



PÄIVITTÄISTAVARATALON ENERGIATALOU- DELLINEN SUUNNITTELU

Energiaselvitys ja rakennussuunnittelu

Tommi Rinta-Säntti

Opinnäytetyö
Toukokuu 2012
Rakennustekniikka
Kiinteistönpitotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Kiinteistönpitotekniikan suuntautumisvaihtoehto

RINTA-SÄNTTI, TOMMI:
Päivittäistavaratalon energiataloudellinen suunnittelu
Energiaselvitys ja rakennussuunnittelu

Opinnäytetyö 73 sivua, josta liitteitä 10 sivua
Toukokuu 2012

Pirkanmaan Osuuskaupalla on tarkoituksenaan kehittää konsepti mahdollisimman vähäpäästöiselle päivittäistavarakaupalle. Projektin hankesuunnittelun osapuolina toimivat Pirkanmaan Osuuskauppa, VTT, Huurre Oy Finland, AIRIX Talotekniikka Oy, Arkkitehtuuritoimisto Seppo Kangasniemi Oy sekä Pertti Hakala Combi Cool Oy:stä.

Tässä opinnäytetyössä tutkittiin päivittäistavarakaupan energiataloutta. Tutkimuksen tavoitteena oli mallintaa S-market Pälkäneen parannellun liikerakennuksen pohjalta energiakulutus sekä verrata kulutusta kylmälaitoksen lauhdelämmöstä hyödynnettävissä olevaan energiaan. Työssä selvitettiin energiatehokasta rakennussuunnittelua sekä taloteknisten laitteistojen ominaisuuksia.

Rakennuksen energiatehokkuus mallinnettiin Suomen rakennusmääräyskokoelman D5-2007 mukaisesti. Mallinnus sisältää kuukausitasoiset energiataseet sekä mitoitusohjelmien tarpeen. Mallinnus täydennettiin sisäänkäyntien lämpöhäviöenergioilla, jotka laskettiin Biddle Oy:n mitoitusohjelmilla sekä ilmaverhokoneilla. Työssä havaittiin oviaukkojen ilmavirtojen johtavan merkittäviin lämpöhäviöihin sekä ilmaverhokoneiden tarvitsevan suuren lämmitystehon. Laskennallisesti ovipuhaltimien takaisinmaksuaika on liikerakennuksessa muutama vuosi.

Työssä perusteltiin laskennallisesti se, että investoinnit talotekniikkalaitteistoihin ovat kannattavampia kuin vaipan lämmöneristävyuden kohottaminen määräysten mukaisista. Suomen rakennusmääräykset rajoittavat rakennusten sähköenergiankulutusta sen korkean energiakertoimen kautta.

Asiasanat: Päivittäistavarakauppa, energiaselvitys, ilmaverho

ABSTRACT

Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Construction engineering
Option of Facility Engineering

RINTA-SÄNTTI, TOMMI:
Grocery store's energy designing
Energy report and construction planning

Bachelor's thesis 73 pages, appendices 10 pages
May 2011

Pirkanmaan Osuuskauppa is to develop a concept for real estate with as minimum carbon emissions as possible for the grocery trade. There are five parties involving in this project planning, including Pirkanmaan Osuuskauppa, VTT, Huurre Ltd Finland, AIR-IX Talotekniikka Ltd, Arkkitehtuuritoimisto Seppo Kangasniemi Ltd and Pertti Hakala.

This thesis made research on grocery store's energy economy. The goal was to model the real estate based on the S-market Pälkäne grocery building and find out better solutions for energy saving justified by calculations. Work also investigates energy-effective construction planning and -automation.

In this research paper, building's energy efficiency was modeled by the Finnish construction specification D5 (2007). Modeling includes the monthly level of energy balance and designed maximum power needed. Modeling is complemented by the entrance heat losses calculated by Biddle Ltd's design programs and air curtain machines. One important fact that was found out is that the doorways lead to large heat losses. Air curtain is one of the solutions to stop the doorway heat losses, while the investment for air curtain can be paid back in a few years.

This paper has proved by calculation that the investment's to construction automation installation are more economical than putting more thermal insulation. Finnish construction instructions strictly limit the electricity consumption in the design of the power supply system in commercial buildings. Basically the design for power supply system in a grocery building includes two parts -- a primary heating system and a refrigeration recuperation system.

Index terms: grocery store, energy report, air curtain

ALKUSANAT

Haluan kiittää työn tilaajaa Pirkanmaan Osuuskaupan kiinteistöosastoa monipuolisesta opinnäytetyöaiheesta sekä ammattimaisesta opastamisesta päivittäistavarakaupan toimintaan. Kiitän myös Stravent Oy:n aluepäällikkö Kari Ääristä oviverhohuoltimiin liittyvistä materiaaleista sekä opastuksesta. Haluan kiittää myös työn valvovaa lehtoria Jorma Ursinusta. Työn tekeminen oli mielenkiintoista sekä haastavaa.

Tampereella 28.5.2012

Tommi Rinta-Säntti

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
1.1	Tausta.....	8
1.2	Tavoitteet	9
1.3	Työn rajaus	9
1.4	Esimerkkikohte S-market Pälkäne.....	10
1.4.1	S-market Pälkäne energiankulutus.....	12
1.5	Suunnitteluohje ja kaavoitus	14
1.6	Rakennussuunnittelu	15
2	TEKNISET VAATIMUKSET	17
2.1	Viranomaisvaatimukset	17
2.2	2020 Päästötavoitteet EU	17
2.3	Suomen rakentamismääräyskokoelma.....	18
2.4	Passiivirakentamisen tavoitearvot.....	19
2.5	Viranomaisvaatimusten vaikutus liiketiloihin	20
3	TALOTEKNIikka	21
3.1	Kylmäkalusteet	21
3.2	Lämmöntalteenotto	21
3.3	LVIS.....	22
3.4	Valaistus.....	23
4	RAKENNUSSUUNNITTELU.....	24
4.1	Asemakaava	24
4.2	Pohjaratkaisu.....	24
4.3	Vaipparakenteiden suunnittelu	25
5	SISÄÄNKÄYNTIEN ENERGIATALOUS.....	27
5.1.1	Oviaukon toimintaperiaate	27
5.2	Ilmaverhot	28
5.2.1	Oviverhopuhaltimen tekniikka.....	29
5.2.2	Ilmaverhon ohjaus.....	31
5.2.3	Ilmaverhopuhaltimen lämmitys	32
5.2.4	Ilmaverhon mitoitus	32
5.3	Tuulikaappi	35
5.4	Johtopäätökset.....	39
6	ENERGIASELVITYS JA LASKUKAAVAT	41
6.1	Lähtötiedot	41
6.2	Lämpöhäviöt	41
6.2.1	Johtuminen	41
6.2.2	Ilmavuoto	42
6.2.3	Ilmanvaihto	43
6.2.4	Käyttövesi	44
6.2.5	Lämmitysjärjestelmä	45
6.2.6	Ovien ilmavirta.....	46
6.2.7	Kylmäkalusteiden aiheuttama lämmitystarve	46
6.3	Lämpölisät	46
6.3.1	Valaistus.....	46
6.3.2	Ihmiset.....	47
6.3.3	Aurinko	48
6.3.4	Lämmityslaitteet.....	48
6.4	Sähkönkulutus.....	49
6.4.1	Valaistus.....	49

6.4.2	Ilmanvaihto	49
6.4.3	Muu laitesähkö	49
6.5	Lauhdelämpö	49
6.6	Lämpökuormista hyödynnettävä energia	50
6.7	Mitoitustehontarve	52
6.8	Tuloksien tarkastelu	56
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	60
7.1	Säästöpotentiaali	61
7.2	Epävarmuustekijät ja lisätutkimustarve	63
	LÄHTEET	64
	LIITTEET	65
	Liite 1. S-Market Kaleva, ilmavirtamittaukset	65
	Liite 2. Kylmälaitos	66
	Liite 3. Energialaskelmat	67

1 JOHDANTO

Pirkanmaan Osuuskaupalla on tavoite rakennuttaa vähäpäästöinen päivittäistavarakauppa käyttäen suunnittelun lähtökohtana energiakulutuksen vähentämistä vähintään 20 %:a nykytasosta. Hankkeessa tullaan määrittelemään keinot, joilla päästään mahdollisimman pieneen vuotuiseseen energiakulutukseen liiketoiminnan siitä kärsimättä. Osuuskauppa hallinnoi ja käyttää erilaisia liiketiloja niin päivittäistavara- kuin ravintolatoiminnassakin. Kiinteistöjen energiakulutusseurannan analysointi ja ymmärtäminen ovat tärkeässä asemassa suunniteltaessa entistä energiatehokkaampaa kiinteistöä.

Suomen nykyisen rakennusmassan elinkaaren energiakulutus jakautuu käyttövaiheen 80 - 90 % sekä tuotantovaiheen 10 – 20 % (Energiatehokas ja ekologisesti kestävä rakennus, SAFA). Päivittäistavarakaupan käyttövaiheen kustannukset kuitenkin nousevat vielä tätäkin suuremmaksi suuren sähkönkulutuksen vuoksi. Luvuista on pääteltävissä, että rakennusvaiheen investoinnit tehokkaisiin laitteistoihin maksavat itsensä todennäköisesti takaisin jopa lyhyellä takaisinmaksuajalla. Nousevat energiahinnat lisäävät investointien kannattavuutta.

Projektin edetessä pyrittiin laskennallisesti mahdollisimman pieniin energiakulutuksiin, jolloin pystytään selvittämään mahdollinen energiasäästöpotentiaali toteutuneisiin kohteisiin verrattuna.

Tämä opinnäytetyö keskittyi elintarvikemyymälän rakenteellisten- sekä taloteknisten ratkaisujen kehittämiseen. Ratkaisujen tulee mahdollistaa kiinteistön toiminnot niin asiakkaan kuin käyttäjänkin tarpeisiin. Vähäpäästöinen ja mahdollisimman huoltovapaa kiinteistö on tarkoitus rakentaa yksinkertaisista, innovatiivisista ja varmaksi todetuista ratkaisuista.

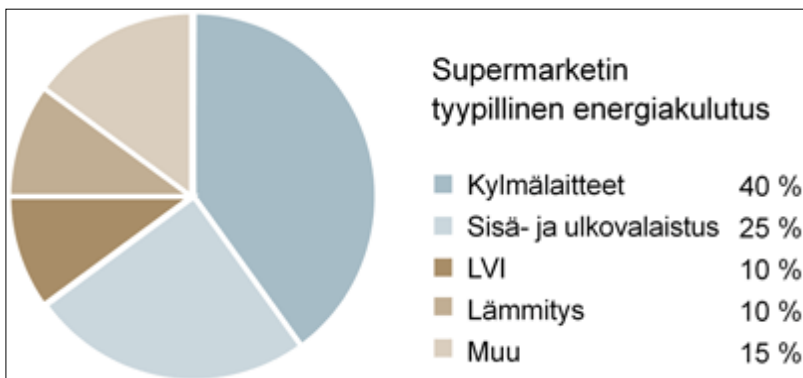
Työn tiedonlähteinä pyrittiin käyttämään energiatutkimuksia, päivittäistavarakaupan käyttäjiä, laitetoimittajia sekä -suunnittelijoita. Matalaenergiaratkaisujen optimointi onnistuu rakennusfysiikan, materiaaliominaisuuksien ja rakenteiden suunnittelulla, kuitenkin unohtamatta taloteknisten järjestelmien asettamia vaatimuksia. Energialaskelmilla selvitettiin rakennuksen energiatarve sekä tehollinen energiankulutus, jotta pystytään tutkimaan onko kylmälaitoksesta saatavalla lauhde-energialla mahdollista kattaa rakennuksen lämmitysenergiatarve.

Rakennuksen energiakulutuksen pienentäminen ei ole riittävä tekijä pienentämään hiili-dioksidipäästöjä vaan varsinkin sähköenergian toimittajan tuotantoon on kiinnitettävä huomiota, tilojen suunnitteluun on panostettava; lisäksi on pyrittävä käyttämään mahdollisimman tehokkaasti ilmaisenergioita.

Kiinteistön tarkan elinkaarikustannustarkastelun vuoksi energiaselvitys tulisi tehdä useille eri ratkaisuvaihtoehdoille, jotta pystytään valikoimaan edullisin ratkaisumalli. Kiinteistö useimmiten pyritään perus parantamaan n. 20 vuoden välein asiakastytyvyyden kohentamiseksi.

1.1 Tausta

Motivan arvioima perinteisen päivittäistavarakaupan energiakulutus on esitetty osaluokittain kuviossa 1.



Kuvio 1. Supermarketin energiakulutus (motiva).

S-Market rakennuksen keskimääräinen normitettu energiakulutus koostuu seuraavista luvuista:

-lämpö 112 kWh/(brm²*a)

-sähkö 435 kWh/(brm²*a)

-vesi 123 l/(brm²*a).

Tiedot on kerännyt SOK:n kehitysosasto Haahtela Kiinteistötiedon kulutusseurantaan liitettyjen eri-ikäisten S-market -kiinteistöjen kulutusmittareista.

S-market -konseptin rakennusten keskimääräinen bruttoala on n.1 500 - 4 000 brm². Bruttoalan laskentaperiaatteet vaihtelevat kaupungin mukaan, mutta tilan ulkoilmaan avoimen osan ylittäessä 30 % se on paikallisesta rakennusvalvonnasta riippuen mahdollista jättää bruttoalasta pois.

Energiakulutusarvoista on selvästi pääteltävissä, että yksin rakenteita parantamalla ei energiakulutukseen voida merkittäviä parannuksia tehdä. Suurimmat säästöt olemassa oleviin rakennuksiin on toteutettu sähkölaitteiden (kylmäkoneet, valaistus, ilmanvaihtokoneet) tehokkuutta parantamalla sekä niiden määrien optimoinnilla.

1.2 Tavoitteet

Energialaskelmien tarkoituksena oli tuottaa teoreettiset kuukausittaiset lämmitystarvemäärät sekä tarvittava mitoitusteho laskemalla rakennuksen lämpöhäviöt ja lämpökuormat. Laskelmien perusteella esitetään säästöpotentiaali, joka määrittelee mihin suunnittelu tulisi kohdentaa.

Rakennesuunnitelmien keskeisimmässä asemassa ovat ilmatiiviyden korostaminen, kylmäsiltojen katkaiseminen sekä rakennuksen kosteustekninen toiminta. Sisäänkäyntien energiahäviöt ovat tarkastelun tärkeimpiä havaintoja kiinteistön energiaselvityksessä.

Lopputuloksena esitetään talotekniikkajärjestelmiltä vaadittavat ominaisuudet tavoitteiden saavuttamiseksi ja lisäselvityksien tarve.

Työssä tarkasteltiin myös uudistuvien määräyksiä (D3-2012) vaikutusta rakennuksen toteutukseen.

1.3 Työn rajaus

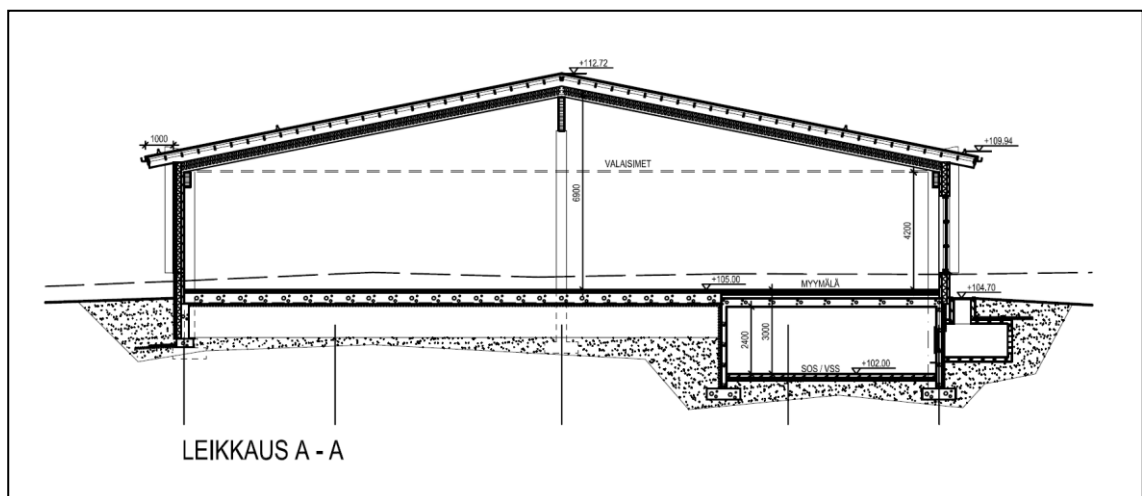
Työ rajataan energialaskelmiin sekä kehitysehdotuksiin. Työn lopputulos ei esittele rakennuksen elinkaarilaskennan tuloksia johtuen talotekniikkalaitteiden vaikutuksesta lopputulokseen.

