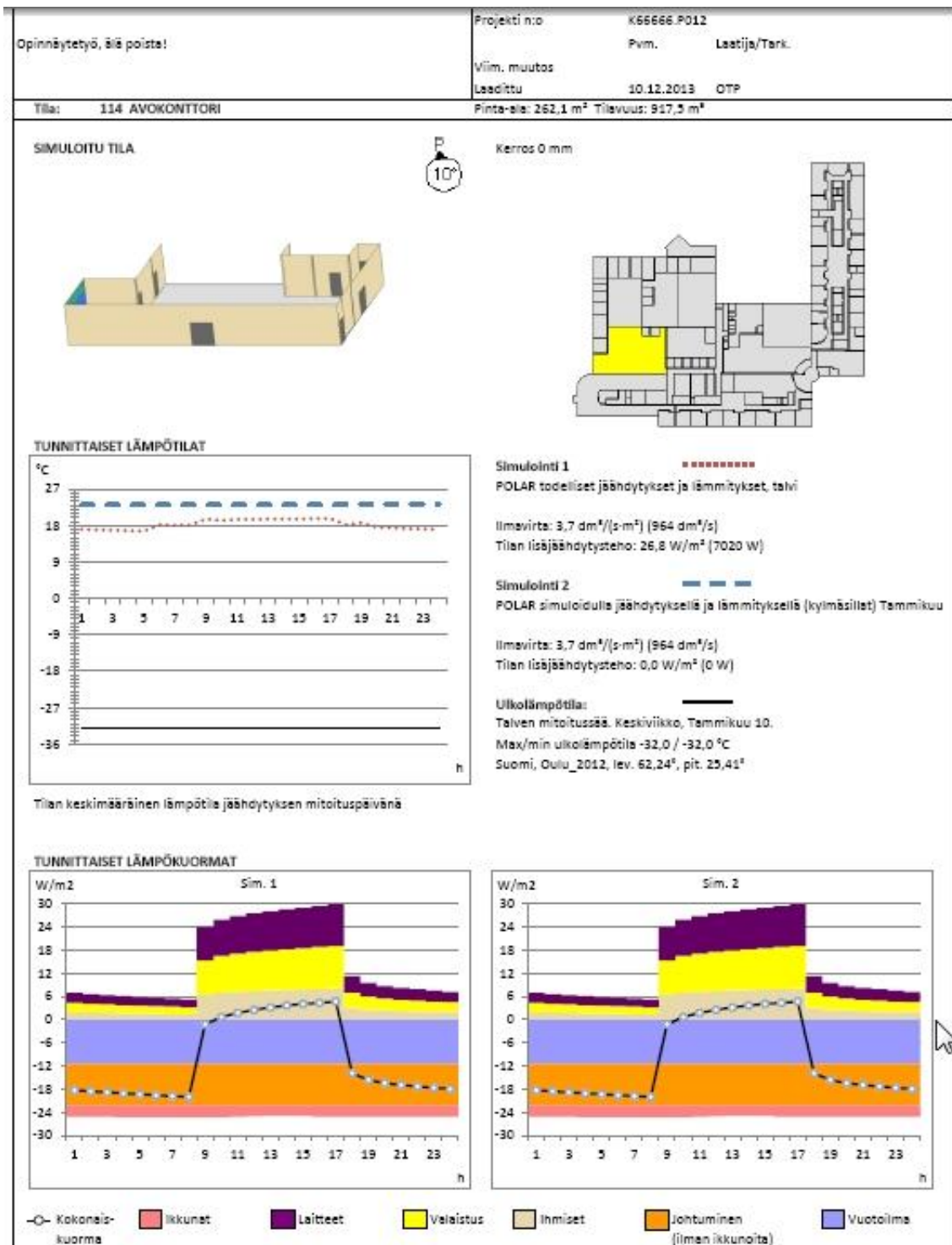
KUVA 6. Energiatarvevertailu

Tuloksista voi havaita, että rakennuksen lämmitys nykyisillä pattereilla on hie-
man alimitoitettu ja tästä johtuen joissain tiloissa saattaa kovimmilla pakkasilla

lämmitysteho loppua kesken, mikä aiheuttaa työskentelyolosuhteiden heikentymistä ja vedon tunnetta. Lämmityspattereiden tehojen lisääminen ei suoranaisesti säästä energiaa, mutta pitkällä tähtäimellä tälläkin toimenpiteellä voidaan saada säästöjä aikaan. Nykyisin toimistoihin on talvella jouduttu laittamaan sähköpattereita antamaan lisälämpöä, jotta huonelämpötilat on saatu työntekijöitä miellyttäväiksi. Sähköllä lämmittäminen ei ole yhtä energiatehokasta kuin kaukolämmöllä vastaavan lämmön tuottaminen. Tällä toimenpiteellä siis saadaan sähkönkulutusta laskemaan, joten kokonaisenergiankulutus laskee.