1.4 Esimerkkikohte S-market Pälkäne

Esimerkkikohteena työssä käytettiin S-market Pälkänettä, joka on samaa kokoluokkaa suunnitellun konseptikohteen kanssa. S-Market Pälkäneen bruttoala on 1 726 m², myymäläalan ollessa 850 m². Rakennuksen tilavuus on 10 500 m³. Rakenteiden u-arvot ovat: ulkoseinä 0,22 W/ m²K, alapohja 0,22 W/ m²K ja yläpohja 0,15 W/ m²K. Rakennuksessa on maanalainen väestönsuoja sekä 2. kerroksessa sijaitseva IV-konehuone.

KUVA POISTETTU

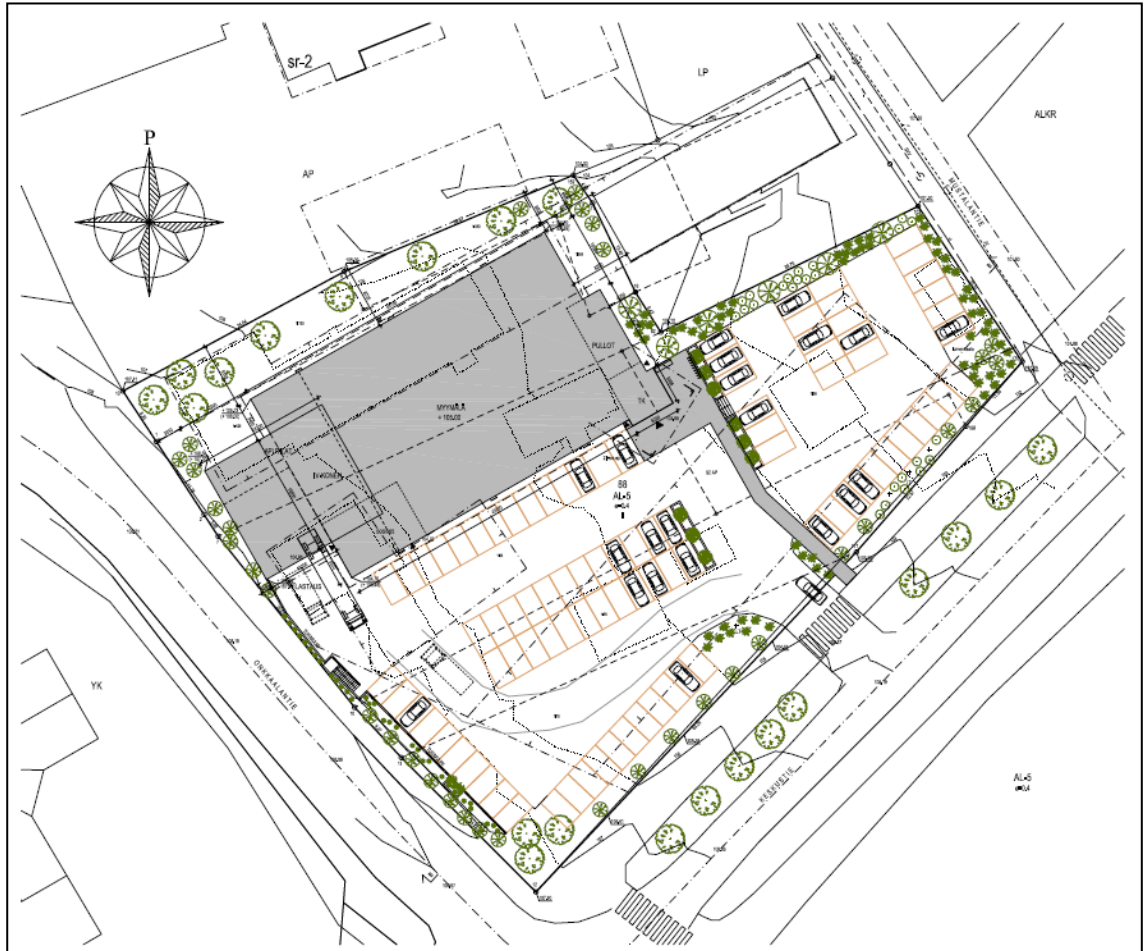
Kuvio 2. S-market Pälkäne pohjapiirustus (Seppo Kangasniemi oy 2007)



KUVIO 3. S-market Pälkäne leikkauspiirustus (Seppo Kangasniemi oy 2007)

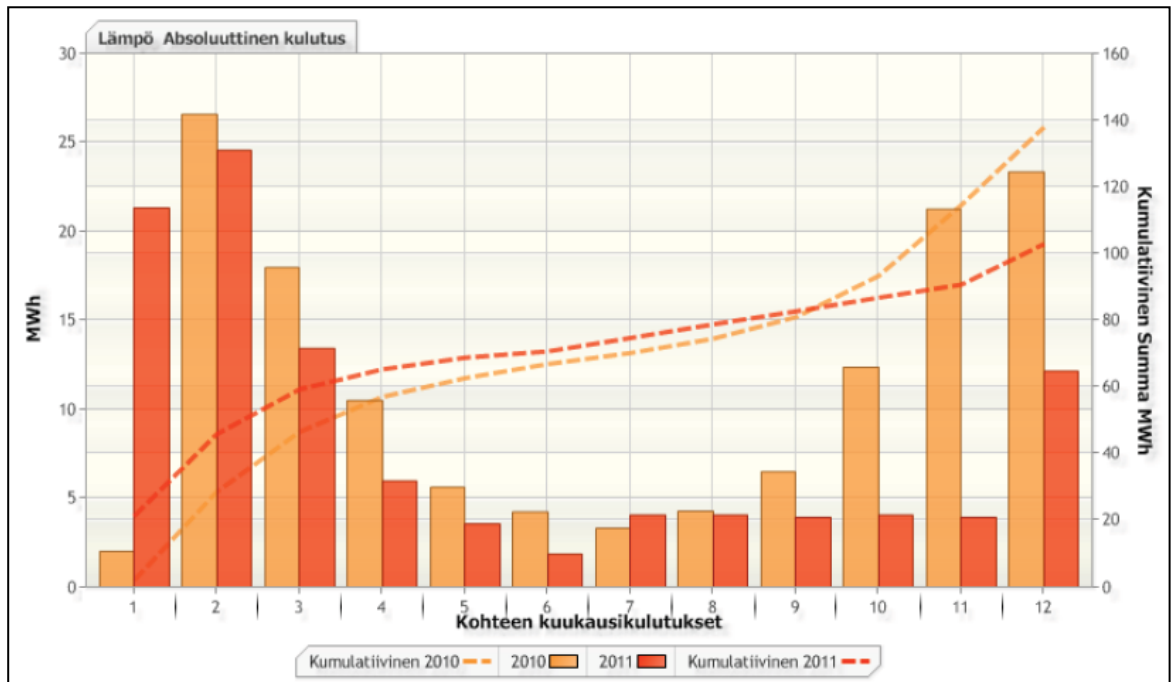
S-M Pälkäneessä on pilariperustus sekä maanvarainen alapohja. Rungon kantavana ja jäykistävänä rakenteena toimivat mastopilarit. Yläpohjan rakenne on harjakatto, joka tukeutuu sekundäärikannattajina toimiviin liimapuupalkkeihin, pääkannattajana toimivat jänneväliltään 6 - 12 m liimapuupalkit. Seinärakenne on kantamaton betonisandwich- elementti.

Kuvion 4 mukaisesti rakennus on asemoitu etelää kohti.



Kuvio 4. S-market Pälkäne asemapiirustus (Seppo Kangasniemi oy 2007)

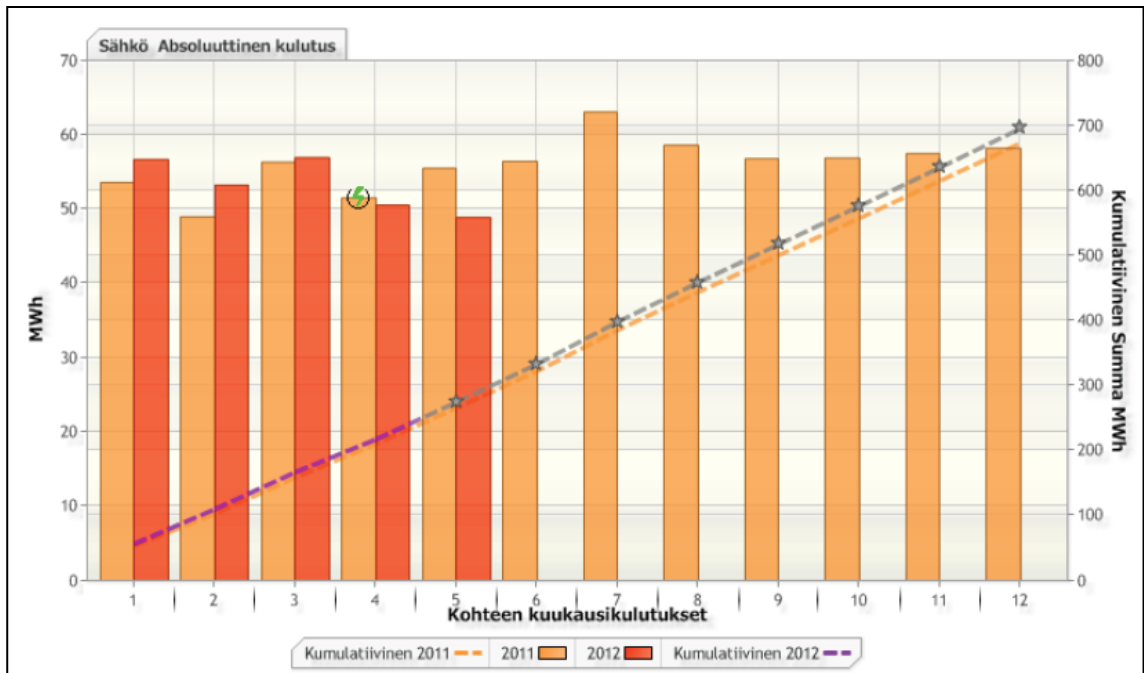
1.4.1 S-market Pälkäne energiankulutus



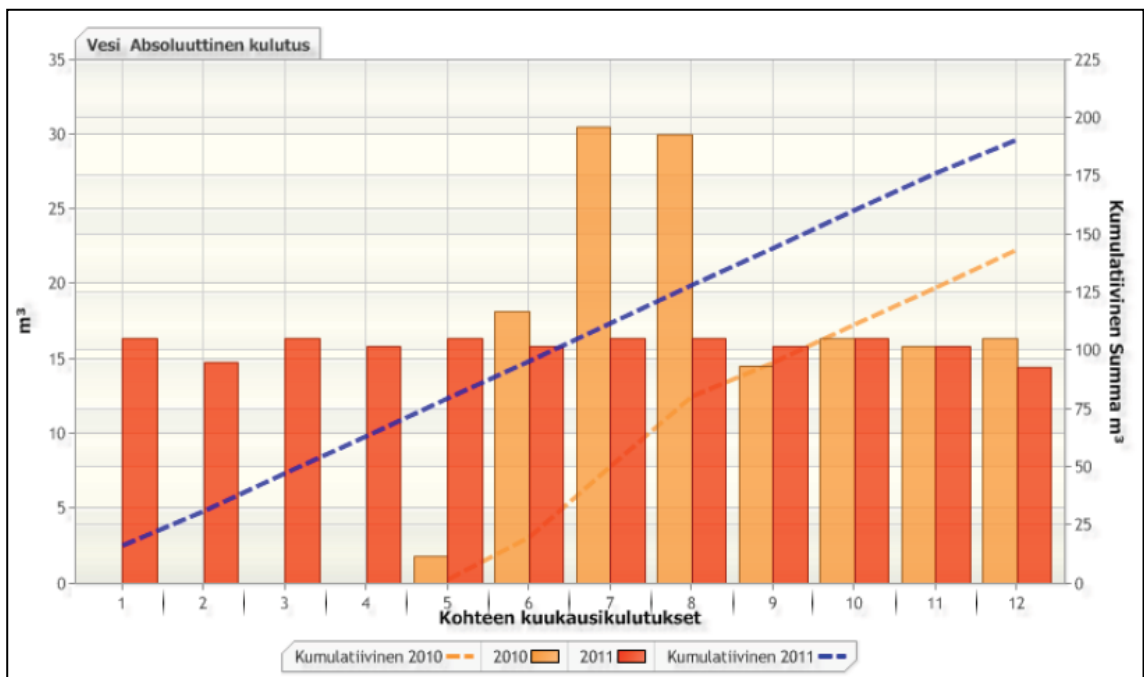
Kuvio 5. S-market Pälkäneen kaukolämmönkulutus (Haahtela RES)

S-Market Pälkäne on kaukolämpölämmitteinen rakennus, jonka kylmälaitoksen lauhde-
lämpö hyödynnetään Kryotherm-ilmanvaihtokoneella sekä kalusteiden alapuhallukses-
sa.

Kaukolämmön energiaa siirretään lämmönvaihtimin vesiradiaattoreille, käyttöveden
lämmitykseen, oviverhopuhaltimien lämmitykseen, oven edustan liukkaudentorjuntaan
ja tuloilmakoneiden jälkilämmityspattereihin kylmimpinä kuukausina.



Kuvio 6. S-market Pälkäneen sähkönkulutus (Haahtela RES)



Kuvio 7. S-market Pälkäneen vedenkulutus (Haahtela RES)

S-market Pälkäneessä kylmäkalusteet ovat kansittamattomia ja valaistus on toteutettu T8-loisteputkella.

Suunnitellun uudiskohteen lähtötiedot sekä talotekniikka ominaisuudet ovat tarkemmin esitettyinä kappaleissa 6 sekä 3.

Kiinteistön energiasäästöä saavutetaan: kansitetuilla kylmäkalusteilla, valaistus LED-putkella, LTO-järjestelmä glykolipiirin lämmönvaraajiin, Ilmanvaihdon CO2-ohjaus/tarpeenmukainen ilmanvaihto ja tehokkaammat sisäänkäyntiratkaisut.

1.5 Suunnitteluohje ja kaavoitus

S-market suunnitteluohje (SOK Kiinteistötoiminnot 13.2.2009) on ketjuohjaukseen tarkoitettu teos hankesuunnittelun, rakennuslupa- sekä suunnitteluvaiheen apuvälineeksi. Suunnitteluohje on ohjaava teos, jotta marketit olisivat tunnistettavia ja tärkeimmät vaatimukset tulisivat täytetyiksi.

Suunnitteluohje oli vahvasti läsnä tutkimuksessa, kuitenkin työssä oli sallittua esittää muutosehdotuksia.

Seuraavassa on listattu ohjeita:

- Riittävä paikoitusalue, logistiikan toimivuus, laajennusvaraus
- Noudatetaan määräyksiä (RYL2000,RIL, RakMk)
- Hyötykuormat: myymälä ja takatilat 10 kN/m², IV-konehuone 5kN/m² ja lisäksi lauhduttimien paino
- Paloluokka yleensä R120
- Tilojen vapaa korkeus. myymälässä valaistuksen alapintaan 3,6m. Takatilojen minimi korkeus 3,6m
- Lastauslaituri 70-160m², sisältäen myös laatikkovaraston sekä jätetilan.

Seuraavassa on esitetty S2- kokoluokan marketin ohjeellinen tilaohjelma (S2= 1325 brm²):

- tuulikaappi 15 m²
- kärryalue 32 m²
- myymälä 1 040 m²
- pullohuone 42 m²
- toimisto 11 m²
- siivousvälinevarasto 4 m²

- terminaali 54 m²
- hevikyymiö 11 m²
- grillikyymiö 2 m²
- broilerikyymiö 2 m²
- kalakymiö 2 m²
- pakaste 7 m²
- vastaanotto-tila 85 m²
- tiskaus 7 m²
- taukotila 14 m²
- pukuhuone 14 m²
- suihku 1 m²
- wc 3 m²
- laatikkovarasto 22 m²
- laiturit 24 m²
- jäte-tila 29 m².

(2009 S-market suunnitteluohje)

1.6 Rakennussuunnittelu

Rakennuksen energiatalouteen vaikuttavat tekijät syntyvät osin jo arkkitehtisuunnittelu- vaiheessa. Suunnittelun perusteena on sulkea rakennus pohjois- ja itätuulien viilentävältä vaikutukselta, joko asemoimalla tai suojaamalla luonnonesteillä kuten valleilla, puilla tai katoksilla. Rakennuksen suojaaminen vähentää tuulen aiheuttamia paine-eroja. Ulokkeet kuten erkkerit ja katokset edesauttavat tuulen turbulenssi-ilmiön syntymistä, siten niiden käyttöä tulisi välttää.

Tilaratkaisussa on pyrittävä optimoimaan tilojen koot: ulkomuodoiltaan suorakulmion muotoinen rakennelma on käytännössä energiatehokkain. Ulkovaipan pinta-alan pienentäminen on säästötoimenpide, mutta huonekorkeudesta ei tule silti tinkiä liikaa tilojen kustannuksella, sillä mm. talotekniikka vaatii paljon tilaa eikä yläpohjan läpivientien lisääminen ole energiataloudellisesti kannattavaa.

Suurien lasipintojen suuntaaminen varsinkin länsi, mutta myös etäläpuolelle saattaa johtaa lämpökuormia aiheuttavien laitteiden kanssa suuriin jäähdystarpeisiin kesäkuukausina, johtuen auringon matalasta säteilykulmasta. Lämpökuormien ja häikäisyn vaikutusten alentaminen on mahdollista ritilöin, säleiköin, markiisein ja ikkunakalvotuksin. Ikkunoiden määrän minimoiminen haasteellisimpiin ilmansuuntiin on kuitenkin suurin jäähdystarpeeseen vaikuttava tekijä.

Pintamateriaalivalinnoissa vaalea on hyvä valaistuksen sekä lämpösäteilyn kannalta. Sisäpuolisissa rakennusmateriaaleissa on mahdollisuuksien mukaan pyrittävä suosimaan lämpöä luovuttavia kivimateriaaleja. Liukkaudentorjunnan näkökulmasta (esimerkiksi ulkoluiskat) on suositettava tummia materiaaleja, katoksia sekä lumipesällisiä ritilöintejä, jotta pystytään vähentämään sulanapitolämmityksen tarvetta.

Matalaenergiarakentamisohjeita:

- Rakennuksen tiivis ja kompakti suunnittelu.
- Välttää mustaa tasakattorakennetta sekä monimutkaisia vesikattomuotoja.
- Pienilmasto kuten kasvusto ja suojaisuus.
- Luonnonvalon hyödyntäminen, mutta auringon lämpökuorman alentaminen. Sisätiloissa voidaan käyttää lasisia väliseiniä.
- Massiivirakenteet tasoittavat lämpötilaeroja.
- Ikkunapintojen säteilyläpäisyn ehkäisy kalvotuksilla, esteillä tai ikkunan g-arvolla.
- Sisääntulo tulee ohjata pienestä oviaukosta tai pyöröovesta, erikoistarpeisille oma isompi sisäänkäynti joka kuitenkin huomataan toissijaiseksi kulkureitiksi. Tuulikaapit tulee ylipaineistaa sekä suojata tuulelta (ritiläseinäke).

(Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamisohje 1.1 2010)

2 TEKNISET VAATIMUKSET

2.1 Viranomaisvaatimukset

Euroopan Unionissa on sitouduttu alentamaan hiilidioksidipäästöjä. Suuri osa säästöistä tullaan toteuttamaan rakennusten energiatehokkuutta parantamalla. Rakennukset ovat teollisuuden jälkeen toiseksi suurin energiankuluttaja ja hiilidioksidipäästöjen tuottaja.

Ympäristöministeriö laatii Suomen energiamääräykset, jotka asettavat rakentajille määräyksiä energiakulutuksen pienentämiseksi. Suomessa rakennusten energiakulutusta halutaan alentaa erityisesti kylmien sääolosuhteiden takia sekä riippuvuudesta tuonti sähköön.

Suomessa rakennusala on laajasti kritisoinut muutosta sen nopeuden vuoksi: kokemustietoa uusista rakenteista on vähän ja ne koetaan rakennusfysikaalisesti aroiksi virheille. Vaatimuksia pidetään kuitenkin tärkeinä, ja siten uusilla määräyksillä pyritäänkin luomaan yhtenäisempää ja kokonaisvaltaisempaa suunnitteluohjeistusta alalle.

2.2 2020 Päästötavoitteet EU

Euroopan unionin joulukuussa 2008 hyväksymää ilmasto- ja energiapakettia voidaan pitää käänteenä EU:n ilmastopolitiikassa. Paketilla EU vahvisti asemansa kansainvälisten ilmastoneuvottelujen veturina, sillä se on tällä hetkellä ainoa teollisuusmaa-alue, joka on sopinut sitovista tavoitteista päästöjen vähentämiseksi Kioton sopimuksen jälkeen. (Ympäristö, EU:n ilmasto- ja energiapaketti)

Euroopan unionin päästötavoitteet velvoittavat sen jäsenmaita parantamaan omalta osaltaan vaikutusta ympäristöä kohtaan. Suomi on tarttunut vaatimuksiin ja lähtenyt parantamaan omalla lainsäädännöllään näitä vaatimuksia. EU:n ohjeiden perusteella ympäristöministeriö on luonut rakennusmääräyskokoelmat, jotka suuntaavat rakentamista kohti matalaenergiarakentamista.

2.3 Suomen rakentamismääräyskokoelma

Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia. Ohjeet sen sijaan eivät ole velvoittavia vaan muitakin kuin niissä esitettyjä ratkaisuja voidaan käyttää, jos ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset. (Ympäristö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma)

Rakentamismääräyskokoelma koostuu 8 osasta, joista tässä opinnäytetyössä tullaan soveltamaan:

- C – Eristykset
- D – LVI ja energiatalous
- E – Rakenteellinen paloturvallisuus
- F – Yleinen rakennussuunnittelu.

Rakentamismääräyskokoelman osa D3 – Rakennusten energiatehokkuus 2012 antaa määräykset rakennusten määräystenmukaisuuden osoittamiseksi. D3:n energiaselvitys rakennuslupahakemusta varten sisältää seuraavat selvitykset: rakennuksen kokonaisenergiankulutus laskennan lähtötietoineen, kesäaikainen huonelämpötila jäähdystarpeineen, lämpöhäviöiden määräystenmukaisuus, lämmitysteho mitoitustilanteessa sekä lopullinen energiatodistus.

1.7.2012 voimaantuleva D3 koskee ainoastaan uudisrakentamista ja merkittävin uudistus on kokonaisenergiatarkasteluun siirtyminen. Uudet määräykset tarkoittavat keskimäärin 20% tiukennusta nykyiseen tasoon.

Uudistuvat energiamuotojen kertoimet (Sähkö 1,7; Kaukolämpö 0,7) vaikuttavat lämmitysjärjestelmän suunnitteluun ja siten lopulliseen E-lukuun joka ei saa ylittää muun energian kanssa rakennustyypille asetettua arvoa.

Lämpimän tilan lämmönläpäisykertoimina (U) käytetään seuraavia vertailuarvoja:

-Seinä	0,17 W/(m ² K)
-Yläpohja ja ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,09 W/(m ² K)

-Ryömintätilaan rajoittuva alapohja (tuuletusaukkojen määrä enintään 8 promillea alapohjan pinta-alasta)	0,17 W/(m ² K)
-Maata vasten oleva rakennusosa	0,16 W/(m ² K)
-Ikkuna, kattoikkuna, ovi, kattovalokupu, savunpoisto- ja uloskäyntiluukku	1,0 W/(m ² K)
-Rakennusvaipan ilmanvuotoluku q ₅₀ (Tarkempaa arvoa varten tulee suorittaa mittaus)	<4 (m ³ /(h m ²))
(Rakennusmääräys kokoelma D3)	

2.4 Passiivirakentamisen tavoitearvot

Suunnittelussa tutkitaan myös toteuttamista passiivitalon rakennevaatimuksilla. Passiivitalolle ei ole esitetty virallisia lämmönläpäisymääriä, ainoastaan tilojen lämmitysenergiatarpeeksi 20-30 kWh/(m²*a) riippuen sijainnista. Seuraavassa on arvioidut arvot passiivitalon lämmönläpäisy arvoiksi:

-Seinä	n. 0,1 W/(m ² K)
-Yläpohja	<0,1 W/(m ² K)
-Alapohja	<0,1 W/(m ² K)
-Ikkuna, ovi	<1,0 W/(m ² K)
-Rakennusvaipan ilmanvuotoluku n ₅₀	0,6 (1/h)
-Ikkunoiden säteilyläpäisevyys	g-arvo alle 0,4
-Ikkunoiden ilmanvuotoluku	kiinteät alle 0,12 (m ³ /m ² /h) avattavat alle 0,15 (m ³ /m ² /h)

(Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamisohje 1.1 2010)

2.5 Viranomaisvaatimusten vaikutus liiketiloihin

Päivittäistavarakauppa luetaan liiketiloihin, joille D3-2012 on asettanut 240 kWh/m² vuotuisen energiakulutusrajan.

Päivittäistavarakaupan suurin energiankuluttaja ovat kylmäkalusteet, joiden kuluttamaa sähköä ei kuitenkaan sisällytetä E-luvun laskentaan. E-lukuun lasketaan kuitenkin standardikäytössä olevat energiat kuten valaistus, laitesähkö, ilmanvaihto, johtumis- ja il-mavuotohäviöt.

E-luvun laskenta parantaa liikekiinteistöjen vertailua keskenään varsinaisesta käytöstä huolimatta. Ratkaisu perustuu pääosin tilanteeseen, jossa liiketoiminta lopettaa toimintansa ja tilalle tulee toinen liiketyyppe.

Liiketilojen suuren sähkönkulutuksen myötä energiakertoimella on merkittävä vaikutus suunnittelussa. Perinteisesti keskikokoinen päivittäistavarakauppa on toteutettu sähkölämmitteisenä. Kylmälaitoksen lauhteesta saatava energia riittää lähestulkoon kattamaan lämmitystarpeen (suuri kylmälaitosmäärä pinta-alaan verrattuna). Rakennus tullaan tulkitsemaan suoralla sähköllä lämmitettäväksi, joka on vaikea saada energiavoitteista läpi. Käytännössä tämä tarkoittaa, että rakennukseen on suunniteltava laitteistoja, jotka pienentävät energiamuodon kerrointa, vaikkakaan tämä ei olisi aina rakennuksen käyttötarkoitukselle tarpeellinen tai kustannustehokas ratkaisu.

Päivittäistavarakaupan tapauksessa mahdollisia ratkaisuja ovat kaukolämpöverkkoon liittyminen tai maalämpölaitteistoon investoiminen, joka on mahdollista synkronoida toimimaan yhdessä kylmälaitoksen lämmöntalteenottolaitteiston kanssa.

3 TALOTEKNIikka

Talotekniikka asettaa vaatimuksia päivittäistavaraliikkeen rakenteille sekä toiminnalle. Tässä luvussa on tarkasteltu pintapuolisesti seikkoja, jotka vaikuttavat rakennesuunnitteluun.

3.1 Kylmäkalusteet

Kylmäkalusteet ovat suurin sähkönkuluttaja päivittäistavarakaupassa, lisäksi niiden hankintahinta (n. 3000€/jm) on merkittävä myymälän budjetissa. Tutkimuksessa oletuksena on kylmäkalusteiden määrän minimointi sekä energiaa säästävät kansitukset, jolloin poistetaan suurin lämmitystarve (alapuhallus) kylmäosastoilla. Kylmälaitos tuottaa lauhdelämpöä, joka on mahdollista käyttää lämmitykseen.

Elintarvikemyymälässä lauhdutuslämpö on mahdollista hyödyntää parhaiten, sillä siellä jäähdysteho sekä lämmityksentarve ovat samanaikaisesti riittävän suuret. Suurin jäähdystehontarve on aamulla tavarantäydennyksen aikaan, silloin myös lauhdelämmöntuotto on suurin, tämä mahdollistaa tilojen lämmityksen päivää varten.

Kylmäkalusteiden toiminnan kannalta kriittisintä aikaa ovat kesät, jolloin myymälässä viileä ja kostea ilma painuu laitteiden tasolle, aiheuttaen laitteissa kondenssivesiä. Kylmäkalusteiden vaatimuksena ovatkin lattiakaivot kalustelinjojen alla (6-8m välein). Kalustelinjoissa vedet johdetaan viettoviemäröinnillä tai alipainejärjestelmällä lattiakaivolle. (Kylmälaitoksen suunnittelu, Pertti Hakala 2005)

3.2 Lämmöntalteenotto

S-Market suunnitteluohjeen mukaan kylmälaitoksen lämmöntalteenotto tulee järjestää ns. epäsuoralla lämmöntalteenottojärjestelmällä, jossa kuumakaasun energia siirretään lämmönvaihtimilla glykolipiiriin, jolla järjestetään ainakin tuloilman esilämmitys sekä käyttöveden esilämmitys. Jos kylmäaine ei jäähdy lämmöntalteenotossa halutulle tasolle ajetaan sitä rakennuksen ulkopuolelle sijoitettaville lauhduttimille. Kuumakaasun jääh-

dyttäminen tarpeelliselle tasolle alentaa kylmälaitoksen kylmäkerrointa sekä vähentää järjestelmähäiriöitä.

Kylmälaitoksen lämmöntalteenottolaitteistolla saadaan lauhdelämpöä sekä tulistuslämpöä. Nämä energiamäärät siirretään erillisiin lämmönvaraajiin. Lauhdelämpöä käytetään yleisesti tuloilman esilämmitykseen sekä lattialämmitykseen. Tulistuslämpöä käytetään lämpimään käyttöveteen sekä oviverhohupaltimien lämmityspattereihin (Liite 2).

Pääilmanvaihtokone varustetaan regeneratiivisella LTO-koneella, jonka hyötysuhde on korkea (70 - 80 %). Muut ilmanvaihtokoneet varustetaan mahdollisuuksien mukaan levy- tai glykolilämmönsiirtimellä (hyötysuhde n.50 %), koska näille koneille ei sallita poistoilman (jäteilma) ja tuloilman sekoittumista. Vaihtoehtoisesti jäteilma poistetaan kohdepoistolla.

3.3 LVIS

Tiiviin rakennuksen lähtökohtana on läpivientien määrän minimoiminen, joten teknisistä tiloista lähtevät ilmanvaihtokanavat, viemäri- ja vesilinjat tulisivat olla lähes ainoat läpiviennit rakennuksesta.

Koneellinen ilmanvaihto on välttämätön liiketiloissa, siten myymälöissä ilmalämmityksen käytöstä on tullutkin osa lämmitysjärjestelmää tai päälämmitysjärjestelmä. Ilmanvaihtolaitteistoon asennetaan mahdollisesti tilojen jäähtymisen mahdollistava jäähtytyspatteri kuumien kesäpäivien varalle.

Matalaenergiataloa suunniteltaessa ikkunat ovat kolmi- tai nelikerroksisia, joiden u-arvo ja tiiveysvaatimukset ovat niin korkealla, ettei pattereita ikkunoille välttämättä tarvita. Märkätiloissa käytettävät lämmittimet kannattaa kuitenkin säilyttää ja suunnitella huolella käytön mukaisesti kosteusteknisen toiminnan varmistamiseksi.

Ilmanvaihto tulee varustaa mahdollisimman tehokkaalla ja ilmaa kierrättävällä lämmöntalteenottolaitteistolla, jonka ohjauksesta vastaavat anturit (hiilidioksidi, ilmankosteus, lämpötila). Ilmanotto tulisi olla mahdollista suorittaa joko talon varjoisalta tai aurinkoi-

selta puolelta. Kesäaikaan yötuuletus on kannattava ja alentaa merkittävästi jäähdytystarvetta yhdistettynä massiivirakenteiden lämmönvaraavuuteen.

Sähkönkulutuksen alamittaus tulee järjestää erikseen kylmäkalusteille, ilmanvaihtolaitteille, valaistukselle sekä laitesähkölle. Täten pystytään havaitsemaan helposti sähkönkulutuksesta esimerkiksi kylmälaiteongelmat tai valaistuksen aikaohjelmavirheet. Kulutusseurantaohjelmaan on mahdollista liittää hälytysjärjestelmä, joka ilmoittaa kasvaneesta energiakulutuksesta.