Jäähdytyksen laskelmista voi puolestaan nähdä, että tämän hetkinen jäähdytyspalkkijärjestelmä on jopa ylimitoitettu. Tästä ei aiheudu ylimääräistä energiankulutusta, koska palkeissa on huonetermostaatit jotka säätelevät tehontarvetta. Muut arvot ovat hyvin lähellä toisiaan, joten niiden osalta voi olettaa rakennuksen toimivan melko optimaalisesti.

Työssä tehdyt huonekohtaiset olosuhdelaskelmat myös tukevat teoriaa alimitoitetusta lämmitysverkostosta. Kuvassa 7 on simuloitu ensimmäisen kerroksen avokonttorin lämpötilan pysyvyyttä mitoituslämpötilassa talvella (tammikuu -32 °C).



KUVA 7. Avokonttorin olosuhdesimulointi

Tunnittaisista lämpötiloista voi huomata sen, että simuloidulla lämmityksellä lämpötila pysyy hyvin lineaarisena läpi vuorokauden. Todellisilla lämmitystehoilla laskettaessa huonelämpötila sen sijaan laskee alle suositusten ja käy jopa alle +17 °C:n.

5 YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli luoda matemaattinen malli rakennuksen energiankulutuksista ja määrittää sen avulla energiatase rakennukselle. Sen lisäksi verrattiin toteutuneita kulutuksia Riuskalla simuloituihin energiankulutuksiin. Tarkoituksena oli myös pohtia syitä korkeille energiankulutuksille.

Riuskalla simuloitujen energian kulutukset vastasivat melko tarkasti toteutuneita kulutuksia, joten energiataseen määrittäminen onnistui hyvin. Tuloksista voitiin nähdä, että rakennuksen kulutukset ovat vastaavanlaisia kiinteistöjä huomattavasti korkeammat. Sähkön kulutus selittyy suurimmaksi osaksi tuotekehityksen ja prototyyppipajojen suurella sähkölaitteiden määrällä. Lämmitysenergian ja veden kulutus pitäisi kuitenkin olla lähempänä toimistorakennuksien keskiarvoa. Lämmitysenergian korkea kulutus selittyy rakenteiden ja varsinkin ikkunoiden heikoilla U-arvoilla. Vaihtamalla ikkunat nykyisten määräysten mukaisiksi saavutettaisiin jo huomattavia säästöjä. Korkea vedenkulutus johtuu mahdollisesti liian suuresta vedenpaineesta. Se saadaan kuntoon asentamalla vakiopaineventtiili. Mahdollista on myös että vesikalusteet vuotavat, ja ne kaikki olisi hyvä käydä läpi. Näihin kulutuksiin kiinteistön omistajan kannattaa paneutua tarkemmin, mikäli halutunlaisia energian kulutuksen säästöjä aiotaan saavuttaa.

Laskelmista kävi selville myös, että rakennuksen lämmitysjärjestelmä on alimitoitettu. Huoneiden olosuhdesimuloinnit tukivat tätä johtopäätöstä. Niistä näki, että osassa huoneista lämpötila voi laskea talvella jopa alle +17 °C. Tästä seuraa vedon tunnetta ja työskentelyolosuhteiden huononemista. Lämmitysjärjestelmää tulisikin parantaa, jotta kaikille työntekijöille taataan miellyttävä työympäristö.

LÄHTEET

1. Kemppainen Juho 2013 Polar Electro Oy:n toimitilojen lämpöolo-ongelmien selvitys. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, talotekniikan koulutusohjelma.
2. Motiva – Energiankulutuksien vertailuarvot
<http://www.motiva.fi/>
Hakupäivä 2.12.2013
3. Energiakatselmusraportti, Polar Electro Oy. 2008. YIT Kiinteistötekniikka Oy. Oulu
4. Progman – MagiCAD Room. Saatavissa:
<http://www.magicad.com/fi/content/magicad-room>
Hakupäivä 29.11.2013
5. RIUSKA™-Granlund.Saatavissa:
<http://www.granlund.fi/ohjelmistot/riuska/>
Hakupäivä 1.12.2013