3.4 Valaistus

Raportin tekohetkellä S-Market Kalevan loisteputket korvattiin G-Lite Led-valoputkilla, jolloin valaistussähkönkulutus kiinteistössä laski lähes puoleen. Täten energiatehokkaan myymälän varteenotettavaksi valaistusvaihtoehdoksi on tulossa led-tekniikka.

Tekniikka toimii siis huomattavasti pienemmällä sähköteholla, lisäksi putken lämmöntuotto on pienempi (80 % sähkötehosta). Led putken alhaisemman valontuoton vuoksi niiden määrän lisääminen sekä tekniikan valmistushinta tekevät ratkaisusta hintavamman.

Led-valaistus sopii erinomaisesti myös ulkovalaistukseksi, sillä se palaa kylmässä paremmalla hyötysuhteella sekä kestää pidempään. Lamppu syttyy myös pakkasilla välittömästi ja palaa kirkkaana. (Lumilab 2009)

Valaistuksen tehontarpeita on arvioitu kappaleessa 6.3.1.

4 RAKENNUSSUUNNITTELU

Rakennus suunniteltiin muodoiltaan sekä rakenteiltaan mahdollisimman energiatehokkaaksi kappaleen 3 mukaan. Ratkaisun pohjalta esitetään energiaselvitys (6).

Rakennussuunnittelun pohjana käytetään S-market Pälkäneen lupapiirustuksia. Muutosehdotukset esitetään sanallisesti. Pohjaratkaisun muuttaminen suuremmilta osin ei ole mahdollista johtuen vahvasta ketjuohjauksesta, jonka lähtökohdat ovat myymäläsuunnittelussa. Työssä esitetään muutosehdotukset energiasäästön perusteella ottamatta kantaa myymäläsuunnitteluun.

Tuulikaappisuunnitelma on esitelty tarkemmin kappaleessa 5.

4.1 Asemakaava

Asemakaavaratkaisuun ei tehty muutoksia, koska myymälän vähäinen ikkunamäärä ei laskennan mukaan vaikuta juurikaan jäähdytystarpeeseen. Pohjoistuulien vaikutus sisäänkäyntiin on estetty asemoimalla rakennuksen sisääntulo etelään. Pohjoispuolella olevan lastauslaiturin oviaukkoon tuuli ei pääse vaikuttamaan lastaustilan suojaavan vaikutuksen vuoksi.

Oviaukon suojaisuutta tulisi parantaa esimerkiksi kasvillisuudella sekä ritiläseinämillä.

4.2 Pohjaratkaisu

Pohjaratkaisuun muutettiin pullohuoneen paikkaa sekä tuulikaappiratkaisua. Muutos perustuu tuulikaapin alipaineisuuden alentamiseen sekä pullohuoneen yhdistämiseen lastaustilaan. Pullohuoneen sijoittaminen lähelle sosiaalityötiloja mahdollistaa niiden ilmastoinnin sekä lämmöntalteenoton yhdistämisen samaan ilmanvaihtokoneeseen, jolloin kohdepoistot eivät ole tarpeellisia.

4.3 Vaipparakenteiden suunnittelu

Rakennusvaipan toteutusehdotukset perusteltiin myös energiaselvityksen lopputuloksissa (6.6.).

Rakenteiden kosteustekninen toiminta tutkitusti heikkenee, kun eristepaksuutta lisätään. Ympäristöministeriön asettamat rakenteiden lämmönläpäisy määräykset ovat jo riittävän korkealla, eikä tässä työssä ehdoteta eristemäärän lisäämistä. Tampereen Teknillisen Yliopiston tutkimuksen mukaan eristekerroksen kasvaessa rakenteen sisäinen konvektio kasvaa heikentäen eristävyttä. (Matalaenergiarakenteiden toimivuus, TTY 2008)

Rakenteiden muiden ominaisuuksien parantaminen on kannattava ratkaisu, näistä tärkeimpänä vaipan ilmatiiveys.

Ilmatiiveyden parantuessa:

- Energiankulutus vähenee, koska lämpöä ei virtaa hallitsemattomasti ulos ja tämäkin lämpö mahdollista kierrättää lämmöntalteenoton lävitse.
 - Kosteuden siirtyminen rakenteisiin ilmavuodon mukana vähenee.
 - Epäpuhtauksien siirtyminen rakennuksen sisäilmaan.
 - Alipaineisuuden hallitseminen sekä ilmanvaihdon säätö helpottuu.
- (Matalaenergiarakenteiden toimivuus, TTY 2008)

Rakenteet ehdotetaan toteutettavan pääosin kivirakenteisena, koska massiivirakenteilla säästetään lämmityskustannuksissa (6.7). Sisäpuolisen lämpökapasiteetin kasvattaminen vähentää lämmitystarvetta johtuen lämmön varautumisesta kivirakenteisiin.

Yläpohjarakenteessa ilmatiiviyys on tärkein sillä katonrajaan syntyvä ylipaine pyrkii puskemaan lämmintä ja kosteaa ilmaa ulospäin myymälästä. Massiivirakenteinen yläpohjarakenne voi vähentää suuresti lämmitystarvetta koska tällöin rakennus varaa itseensä täysin lämpöä samalla tasaten myymälän lämpötilaa (Matalaenergiarakenteiden toimivuus, TTY 2008). Tällainen rakenteellinen ominaisuus vähentää myös ilmalämmitteisen myymälän lämmitystehontarvetta ratkaisevasti.

Yläpohjarakenne toteutetaan tyypillisesti kuitenkin rankarakenteisena, jolloin seinäliitoksen ilmatiiveys korostuu. Tiivistäminen tulisi toteuttaa kovaa rakennetta vasten esimerkiksi tiivistyskappaleilla tai polyuretaanilevyllä, jossa yhdistyvät eristävyys, höyrinsulku ja helppo tiivistettävyyden liittyviin rakenteisiin.

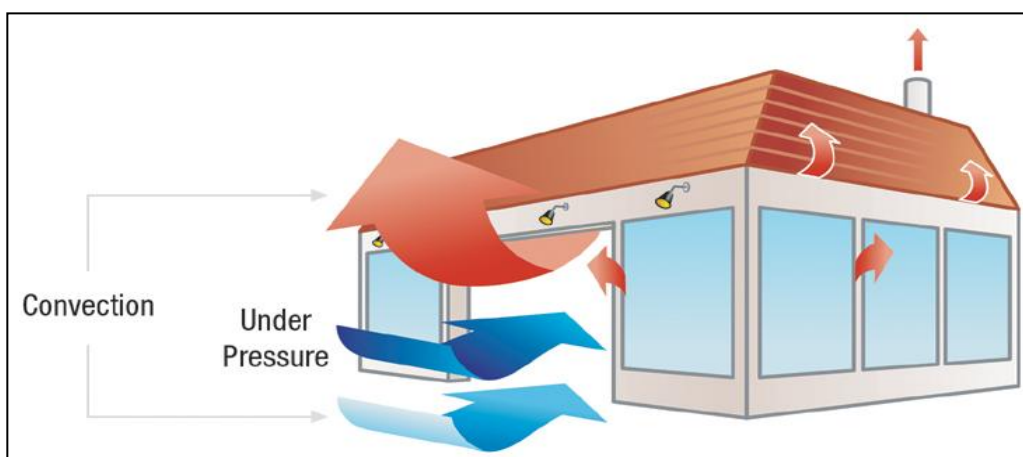
Muita tyypillisiä ilmapuotokohtia ovat betonielementtien saumat, jotka tulisi toteuttaa painemuoteilla. Ikkunoiden ja ovien liitokset sekä läpiviennit rakennuksesta ovat myös tyypillisiä epätiiveyskohtia, joten ne tulisi hyväksyttää valvojalla ennen peittävää työvaihetta. Valusaumojen täyttöastetta voidaan tarkkailla esimerkiksi tekemällä porareikiä saumaan tai vähintäänkin vaatia alasaumalle vähimmäispaksuus (Rakennuksen ilmanpitävyyden varmistaminen työmaalla, Juha Pekka Purtilo 2011).

5 SISÄÄNKÄYNTIEN ENERGIATALOUS

Sisäänkäyntien energiatarkestelu ei sisälly D5-2007 laskentaohjeeseen, eikä laskennalle ole normitettuja kaavoja, joten opinnäytetyöhön päätettiin hakea alan yrityksen apua. Laitetiedot, mitoitus ja tehotarpeen laskenta perustuvat Biddle oy:n sekä Stravent oy:n luovuttamiin materiaaleihin.

5.1.1 Oviaukon toimintaperiaate

Ilman liike oviaukossa perustuu luonnolliseen konvektioon, joka on seurausta ilman tiheyseroista, jotka johtuvat lämpötilaeroista. Lämpimän ilmavirran noste siirtää lämmintä ilmassaa ylöspäin, jolloin viileä ilma jää maanpinnalle. Oviaukossa tapahtuu tällöin Kuvion 1 mukainen lämpimän ilman karkaaminen ulos oven yläosasta sekä suurinpiirtein yhtäsuuren kylmän ilmavirran tunkeutuminen sisään oven alaosasta.



Kuvio 8. Rakennuksen ilmavirrat (Biddle oy)

Rakennuksen painesuhteisiin vaikuttavat: ilmanvaihto, tuuli sekä lämpötila-erot (savupiippuilmio). Alipaineisuus sekä suora tuuli oviaukkoon vaikuttavat merkittävästi oviaukossa tapahtuviin ilmavirtoihin sekä lämpöhäviöihin.

Ilma virtaa alipaineiseen rakennukseen ulkopuolelta sisään pääosin avoimista ovi- ja ikkuna-aukoista, joista sillä on matalin virtausvastus. Alipaineisuus suojaa vaipparakenteita kylminä vuodenaikoina, sillä ylipaineisuuden tapauksessa kostea sisäilma virtaisi vaipparakenteen epätiivetykskohdista ulospäin, jolloin kosteus tiivistyy rakenteessa lämpötilan laskiessa. Tilanteen oletuksena on rakennuksen sisäilma ulkoilmaa lämpimämpi.

5.2 Ilmaverhot

Ilmaverhojen tehtävä on estää ulko- ja sisäilman sekoittuminen vilkkaasti liikennöityjen sisäänkäyntien kohdalla. Ilmaverho ehkäisee tehokkaasti myymälän vedontunnetta, jonka varsinkin kassahenkilökunta kokee epämiellyttävänä.

Ilmaverho aiheuttaa talvikaudella merkittäviä energiansäästöjä liikerakennusten suurilla asiakasvirroilla. Oviverhopuhallinta käytetään myös kesällä, jolloin estetään kuumaa ja kostea ulkoilma tunkeutuminen viileisiin/jäähdytettyihin sisätiloihin.

Työterveyslaitoksen tutkimuksessa 2001 on todettu, että ilmaverhon käytöllä saavutetaan sekä teknisiä että taloudellisia hyötyjä. Ilmaverhoihin kohdistetut investoinnit maksavat itsensä useasti takaisin jo muutamassa vuodessa (Talotekniikka lehti 6/2008). Oviverhopuhaltimet ovatkin jo yleistyneet lähes jokaiseen julkiseen rakennukseen.

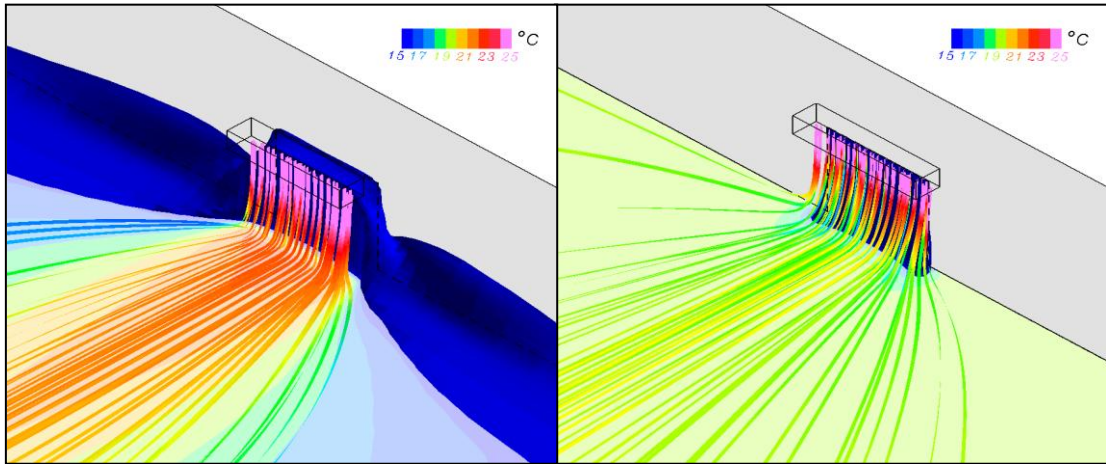
Ilmaverhojen valinnassa tulisi aina huomioida valmistajan sekä suunnittelijan pätevyys, jolloin voitaisiin varmistaa tuotteen toimivuus sekä soveltuvuus. Myynnissä olevilla laitteilla on merkittäviä hinta- sekä laatutasoeroja (Talotekniikka lehti 6/2008).

Ilmanerottamiseen tarkoitettujen laitteiden toimintaperiaatteen mukaan ne voidaan jakaa ilmasulkuihin ja ilmaverhoihin. Ilmaverhoa käytetään useimmiten liiketilojen sisäänkäynneissä alhaisempien ilmavirtojen takia. Ilmasulun toiminta perustuu korkeaan puhallusnopeuteen sekä kapeaan ilmasuihkuun ja siten sen käyttökohteina ovatkin teollisuuslaitosten suuret lastausovet.

Ilmaverhon tarkoitus on pienentää oviaukon konvektiota. Ilmaverhopuhallin puhalttaa lämmintä ilmaa estäen oviaukon lämpimän sisäilman karkaamisen. Ilmasuihku myös vähentää kylmän ulkoilman tunkeutumista kauppaan sekä lämmittää sisääntulevan ulkoilman. Ilmaverho myös ehkäisee epäpuhtauksien kulkeutumista sisään.

Ilmaverhon puhallusnopeus sekä ilmasuihkun leveys tulee olla sellainen, että se kykenee estämään ilmavirrat sekä pysyy suorana. Liian voimakas puhallinteho johtaa kuitenkin tilanteeseen, että ilmavirta alkaa pyöriä osuessaan lattiaan ja siten karkaa osittain

ulospäin. Kuviossa X vasemmalla puolella on liian kapea ja liian etäälle oviaukosta asennettu ilmaverho.



Kuvio 9. Oviverhon asennuksen vaikutus ilman tunkeutuvuuteen (Biddle oy)

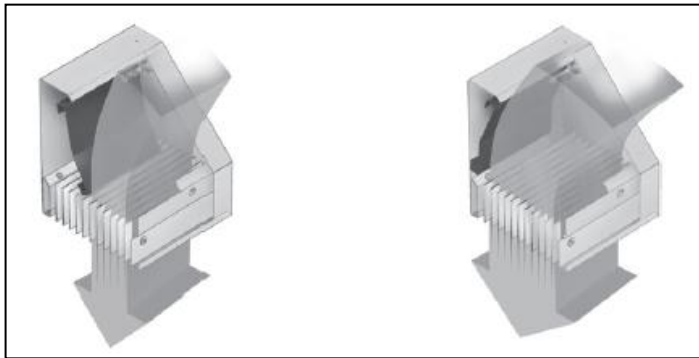
Ilmaverhon tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat: Rakennuksen alipaineisuus sekä suora tuuli oviaukkoon, puhallusnopeus, ilmasuihkun leveys sekä ilmasuihkun suuntaus. Alipaineisuuden vuoksi kylmää ilmavirtausta ei voida täysin estää, joten puhallusilma on lämmitettävä.

5.2.1 Oviverhopuhaltimen tekniikka

Ilmaverhoratkaisuja on 3 päätyyppiä:

1. Ylhäältä alaspäin suuntautuva ilmaverho. Ratkaisu takaa parhaimman tiiviyyden, mutta törmätessään lattiaan se aiheuttaa sisätiloissa vahvaa vedontunnetta lattianrajassa lämmityksen ollessa riittämätön.
2. Molemmilta sivuilta puhaltava ilmaverho. Ratkaisu ehkäisee hyvin vedontunnetta.
3. Alhaalta ylöspäin suuntautuva ilmaverho. Ratkaisun on todettu aiheuttavan pölyhaittoja ilmavirran nostattaessa pölyä maanrajasta. Lisäksi alhaalta ylöspäin suuntautuva ilmaverho koetaan epämiellyttäväksi.

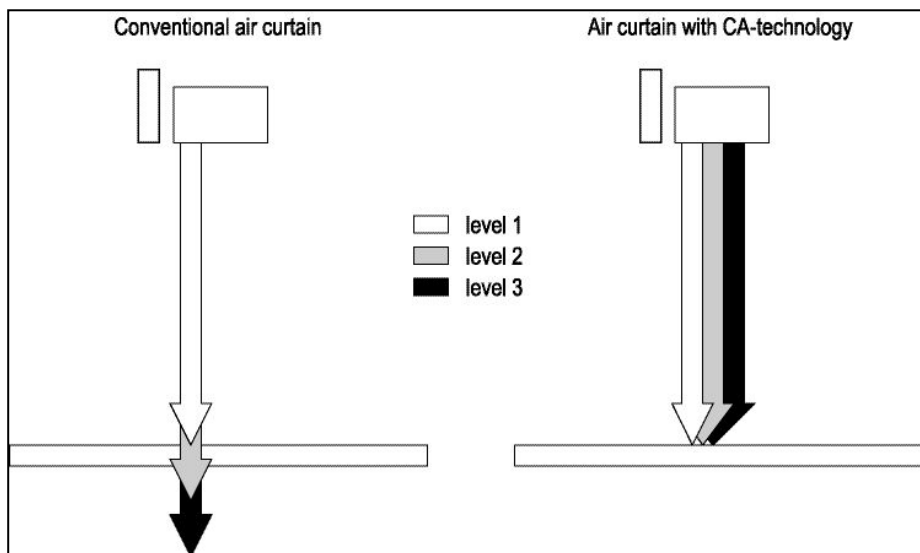
Tässä opinnäytetyössä käsitellään ylhäältä alaspäin puhaltavia oviverhopuhaltimia, jossa esimerkkinä käytetään Biddle oy:n CA-mallia.



Kuvio 10. Pyörteentasaus ja vakionopeustekniikka (Biddle oy)

Biddlen Ilmaverhoissa yhdistyvät pyörteentasaus- ja vakionopeustekniikka (Kuvio 10). Ilma on tarkoitus puhaltaa suorana ja tiiviinä suihkuna, lisäksi venttiiliaukko leventää puhallusaukkoa puhallustehon kasvaessa, jolloin puhallusnopeudet eivät kasva liian suuriksi. Ilmaverhojen hyötysuhde on toimittajan ilmoittamana 80 – 94 % oikein mitoitettuna sekä asennettuna.

Perinteisen ilmaverhon tehonkasvatus nostaa ainoastaan puhallusnopeutta (Kuvio 11), jolloin lattianrajaan syntyy ilmapyörteitä ja lämmitettyä puhallusilmaa kulkeutuu ulos.



Kuvio 11. Biddle oy:n ilmaverho verrattuna perinteiseen ratkaisuun (Biddle oy)

5.2.2 Ilmaverhon ohjaus

Ilmaverhon yleiset ohjausmenetelmät:

1. Kellotermostaatti: Oviverhopuhallin kytketään toimimaan ajastimella pois päältä sekä päälle.
2. Ovikytkin: Oviverhon tehoa ohjataan oven asennon perusteella. Oven ollessa suljettuna puhallin toimii matalateholla ja auetessaan se kytkeytyy korkeammalle tehotasolle.
3. Huonetermostaatti: Ilmaverhopuhallinta ohjataan huonelämpötilan mukaan asetusarvoon. Huonelämpötilan laskiessa puhallin kytkeytyy korkeammalle teholle.
4. Automaattisesti ohjautuva ilmaverho: energiataloudellisin ilmaverhoratkaisu, jossa oviverhopuhallin mukautuu oviaukon muuttuviin olosuhteisiin. Oviverhopuhallinta ohjaavat lämpötilatermostaatit, ovikytkin sekä kellotermostaatti.

Tässä kappaleessa selvitetään Biddle oy:n CHIPS-järjestelmän (Corrective Heating and Impulse Prediction System) toiminta. Teknologia säättää puhallusvoimakkuutta ja lämmitystä itsenäisesti eikä käyttäjän toimesta. Ohjaustietoja keräävät ulko- ja sisälämpötila-anturit sekä ovikytkin ja mahdollisesti kellokytkin. Laitteeseen syötetään ainoastaan oviaukon korkeus sekä sisälämpötilan asetusarvo. Laite on mahdollista kytkeä VAC-ohjaukseen. Automaattisen ilmaverhon etuina ovat suuret energiasäästöt verrattuna manuaalisesti ohjattuun laitteeseen, hiljainen käyntiääni, helppokäyttöisyys ja optimaaliset puhallusnopeudet sekä lämpötilat.

Käytännössä:

Oviverho saa talvikäytössä käyntiluvan alakeskuksesta lämpötilan laskiessa alle 16 °C, kesällä laite saa käyntiluvan lämpötilan noustessa yli 23 °C. Tuloksena on sähkönsäästöä lämpötila-alueella, jossa puhaltimen tehonkulutus ei vastaa oviverhosta saatavaa hyötyä.

Laite säättää puhallinnopeutta sekä puhalluslämpötilaa ulko-, sisä- ja sisäänpuhalluslämpötilan mukaan. Oven auetessa ovikytkin siirtää ohjauksen ulkotermostaatin ohjauk-

seen, oven ollessa sulkeutuneena puhallintehoa lasketaan sekä ohjaus siirtyy sisätermos-
taatille, joka pitää tuulikaapin lämpötilan asetettuna.

Laitteen vakionopeustekniikka avaa moottoripellillä ulospuhallusaukon leveyttä puhallustehon kasvaessa. Laitteisto kompensoi puhallusnopeuden ja puhalluslämpötilan optimiksi säädetyn oviaukon korkeuden ja ulkolämpötilan mukaan.

5.2.3 Ilmaverhopuhaltimen lämmitys

Oviverho puhaltimia on mahdollista saada vesi- sekä sähkölämmitteisinä. Myös hybridimalleja on saatavilla, joissa veden lämpötilan ollessa riittämätön hoidetaan ilman lisälämmittäminen sähköllä.

Kylmälaitoksen lauhdelämmöstä saadaan lämpöä talteen lämminvesivaraajaan, tulistuslämpö nostaa lämmönvaraajan veden n.50 °C. Kiertovesiputki tulee varaajalta ilmaverhopuhaltimelle, jonka ohjausyksikkö säättää puhaltimen lämmityspatterin läpi virtaavan veden määrää kolmitieventtiilillä.

Alle 90 C/70 C meno-/tuloveden lämpötilaa käytettäessä täytyy kuitenkin hyväksyä, että huippupakkasilla kylmää ilmaa tulee pääsemään sisätiloihin, kun oviverhopuhaltimen lämmitys ei ole riittävä. Tilanne on kuitenkin estettävissä toisen liukuoven oviverhopuhaltimella, joka estää kylmä ilman tunkeutumisen tuulikaappialueelta myymälään.

Ihanteellinen puhallusilman lämpötila on 35 °C jolloin se koetaan miellyttävimpänä. Puhalluslämpötila ei saisi ylittää 40 °C, koska kuuma ilmasuihku ei yllä lattiaan alhaisilla puhallusnopeuksilla.

5.2.4 Ilmaverhon mitoitus

Ilmaverhon mitoituksessa käytettiin Biddle oy:n Visual Air Curtain Performance sekä doorloss ohjelmia sekä laitetyyppejä CA.

Ilmaverhon mitoituksen lähtötietona täytyy tuntea alipaineisuuden aiheuttama ilmavirtaus oviaukossa sisäänpäin. Suoran tuulen vaikutus oviaukkoon tulee minimoida esteillä, koska piennopeuksiset ilmaverhot eivät pysty estämään suoran tuulen aiheuttamaa painevaikutusta. Alipaineisuudesta aiheutuvan ilmavirran hetkellinen mallintaminen koettiin haastavaksi, joten päätettiin suorittaa ilmavirtamittauksia (LIITE 1).

Laitteet mitoitetaan ilmoitetulle sisälämpötilalle ja Pirkanmaan mitoituspakkaselle -29 °C. Ilmaverhokoneen tehontarvemitoitus tehdään kiertoveden lämpötilalle 90/70 °C.

Oviverhokone mitoitetaan -29 C ulkoilmalle sekä 18 C sisälämpötilalle. Mitoitukset perustuvat Biddle oy:n mitoitusohjelmiin, oviverhokoneen hyötysuhteeksi arvioidaan 80 %. Oviverhopuhaltimen tehtävä on lämmittää vuotoilma sekä estää oviaukon yläreunassa lämpöhäviö ulospäin.

Taulukko 1. Oviverhokoneen mitoitus alipaineisuuden mukaan

TAULUKKO POISTETTU

Alipaineisuus on arvioitu S-market Kalevassa suoritettuna mittauksen perusteella (LIITE 1), jossa arvoksi saatiin 0,2 m/s 0,5m korkeudella lattiasta. Kuviosta 12 päätellen ilmavirta on suurimmillaan juuri tällä korkeudella lattiapinnasta, kuviosta arvioitiin 0,2 m/s ilmavirran vaikuttavan 70 % alueella neutraalikorkeuden alapuolella.

KUVA POISTETTU

Kuvio 12. Oviaukon toiminta (Biddle oy: Doorloss)

KUVA POISTETTU

Kuvio 13. Oviverhokoneen toiminta (Biddle oy:VACP)

Kuviossa 13 esitetään ilmaverhokoneen puhallusnopeuden ja -lämpötilan mitoitus. Näiden tietojen perusteella valitaan ilmaverhokone sopivan kokoisella lämpöpatterilla, johon mitoitetaan kiertoveden määrä Taulukossa 2.

TAULUKKO POISTETTU

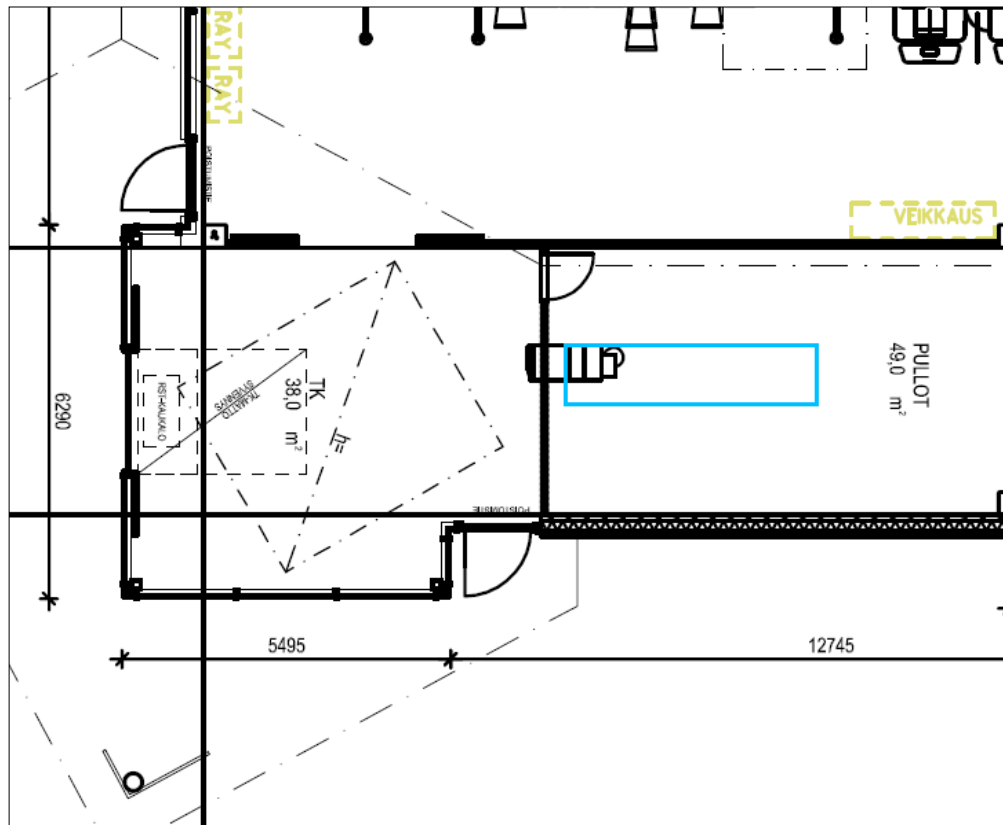
Taulukko 2. Oviverhopuhaltimen teho

Taulukossa 2 suoritettu mitoitus on ilmaverhon CA-L200 mitoitus maksimiteholle vesikierrolla 60/50 C. Alhaisempia kiertoveden lämpötiloja käytettäessä voidaan joutua hyväksymään tilanne, jossa mitoituslanteessa ei kyetä lämmittämään kaikkea sisäänpäin virtaavaa ilmaa. Tällöin tulee valikoida kustannusten ja käyttömukavuuden välillä. Kierrotopiirin lämpötilan ollessa 50/40 °C laskee ilmaverhon lämmitysteho 17,5 kW:iin.

5.3 Tuulikaappi

Sisäänkäynnin suunnittelussa periaatteena on tuulikaappi, jossa kulku on järjestetty rakennuksen nurkasta kahden liukuoven kautta. Pullonpalautus sijaitsee tyypillisesti myös tuulikaapissa. Tuulikaapin materiaali on pääasiallisesti lasiseinä. Sisäänkäynnin huomionherättävyys on luotu korkealla sisäänkäyntikatoksella.

Tuulikaappiratkaisun peruste on ovien eripituiset välimatkat, jolloin on todennäköisempää, että toinen liukuovista olisi sulkeutuneena läpivedon ehkäisemiseksi sekä alipaineisuuden nopean purkautumisen estämiseksi. Tuulikaapin ovien etäisyys ja aukeamisaika tulisi mitoittaa siten, että yksittäisen asiakkaan saapuessa toiselle liukuovelle on toinen sulkeutunut. Tämä tarkoittaisi n. 8m ovietäisyyttä, joka tarvitsisi toteuttaa 2 suuntaiselle asiakasvirralle.



Kuvio 14. Tuulikaappi S-market Pälkäne (Seppo Kangasniemi Oy 2007)

Alipaineisuus muodostuu oviverhon mitoituksen kannalta merkittävimäksi tekijäksi (5.2.4), joten siitä tulisi päästä mahdollisimman tehokkaasti eroon. Pulluhuone on alipaineistettu kohdepoistolla, joka on käynnissä ympäri vuorokauden nopeudella 8 (l/s)/m^2 . Tämä kohdepoisto luo alipaineisuuden tuulikaappiin, joka aiheuttaa ulko-oven aue- tessa ilmvirran sisäänpäin. Alipaine luo oletetusti nopean ja voimakkaan sykäysmäisen ilmvirran, johon ovikoneikolla toimivan ilmaverhon tehostus ei välttämättä ehdi lain- kaan mukaan.

Alipaineen poistamiseksi tuulikaapista ehdotettiin pulluhuoneen siirtämistä pois tuuli- kaapin yhteydestä. Vaipparakenteiden tiiveyteen tähtäävä suunnittelu lisää oviaukosta virtaavan ilman määrää entisestään.

Tuulikaappi ehdotukseen sisältyy seuraavia suunnitteluratkaisuja:

- Pullonpalautus siirretään pois tuulikaapin yhteydestä.
- Tuulikaapin ovet ovat niveliset, jolloin ovi tarvitsee pienemmän asennusvaran avau- tumiselle. Nivelinen ovi myös voidaan asettaa sulkeutumaan nopeammin (varustettuna

turvavalolla ei aiheuta vaaratilanteita). Ovissa tulee lisäksi olla säätömahdollisuus avautumisen suuruudelle, jotta kulkuaukon leveyttä pystytään pienentämään talveksi.

- Tuulikaapin ovi suojataan suoralta tuulelta ritiläseinämällä tai luonnonesteillä.

Tuulikaapin ratkaisumallissa käytetään tuulikaappia, jonka ulommalle ovelle puhalletaan myymälän katonrajasta +20 °C ilmaa rakoaukosta. Tämä on käytännössä ”viileä ilmaverho”, joka edustaa vanhaa tekniikkaa. Menetelmässä oviverhon hyötysuhde on huonompi kuin lämmitetyssä ilmaverhossa, mutta rajallisen lauhteen määrän vuoksi voidaan harkita kyseistä ratkaisua. Syy kylmän ilmaverhon käyttämiselle ulko-ovella on lauhdelämmön rajallinen määrä: kylmällä ilmaverholla otetaan vastaan suurin lämmitys-tarve, jolloin toisen oven lämmittävää ilmaverhoa ei tarvitse mitoittaa Taulukossa 2 esitetyn ilmaverhon suuruiselle teholle.

Puhallin luo tuulikaappiin ylipainetta, joka siirretään venttiilein tai säleiköin sisäoven yläpuolelta takaisin myymälätilaan, jolloin tuulikaapissa viilennyt ilma lämpenee myymälänpuoleisen oviverhohuuhaltimen vaikutusalueella.

KUVA POISTETTU

Kuvio 15. Kylmän ilmaverhon mitoitus

Kuviossa 15 esitetään miten rakopuhallin käyttäytyy, kun ovelle puhalletaan 8,1 m/s ilmasuihku 50mm suuttimen leveydellä 20 C sisäilmaa. Kanavapuhaltimen maksimiteho tällöin $2,0\text{m} \cdot 0,05\text{m} \cdot 8,1 \text{ m/s} = 0,81 \text{ m}^3/\text{s}$. Kanavapuhallin olisi hyvä varustaa taajuus-

muuttajalla, joka säätää puhallusaukon ilmamäärää ulkolämpötilan mukaan ettei puhellettua ilmaa karkaa ulos sen osuessa lattiapintaan. Ovipuhallin tulee varustaa ovikoneikolla, joka pudottaa puhallusnopeuden oven ollessa suljettuna sellaiselle tasolle, että tuulikaapin lämpötila säilyy haluttuna.

Taulukko 3. Kylmän ilmaverhon lämpöhäviöt

TAULUKKO POISTETTU

KUVA POISTETTU

Kuvio 16. Myymälän lämmittävä ilmaverho mitoitus

Kuviossa 16 on myymälän puoleinen lämmittävä ilmaverho, joka ehkäisee vetoisuudentunnetta myymälässä. Laskennassa oletetaan, että kylmän ilmaverhon läpi tunkeutuu 0 °C ilmavirta, tällöin ilmaverhon lämmittävä teho tulee olla 10 kW (Taulukko 4).

Taulukko 4. Ilmaverhon teho

TAULUKKO POISTETTU

Alipaineisuutena käytettiin mitattua arvoa, koska työn aikana koettiin haastavaksi laskea alipaineisuudelle arvo. Alipaineisuuden tarkemmaksi arvioimiseksi tulisi suorittaa laajempia mittauksia toteutuneissa kohteissa.

Kuvioiden 15 ja 16 mukaisilla ilmaverhoilla varustetun sisäänkäynnin lämpöhäviöt ovat yhteensä: $21 \text{ kW} + 72 \text{ kW} = 93 \text{ kW}$. Taulukon 1 mukaan lämmittävällä ulko-oven oviverholla lämpöhäviöt ovat 43 kW . Kylmän oviverhon käyttämisen hyöty on tarvittavan kiertoveden määrä sekä teho, joka vähentyy mitoitusilanteessa 60% .

5.4 Johtopäätökset

Mitoituslämpötilalla laskettu oviverhon lämmitystehontarve on 25 kW . Käytettäessä tuulikaapissa ja lastauslaiturilla samaa ratkaisua on tehontarve yhtäaikaisesti 50 kW . Oviverhojen tehontarve tarvitsee tällöin $n.50 \%$ lauhteesta saatavasta tehosta.

Oviverholaitteistojen mitoitus lauhteen varassa toimivaksi vaatii ensin lämmitysjärjestelmän mitoituksen, jonka jälkeen tiedetään käyttämättä jääneen lauhtelämmön määrä. Jäljelle jääneen lauhtelämmön määrän ja viihtyvyystekijöiden optimoinnilla voidaan päätyä ratkaisuun, jossa ulko-ovella käytetään perinteistä ovipuhallustekniikkaa (lämmittämätön ilmasuihku).

Mitoitustilassa päälämmitysjärjestelmän jälkeen ylijäävä lauhteen taso ei siis täysin riitä lämmittämään oviverhopuhaltimien ilmaa (6.7), jolloin voidaan myös käyttää hybridiilmaverhoa, jossa vesipatterista puuttuva lämmitysteho tehdään sähköpatterin avulla.

6 ENERGIASELVITYS JA LASKUKAAVAT

Energiaselvityksen tarkoituksena on selvittää rakenteille ja laitteistoille realistiset ominaisuudet, joilla toteutetaan mahdollisimman energiataloudellinen toiminta.

Energialaskelmat tehdään Suomen Rakentamismääräyskokoelman D5-2007 mukaan. Laskentamenetelmä on energiatasemenetelmä, jossa energiankulutus lasketaan kuukausittain. Energiasemenetelmässä saman kuukauden aikana rakennukseen sisään tuleva energiamäärä on sama kuin rakennuksesta poistuva energiamäärä. Vuosikulutus on kuukausikulutusten summa.

Laskentaa varten tehtiin Microsoft Exel laskuri, jolla pystytään lähtötietojen perusteella saamaan rakennuksen keskeiset kulutusluvut taulukosta sekä kuvaajista. Täten pystytään ominaisuuksia muuttamalla havaitsemaan mikä ominaisuus vaikuttaa positiivisimmin energiakulutukseen.

6.1 Lähtötiedot

Lähtötiedot esitetään lopputuloksien yhteydessä kohdassa 6.5 sekä tarkemmin LIITE 3.

6.2 Lämpöhäviöt

6.2.1 Johtuminen

Johtuminen tapahtuu jokaisen rakenneosien läpi, tämä lämpövirta lasketaan rakennusosan koko pinta-alalle.

Rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia Q_{joht} lasketaan kaavalla (1):

$$Q_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} (T_s - T_u) \cdot \Delta t / 1000$$

Rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö H_{joht} lasketaan kaavalla (2):

$$H_{\text{joht}} = \sum(U_{\text{ulkoseinä}} * A_{\text{ulkoseinä}}) + \sum(U_{\text{yläpohja}} * A_{\text{yläpohja}}) + \sum(U_{\text{alapohja}} * A_{\text{alapohja}}) + \sum(U_{\text{ikkuna}} * A_{\text{ikkuna}}) + \sum(U_{\text{ovi}} * A_{\text{ovi}})$$

joissa

Q_{joht} rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh

H_{joht} rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K

U rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m²K)

A rakennusosan pinta-ala, m²

T_s sisäilman lämpötila, °C

T_u ulkoilman lämpötila, °C

t ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

Alapohjan lämpöhäviöt lasketaan alapohjan alapuolisen maan lämpötilan mukaan.

6.2.2 Ilmavuoto

Kohde lasketaan toteutettavan tiiviinä (1 /h), jolloin rakennuksen tiiveyteen tulee kiinnittää erityistä huolellisuutta niin suunnittelu kuin rakennusvaiheessakin.

Rakenteiden epätiiviyksien kautta sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia $Q_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla (3):

$$Q_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} * (T_s - T_u) * \Delta t / 1000$$

Vuotoilman ominaislämpöhäviö $H_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla (4):

$$H_{\text{vuotoilma}} = \rho_i * c_{p_i} * q_{v, \text{vuotoilma}}$$

Vuotoilmavirta $q_{v, \text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla (5):

$$q_{v, \text{vuotoilma}} = n_{\text{vuotoilma}} * V / 3600$$

joissa

$Q_{\text{vuotoilma}}$ = vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh

$H_{\text{vuotoilma}}$ = vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K

r_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v, \text{vuotoilma}}$ = vuotoilmavirta, m³/s

T_s =sisäilman lämpötila, °C

T_u =ulkoilman lämpötila, °C

t =ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

$n_{\text{vuotoilma}}$ = rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h

V =rakennuksen tilavuus, m³

3600 =kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos m³/h -> m³/s.

6.2.3 Ilmanvaihto

Kohde toteutetaan ilmalämmitteisenä, jonka pääilmanvaihtokoneessa TK1/PK1 (vuosihyötysuhde 70 %) on regeneratiivinen lämmöntalteenottokiekko, lauhdepatteri sekä lisälämmityspatteri. Pullohuoneen sekä sosiaalitilojen TK2/PK2 (vuosihyötysuhde 40 %) on varustettu glykolilämmönsiirtimellä. PK3:n lämpöhäviöitä ei ole huomioitu, koska se sijaitsee kylmässä lastaustilassa.

TK1/PK1 vuorokautinen käyntiaikasuhde laskettiin aukioloajoista lisäämällä lukuun 2 tuntia. Tämä on D3-2012 mukainen ohjeistus sekä myymälöissä useimmiten käytetty tapa.

Ilmanvaihdon mukana uloskulkeutuva energia Q_{iv} lasketaan kaavalla (5):

$$Q_{iv} = \sum(H_{iv} * (T_s - T_u) * \Delta t) / 1000$$

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö H_{iv} Lasketaan kaavalla (6):

$$H_{iv} = p_i * c_{pi} * q_{v, \text{poisto}} * t_d * r * t_v * (1 - n_a)$$

joissa

Q_{iv} = ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh

H_{iv} = ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K

p_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v, poisto}$ = poistoilmavirta, m³/s

t_d = ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h

t_v = ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk

r = muuntokerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan

T_s = sisäilman lämpötila, °C

T_u = ulkoilman lämpötila, °C

Δt = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

$n_{a=}$ ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton (LTO) vuosihyötysuhde

TK2/PK2:n LTO toteutetaan heikommalla laitetypillä, sillä siinä ei sallita tulo- ja poistoilmavirtojen sekoittumista. Tämä on mahdollista esimerkiksi glykolilämmönsiirtimellä.

6.2.4 Käyttövesi

Laskennassa lauhdelämmön arvioidaan esilämmittävän käyttöveden +30 °C. Todellisuudessa tulistuslämpö riittää lämmittämään käyttöveden n. 50 °C, mikäli lämpöä ei kierrätetä oviverhopuhaltimille suuria määriä.

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia Q_{lkv} , netto lasketaan kaavalla (7):

$$Q_{lkv, netto} = p_v * c_{pv} * V_{lkv} * (T_{lkv} - T_{kv}) / 3600$$

jossa

$Q_{lkv, netto}$ = käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli nettoenergiatarve, kWh

r_v = veden tiheys, 1000 kg/m³

c_{pv} = veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK

V_{lkv} = lämpimän käyttöveden kulutus, m³

T_{lkv} = lämpimän käyttöveden lämpötila, °C

T_{kv} = kylmän käyttöveden lämpötila, °C

3600= kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

Käyttöveden lämpöhäviöt lasketaan kaavalla (8):

$$Q_{lkv,häviöt} = Q_{lkv,kehityshäviöt} + Q_{lkv,kiertohäviöt} + Q_{lkv,varaajahäviöt}$$

jossa

$Q_{lkv, häviöt}$ = käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{lkv, kehityshäviöt}$ = lämpimän käyttöveden lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, 1 kWh/brm²a

$Q_{lkv, kiertohäviöt}$ = lämpimän käyttöveden kiertojohdon lämpöhäviöenergia ja kiertojohtoon liitettyjen lämmityslaitteiden tarvitsema lämpöenergia, 7 kWh/brm²a

$Q_{lkv, varaajahäviöt}$ =lämpimän käyttöveden varaajan lämpöhäviöenergia, 1 kWh/brm²a (arvio)

Lämpimän käyttöveden varaajatilavuudeksi arvioitiin 0,2 m³.

6.2.5 Lämmitysjärjestelmä

Lämmitysjärjestelmänä toimii ilmalämmitys. Lisälämmitystarve suoritetaan ilmanvaih-
tokoneen sähköpatterilla.

Lämmitysjärjestelmän häviöt lasketaan kaavalla (8):

$$Q_{lämmitys, tilat, häviöt} = Q_{lämmitys, tilat, kehityshäviöt} + Q_{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt} + Q_{lämmitys, tilat, luovutushäviöt} + Q_{lämmitys, tilat, säätöhäviöt} + Q_{lämmitys, tilat, varaajahäviöt}$$

jossa

$Q_{lämmitys, tilat, häviöt}$ =tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh

$Q_{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}$ =tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh, 2 kWh/brm²

$Q_{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}$ =tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönjakeluverkoston

lämpöhäviöenergia, kWh, 5 kWh/brm²

$Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}}$ =tilojen lämmitysjärjestelmän lämmönluovuttimien lämpöhäviöenergia, kWh, 1 kWh/brm²

$Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}}$ =tilojen lämmitysjärjestelmän säätöjärjestelmästä johtuva lämpöhäviöenergia, kWh, 4 kWh/brm²

$Q_{\text{lämmitys, tilat, varaajahäviöt}}$ =tilojen lämmitysjärjestelmän lämmitysvesivaraajan lämpöhäviöenergia, kW, X kWh/brm²

6.2.6 Ovien ilmavirta

Ovien ilmavirta on laskettu Biddle oy:n luovuttamilla Stravent-ilmaverho laskentatyökaluilla. Tuloksia on esitetty tarkemmin kappaleessa 5 sekä LIITE 2.

Tarkastelussa käytettiin pääovella kylmää ilmaverhoa. Lämmittäviä ilmaverhoja sekä tuulikaapin sisäovella, että lastauslaiturilla (5.2.4).

6.2.7 Kylmäkalusteiden aiheuttama lämmitystarve

Kylmäkalusteiden tilaa jäähdyttävä teho on arvioitu 17 kW (VTT).

6.3 Lämpölisät

6.3.1 Valaistus

Myymälävalaistus toteutetaan LED-tekniikalla, jonka hyötynä on pieni sähkönkulutus sekä pieni lämmöntuotto, joka vähentää jäähdytystarvetta kesäisin. Led-lampun valaistusteho rakennuksessa on laskettu arvolla 12 W/m². Valaistuksen arvona voitaisiin käyttää pienempää arvoa aputiloissa. Laskennassa jätettiin huomiotta kohdevalaistuksen tehontarve, joten valaistusteho laskettiin em. arvolla. Valaistuksen käyntiaikasuhde lasketaan samalla suhteella kuin ilmanvaihto.

Valaistuksesta aiheutuva lämpölisä lasketaan kaavalla (9):

$$W_{\text{valaistus}} = P_{\text{valaistus}} * A_{\text{huone}} * \Delta t * f / 1000$$

jossa

W =valaistus valaistuksen sähkönkulutus, kWh

$P_{\text{valaistus}}$ =valaistavan tilan valaistuksen kokonaissähköteho huonepinta-alaa kohti, W/hum²

A_{huone} = valaistavan tilan huonepinta-ala, hum²

Δt = valaistuksen käyttöaika, h

f = valaistuksen ohjaustavasta riippuva ohjauskerroin, 1.

6.3.2 Ihmiset

Myymälässä vierailevien asiakkaiden määräksi on arvioitu 750 hlö/vrk.

Ihmisten oleskeluaika on laskettu kaavalla (10):

$$\Delta t_{\text{oleskelu}} = t_{\text{d}} * t_{\text{v}} * k * d$$

jossa

$\Delta t_{\text{oleskelu}}$ = oleskeluaika, h

t_{d} = rakennuksen keskimääräinen vuorokautinen käyttöaikasuhte, -

t_{v} = rakennuksen keskimääräinen viikoittainen käyttöaikasuhte, -

k = rakennuksen käytönaikainen käyttöaste, joka kuvaa ihmisten keskimääräistä läsnäoloa, rakennuksessa, 0,55.

Δt laskentajakso, h

Ihmisten aiheuttama lämpöenergia on laskettu kaavalla (11):

$$Q_{\text{henk}} = f_{\text{henk}} * n * \Delta t_{\text{oleskelu}} / 1000$$

jossa

Q_{henk} = henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh

f_{henk} = yhden henkilön luovuttama keskimääräinen lämpöteho (ei sisällä haihtumislämpöä). W/henkilö

n = henkilöiden lukumäärä, -

$\Delta t_{\text{oleskelu}}$ = oleskeluaika, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi.

6.3.3 Aurinko

Auringosta saatava lämpökuorma lasketaan kaavalla (12):

$$Q_{\text{aur}} = \sum G_{\text{säteily, vaakapinta}} * F_{\text{suunta}} * F_{\text{läpäisy}} * A_{\text{ikk}} * g = \sum G_{\text{säteily, pystypinta}} * F_{\text{läpäisy}} * A_{\text{ikk}} * g$$

jossa

Q_{aur} = ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh/kk

$G_{\text{säteily, vaakapinta}}$ = vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m²kk)

$G_{\text{säteily, pystypinta}}$ = pystypinnalle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia pinta-alan yksikköä kohti, kWh/(m²kk)

F_{suunta} = muuntokerroin, jolla vaakatasolle tuleva auringon kokonaissäteilyenergia muunnetaan ilmansuunnittain pystypinnalle tulevaksi kokonaissäteilyenergiaksi, esitetty D5-2007 Liitteissä.

$F_{\text{läpäisy}}$ = säteilyn läpäisyn kokonaiskorjauskerroin, -

A_{ikk} = ikkuna-aukon pinta-ala (kehys- ja karmirakenteineen), m²

g = valoaukon auringon kokonaissäteilyn läpäisykerroin, $g = 0,9 * g_{\text{kohtisuora}}$

Kokonaissäteilyn läpäisykerroin $g_{\text{kohtisuora}}$ on laskettu kahdella eristyslasilla sekä matala-emissiivi pinnoitteella $g_{\text{kohtisuora}} = 0,4$

6.3.4 Lämmityslaitteet

Tutkimuksen rakennus toteutetaan täysin ilmalämmitteisenä. Sosiaalituloihin ei asenneta lattialämmityksiä vähäisen käytön vuoksi.

Lämmityslaitteiden lämpöhäviöistä katsotaan siirtyvän 20 % rakennuksen lämpökuormaksi, koska 2 kerroksen konehuoneessa vapautuvat lämmöt katoavat pääosin ulkoilmaan. Tämä arvio poikkeaa D5 laskukaavoista.

6.4 Sähkönkulutus

6.4.1 Valaistus

Valaistuksen tarvitsema sähköteho on esitetty kohdassa 6.3.1.

6.4.2 Ilmanvaihto

Laskelmissa ilmanvaihdon TK1/PK1 sekä TK2/PK2 on sähkötehortarpeena käytetty 2,0 kW/ (m³/s). Ilmanvaihdon sähkönkulutus on laskettu kaavalla (13):

$$W_{\text{ilmanvaihto}} = \sum P * q_v * \Delta t$$

jossa

$W_{\text{ilmanvaihto}}$ = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen sähköenergiankulutus, kWh

P_{es} = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

q_v = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m³/s

Δt = puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen käyttöaika laskentajaksolla, h.

6.4.3 Muu laitesähkö

Muu laitesähkönkulutus on D3 – 2012 mukaan liikerakennuksille 1 W/m², tarkemman arvon puuttuessa laskennassa käytetään tätä arvoa.

6.5 Lauhdelämpö

Kylmälaite-suunnittelun mukaan lauhteesta saatava teho talvipakkasella on 70 - 90 kW (LIITE 2). Lauhde otetaan talteen tulistuslämpövaraajaan sekä lauhdelämpö varaajaan. S-Market suunniteluohjeen mukaan lauhteen talteenotto tulee järjestää kuumakaasusta lämmönvaihtimen kautta glykolipiiriin, eikä tule rakentaa suoralauhdutteisia järjestelmiä. Lauhdelämmön hyödynnettäväksi osuudeksi on työssä arvioitu 15 000 kWh/kk.

Kesäaikana ylimääräinen lauhde ajetaan ulkolauhduttimille.

Lopullista mitoitus-tehontarvetta verrattiin näihin arvoihin, jolloin voidaan arvioida lisälämmityksen tarve. Todellisuudessa lauhteen määrä on riippuvainen kylmälaitoksen ohjaustavasta, joka suoritetaan lämpötilan/paineen avulla.

6.6 Lämpökuormista hyödynnettävä energia

Rakennuksen lämpökuormaenergia ($Q_{\text{lämpökuorma}}$) lasketaan kaavalla (14):

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{lämmitys, kuorma}} + Q_{\text{lkv, kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}}$$

Lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä ($Q_{\text{sis. lämpö}}$), lasketaan kaavalla (15):

$$Q_{\text{sis. lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} * Q_{\text{lämpökuorma}}$$

,joissa

$Q_{\text{sis. lämpö}}$ = rakennuksen lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh

$\eta_{\text{lämpö}}$ = lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämisaste, -

$Q_{\text{lämpökuorma}}$ = rakennuksen lämpökuormaenergia eli muun kuin säätölaitteilla ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh

Q_{henk} = henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh

$Q_{\text{lämmitys, kuorma}}$ = tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh

$Q_{\text{lkv, kuorma}}$ = käyttöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh

$Q_{\text{säh}}$ = valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh

Q_{aur} = ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh.

Lämpökuormien lämpöenergian hyödyntämisaste $\eta_{\text{lämpö}}$ lasketaan perustapauksessa kaavalla (16):

$$\eta_{\text{lämpö}} = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$$

$$a = 1 + (\tau/15)$$

Suhdeluku γ lasketaan kaavalla (17):

$$\gamma = Q_{\text{lämpökuorma}} / Q_{\text{lämpöhäviö}}$$

joissa

γ = lämpökuormaenergian suhde lämpöhäviöenergiaan, -

τ = aikavakio

$Q_{\text{lämpökuorma}}$ = lämpökuormaenergia eli muulla tavalla kuin säätölaitteilla ohjatulla lämmityksellä rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh

$Q_{\text{lämpöhäviö}}$ = rakennuksen lämpöhäviöenergia, kWh

Lämpöhäviöenergia lasketaan kaavalla (18):

$$Q_{\text{lämpöhäviö}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} + Q_{\text{iv}} - Q_{\text{lämmitys, tuloilmapatteri}}$$

jossa

$Q_{\text{lämpöhäviö}}$ = rakennuksen lämpöhäviöenergia (johtumisen, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu lämpöhäviöenergia vähennettynä tarvittaessa tuloilman jälkilämmityspatterin energiankulutuksella), kWh

Q_{joht} = rakenteiden läpi johtuva lämpöenergia, kWh

$Q_{\text{vuotoilma}}$ = vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh

Q_{iv} = ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh

$Q_{\text{lämmitys, tuloilmapatteri}}$ = tuloilman jälkilämmityspatterin energiankulutus, kWh

Aikavakio τ lasketaan kaavalla (19):

$$\tau = C_{\text{rak}} / H$$

jossa

τ = rakennuksen aikavakio, h

C_{rak} = rakennuksen sisäpuolinen tehollinen lämpökapasiteetti, Wh/K

H = rakennuksen ominaislämpöhäviö (johtumisen, vuotoilman ja ilmanvaihdon yhteenlaskettu ominaishäviö vähennettynä tarvittaessa tuloilman jälkilämmityksen laskennallisella ominaislämpöhäviöllä), W/K

Rakennuksen ominaislämpöhäviö H lasketaan kaavalla (20):

$$H = (Q_{\text{lämpöhäviö}} / (T_s - T_u) * \Delta t) * 1000$$

jossa

H = rakennuksen ominaislämpöhäviö, W/K

$Q_{\text{lämpöhäviö}}$ = rakennuksen lämpöhäviöenergia, kWh

T_s = sisäilman lämpötila, °C

T_u = ulkoilman lämpötila, °C

Δt = ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos wateiksi.

6.7 Mitoitustehontarve

Pirkanmaan mitoituspakkanen on -29 C. S-market suunnitteluohjeen mukaan tuloilmapatteri tulee mitoittaa + 25 C sisäänpuhalluslämpötilalle.

Rakennuksen lämmitystehontarve $\phi_{\text{lämmitys}}$ lasketaan laskemalla yhteen samanaikaiset tehontarpeet kaavalla (21):

$$\phi_{\text{lämmitys}} = (\phi_{\text{huone lämmitys}} / \eta_{\text{huonelämmitys}}) + (\phi_{\text{tuloilmapatteri}} / \eta_{\text{tuloilma}}) + (\phi_{\text{lkv}} / \eta_{\text{lkv}})$$

jossa

$\phi_{\text{lämmitys}}$ rakennuksen lämmitystehon tarve, W

$\phi_{\text{huonelämmitys}}$ huonelämmityksen tehon tarve, W

$\phi_{\text{tuloilmapatteri}}$ ilmanvaihdon tuloilman jälkilämmityspatterin tehon tarve, W

ϕ_{lkv} käyttöveden lämmitystehon tarve, W

$\eta_{\text{huonelämmitys}}$ huonelämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -.

η_{tuloilma} ilmanvaihdon tuloilman lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa,

-.

η_{lkv} käyttöveden lämmitysjärjestelmän hyötysuhde mitoitusolosuhteissa, -.

Huonelämmityksen tehon tarve $f_{\text{huonelämmitys}}$ lasketaan kaavalla (22):

$$\phi_{\text{huonelämmitys}} = \phi_{\text{joht}} + \phi_{\text{vuotoilma}} + \phi_{\text{iv}} - \phi_{\text{tuloilmapatteri}}$$

jossa

$\phi_{\text{huonelämmitys}}$ huonelämmityksen tehon tarve, W

ϕ_{joht} tilojen johtumisteho, W

$\phi_{\text{vuotoilma}}$ vuotoilman lämmitysteho tilassa, W.

ϕ_{iv} ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W

$\phi_{\text{tuloilmapatteri}}$ tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve, W

Johtumislämmitysteho ϕ_{joht} lasketaan kaavalla (23)

$$\phi_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} * (T_s - T_{u, \text{mit}})$$

jossa

ϕ_{joht} johtumislämmitysteho, W

$\sum H_{\text{joht}}$ rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö, W/K

T_s sisäilman lämpötila, °C

$T_{u, \text{mit}}$ mitoittava ulkoilman lämpötila, °C

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho $f_{\text{vuotoilma}}$ lasketaan kaavalla (24).

$$\phi_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} * (T_s - T_{u, \text{mit}})$$

jossa

$\Phi_{\text{vuotoilma}}$ = vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, W

$H_{\text{vuotoilma}}$ = vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K

T_s = sisäilman lämpötila, °C

$T_{u, \text{mit}}$ = mitoittava ulkoilman lämpötila, °C

Koko rakennuksen ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho Φ_{iv} lasketaan kaavalla (25):

$$\Phi_{iv} = H_{iv} (T_s - T_{u, \text{mit}})$$

jossa

Φ_{iv} = ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W

H_{iv} = ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K

T_s = sisäilman lämpötila, °C

$T_{u, \text{mit}}$ = mitoittava ulkoilman lämpötila, °C.

Ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö H_{iv} lasketaan kaavalla (26):

$$H_{iv} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot q_{v, \text{poisto}} \cdot (1 - \eta_{p, \text{mit}})$$

jossa

H_{iv} = ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K

ρ_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v, \text{poisto}}$ = poistoilmavirta, m³/s

$\eta_{p, \text{mit}}$ = lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa.

Lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde $\eta_{p, \text{mit}}$ lasketaan kaavalla (27):

$$\eta_{p, \text{mit}} = (T_s - T_{\text{jäte, mit}}) / (T_s - T_{u, \text{mit}})$$

jossa

$\eta_{p, \text{mit}}$ = lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa

T_s = sisäilman lämpötila, °C

$T_{jäte, mit}$ = jäteilman lämpötila mitoitusolosuhteissa, °C

$T_{u, mit}$ = mitoittava ulkoilman lämpötila, °C.

Lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusstilanteessa $\eta_{t, mit}$ lasketaan kaavalla (28):

$$\eta_{t, mit} = \eta_{p, mit} / R$$

jossa

$\eta_{t, mit}$ = lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusstilanteessa

$\eta_{p, mit}$ = lämmöntalteenoton poistoilman lämpötilasuhde mitoitusstilanteessa

R = tuloilmavirran suhde poistoilmavirtaan, -

Tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve $\phi_{tuloilmapatteri}$ lasketaan kaavalla (29):

$$\phi_{tuloilmapatteri} = \rho_i * c_{pi} * q_{v, tulo} * (T_{tulo, mit} - T_{u, mit} - \eta_{t, mit} (T_s - T_{u, mit}))$$

jossa

$\phi_{tuloilmapatteri}$ = tuloilman jälkilämmityspatterin tehontarve, W

ρ_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v, tulo}$ = tuloilmavirta, m³/s

$T_{tulo, mit}$ = tuloilman lämpötilan asetusarvo mitoitusolosuhteissa, (yleensä 15 ... 18 °C) °C

$\eta_{t, mit}$ = lämmöntalteenoton tuloilman lämpötilasuhde mitoitusolosuhteissa, -

T_s = sisäilman lämpötila, °C

$T_{u, mit}$ = mitoittava ulkoilman lämpötila, °C.

6.8 Tuloksien tarkastelu

Tässä kappaleessa esitettyjen tuloksien laskelmat on esitetty liitteessä 3. Kappaleessa esitetään D3-2012 mukainen E-luku sekä päivittäistavarakaupan todellinen energiakulutus.

Taulukko 7. RakMk D3-2012 tarkastelu

D3-2012		
Lämmin netto-ala	1525	m ²
Laitesähkö	1	w/m ²
Valaistus	19	w/m ²
Ihmiset	2	w/m ²
	38	hlö
Käyttöaste	13	h/vrk
	6	vrk/vk
Lämmitysenergia	41807	kWh
	27	kWh/l-brm ²
U-arvot määr.muk.		
Ilmanvuoto	1	1/h
Ilmanvaihto	2	(l/s)/m ²
Sähköenergia	183739	kWh
E-luku		
Kaukolämpö	224	kWh/netto-m ²
Sähkö	251	kWh/netto-m ²

Rakennuksen E-luku ei alita D3-2012 vaatimusta liikerakennuksen 240 kWh/brm² vuotuiselle energiankulutukselle suoralla sähkölämmityksellä. Rakennuksen saattaminen vaatimustasoon vaatii esimerkiksi erillissuunnitelman valaistustason laskemisesta, tämä on mahdollista toteuttaa valitsemalla led-valaistus myymälään.

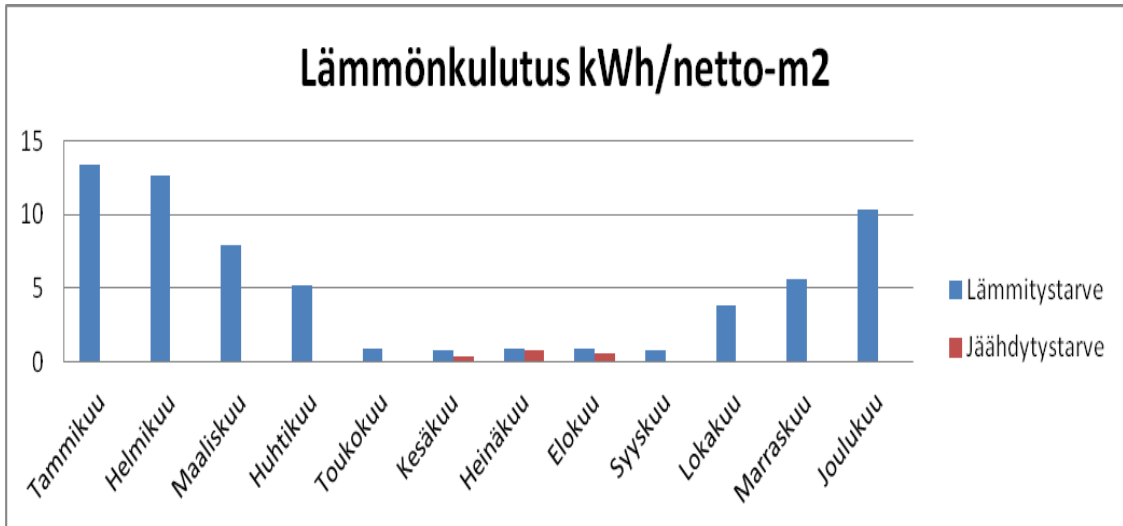
Taulukon 7 laskennassa käytettiin ilmanvaihdon LTO-laitteella 70 % vuosihyötysuhdetta, määräystenmukaisia rakenteita sekä 1 1/h ilmanvuotolukua. Nämä rakennuksen tekniset sekä rakenteelliset ominaisuudet ovat lähestulkoon maksimitasollaan.

Taulukko 8. Tarkastelumallin keskeiset tunnusluvut

Tarkastelu		
Bruttoala	1625	m ²
Lämmin nettoala	1525	m ²
Tilavuus	7752,5	
Ulkoseinä	768,3	m ²
Yläpohja	1350,0	m ²
Alapohja	1350,0	m ²
Ikkunat	30,0	m ²
Käyttövedenkulutus	105,6	m ³ /a
Lämmitysmuoto	Sähkö	
Sisäilma	18	C
Kesän max lämpötila	20,1	C
Myymlän aukioloaika	13	h/vrk
	6	vrk/vk
Rakenteiden u-arvot		
US	0,17	W/(m ² K)
YP	0,09	W/(m ² K)
AP	0,16	W/(m ² K)
Tehollinen lämpökapasiteetti	150	Wh/brm ² *K
Ilmanvuotoluku n50	1	1/h
Ilmanvaihto TK1	3,05	m ³ /s
yökäyttö	0,15	m ³ /s
TK2	0,63	m ³ /s
LTO vuosihyötysuhde TK01	70 %	
LTO vuosihyötysuhde TK02	40 %	
Valaistusteho	12	W/m ²
Mitoitustehontarve (-29 C)	179	kW
Tehontarve (-10 C)	97	kW
Sähkönkulutus	342	kWh/brm ² *a
Lämmönkulutus	63	kWh/brm ² *a

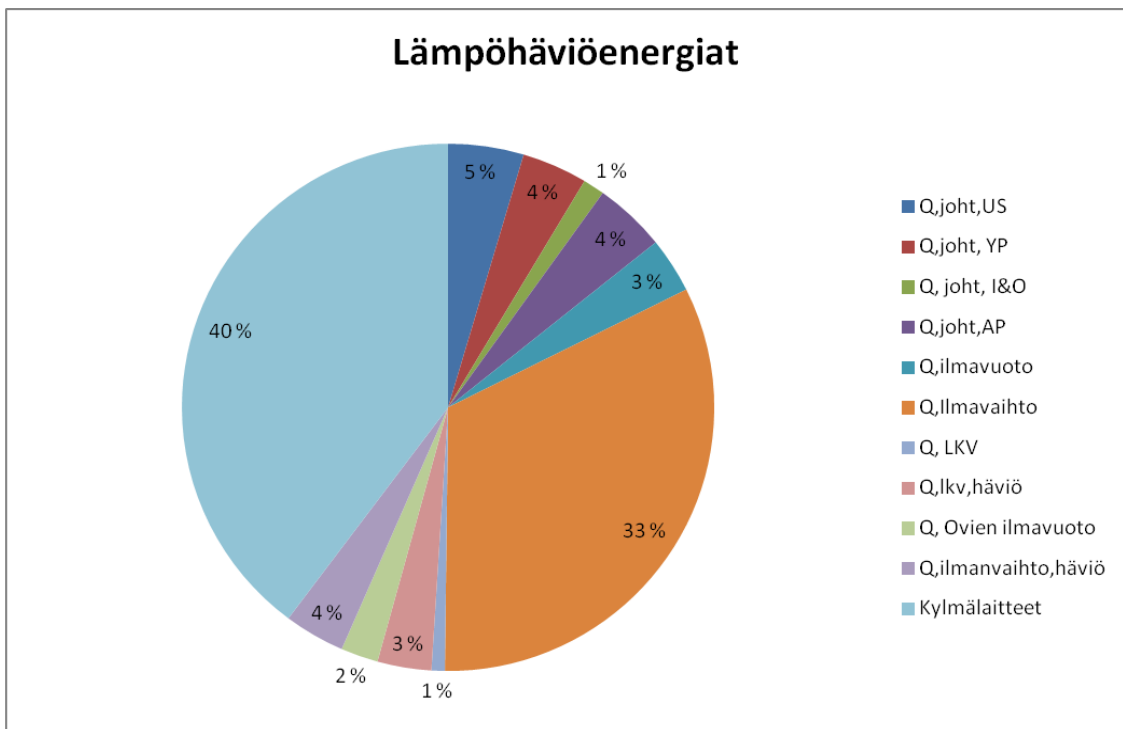
Tarkastelun mukaan lauhteesta saatava energia ei riitä kattamaan tehontarvetta mitoituspakkasella. -10 C ulkolämpötilalla ilmanvaihtokoneiden pattereiden, käyttöveden,

lämmitystarpeen sekä kylmäkalusteiden jäähtytyksen kattava tehontarve on 97 kW. Rakennukseen ei synny kesäaikaan jäähdytystarvetta tarkastelun mukaan, sillä jäähdytysraja on +25 C.



Kuvio 16. Tarkastelumallin lämmönkulutus

Lämmitystarve jää hyvin pieneksi johtuen valaistuksen tuottamasta lämpölisästä sekä lauhdelämmön osuudesta.

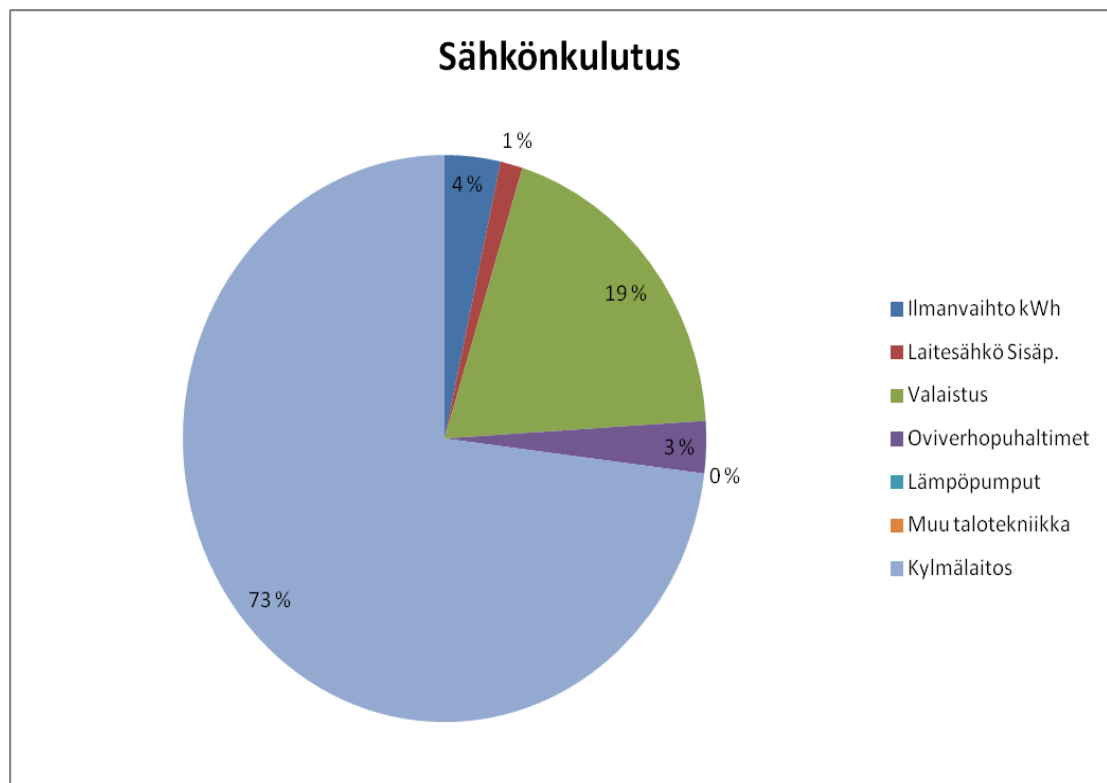


Kuvio 17. Tarkastelumallin lämpöhäviöenergiat vuositasolla osa-alueittain

Vaipparakenteen lämpöhäviöiden osuus on Kuvion 17 mukaan yhteensä 17 %. Ovien lämpöhäviöt ilmaverhoilla toteutettuna ovat 2 %. Toteutettaessa sisäänkäynnit ilman ilmaverhoja nousee oviaukkojen lämpöhäviöiden osuus 5 %, joka ylittää ulkoseinän läpi johtumalla häviävän energiamäärän vuositasolla.

Ilmanvaihdon osuus tarkastelusta on huomattava, jonka pienentäminen on selkein tapa alentaa rakennuksen energiankulutusta.

Kylmäkalusteiden jäädyttävä vaikutus on suurin lämmitystarvetta aiheuttava tekijä. Kansitettujen kylmäkalusteiden jäädytysvaikutus sekä lämmönkulutus ovat kansittamattomia huomattavasti pienempi.



Kuvio 17. Tarkastelumallin sähkönkulutus vuositasolla osa-alueittain

Kuvion 17 perusteella kylmälaitos kuluttaa suurimman osan rakennuksen tarvitsemasta sähköenergiasta. Todellisuudessa laitesähkön osuus on suurempi kuin tässä tarkastelussa huomioitu 1 W/m² käyttöajalla.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Päivittäistavarakaupan suunnittelussa ei kyetä tarkastelua suorittamaan yksittäisiä rakennusosia tai laitteistoja suunnittelemalla, sillä esimerkiksi valaistustason laskeminen johtaa suurempaan lämmönkulutukseen. Tarkastelua varten jouduttiin lisäämään D5-2007 laskuriin erikoissuunnittelijoiden antamia tietoja, koska tällöin oli mahdollista saada suuntaa antava todellisuus rakennuksen käyttäytymisestä.

Mallinnuksen tuloksista on pääteltävissä, että päivittäistavarakauppa tarvitsee toisen lämmitysjärjestelmän lauhdejärjestelmän rinnalle. Suurimman lämmitystarpeen rakennukseen aiheuttaa kylmälaitteiden jäädyttävä vaikutus. Sekä D3-2012, että itse päivittäistavarakaupan tarkastelun perusteella rakennuksessa tulisi investoida mahdollisimman edulliseen päälämmitysjärjestelmään, joka voi olla maalämpöjärjestelmä tai kaukolämpöliittymä.

Tuloksien valossa rakennuksen vaipan lämmöneristävyuden lisääminen ei ole yhtä kannattava ratkaisu kuin talotekniikkaratkaisuihin investoiminen.

Rakennusmääräyskokoelman osa D3-2012 ei ota huomioon kylmälaitoksen vaikutusta rakennuksen E-luvun laskennassa, vaikka kylmälaitoksella on suurin vaikutus rakennuksen kokonaisenergiakulutukseen sekä sisäilmastoon. Kannattava ratkaisu olisi eriyttää päivittäistavaramyymälät omaan luokkaansa, jolloin energiansäästötoimenpiteet kohdennettaisiin marketeissa oleellisimpiin laitteistoihin eli kylmälaitokseen sekä valaistukseen.

7.1 Säästöpotentiaali

Tässä työssä lasketun kohteen sähkö- sekä lämmitysenergian tarve puolittuivat S-market Pälkäneeseen verrattuna. Syitä suureen energiansäästöön ovat: tehokas kylmälaite kan-sitetuilla kalusteilla, tehokkaampi valaistusjärjestelmä, tehokkaat oviverhopuhaltimet, lämmöntalteenoton korkea vuosihyötysuhde, rakennuksen tiiveys sekä kohdepoistojen korvaaminen tulo/-poistoilmakoneella.

Tarkastelukohteen energiansäästöjä pystytään vielä saavuttamaan mm: ilmanvaihdon määrän laskemisella (kiertoilmapelti TK1/PK1:ssä, jolloin kierrätetään myymäläilmaa hiilidioksidianturintietojen mukaan), TK2/PK2 vuosihyötysuhteen kohottaminen, raken-teiden eristevahvuuksien lisääminen sekä ilmatiiviyden parantaminen.

Taulukossa 9 esitetään, että rakennusvaipan ominaisuuksien kohottaminen 2.4 kappa-leen passiivitasolle laskee lämmönkulutusta 9 kWh/ netto-m²*a. Pääilmanvaihtokoneen ilmavirtamäärän puolittaminen johtaa 18 kWh/ netto-m²*a säästöihin, lisäksi TK2/PK2 LTO:n vuosihyötysuhteen kohottaminen 50 %:iin laskee lämmönkulutusta 5 kWh/ (net-to-m²*a).

Taulukko 9. Tarkastelu energiansäästötoimenpiteillä

Tarkastelu		
Bruttoala	1625	m ²
Lämmin nettoala	1525	m ²
Tilavuus	7752,5	
Ulkoseinä	768,3	m ²
Yläpohja	1350,0	m ²
Alapohja	1350,0	m ²
Ikkunat	30,0	m ²
Käyttövedenkulutus	105,6	m ³ /a
Lämmitysmuoto	Sähkö	
Sisäilma	18	C
Kesän max lämpötila	20,2	C
Myyvälän aukioloaika	13	h/vrk
	6	vrk/vk
Rakenteiden u-arvot		
US	0,1	W/(m ² K)
YP	0,09	W/(m ² K)
AP	0,1	W/(m ² K)
Tehollinen lämpökapasiteetti	150	Wh/brm ² *K
Ilmanvuotoluku n50	0,6	1/h
Ilmanvaihto TK1	1,525	m ³ /s
yökäyttö	0,15	m ³ /s
TK2	0,63	m ³ /s
LTO vuosihyötysuhde TK01	75 %	
LTO vuosihyötysuhde TK02	50 %	
Valaistusteho	12	W/m ²
Mitoitustehontarve (-29 C)	123	kW
Tehontarve (-10 C)	80	kW
Sähkönkulutus	336	kWh/brm ² *a
Lämmönkulutus	28	kWh/brm ² *a

7.2 Epävarmuustekijät ja lisätutkimustarve

Tutkimuksessa ei tutkittu lattia- tai radiaattorilämmitystä toisena tai rinnakkaisena lämmitysjärjestelmänä, joten työn perusteella ei voida vertailla lämmitysjärjestelmistä aiheutuvia lämmönkulutus eroja.

Rakennuksen lisälämmitys voidaan tuottaa esimerkiksi maalämpölaitteistolla ja siten hoitaa peruslämmitys lattialämmöllä. Ilmanvaihdon lämmityksellä poistettaisiin lämmitystarve huiput.

Vuosittainen lämmönkulutus on todellisuudessa suurempi. Laskenta on suoritettu kuukausikohtaisilla keskiarvolämpötiloilla, jolloin suurimmat lämmitystarpeet jäävät huomiotta laskennassa. Tehontarve laskennasta voidaan päätellä, että yli -10 C pakkaspäivät aiheuttavat suurimman lämmitystarpeen, joka jää huomiotta kuukausikohtaisessa tarkastelussa.

LÄHTEET

Energiatehokas ja ekologisesti kestävä rakennus. SAFA.

http://www.safa.fi/fin/safa/kestavan_suunnittelun_sivusto_-_eko-box/energiatehokas_ja_ekologisesti_kestava_rakennus/

KYTE-kylmää tehokkaasti. Motiva.

[http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse_ja_tehosta_yrityksen_energian_kayttoa/nykytilan_selvitys/nykytilan_selvitys_menetelmia/kylmaa_tehokkaasti_-_analyysi](http://www.motiva.fi/yritykset/hallitse_ja_tehosta_yrityksen_energian kayttoa/nykytilan_selvitys/nykytilan_selvitys_menetelmia/kylmaa_tehokkaasti_-_analyysi)

S-Marketin suunnitteluohje. 2009. SOK Kiinteistötoiminnot.

Helsingin kaupungin palvelurakennusten matalaenergiarakentamisohje, HKR-Rakennuttaja 20.10.2010.

<http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/6362800045cf779f9f2dff527882ad24/Arkkitehtuuri+ja+rakennesuunnittelu+Matalaenergiarakentamisen+ohjeet+2010.pdf?MOD=AJPERES&lmod=1491506484>

EU:n ilmasto- ja energiapaketti, Ympäristö.fi

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=22013&lan=fi#a0>

Ympäristö, Suomen Rakentamismääräyskokoelma

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=394585&lan=FI>

Hakala, P. 2005. Kylmälaitoksen suunnittelu. Opetushallitus

LED-teknologia, Lumilab oy.

<http://www.lumilab.fi/index.php/fi/yritys/led-teknologia>

Tampereen teknillinen yliopisto. 2008. Matalaenergiarakenteiden toimivuus.

<http://www.google.fi/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CFEQFjAA&url=http%3A%2F%2Fwww.ymparisto.fi%2Fdownload.asp%3Fcontentid%3D94366&ei=5rbDT8OEAtCk4ASPo8G7CQ&usq=AFQjCNGpY2YUmvakpyQHeBx5uo85tRImRw&sig2=o1W15RY0huJmDdEWraAgDtA>

Purtilo, J-P . 2011. Rakennuksen ilmanpitävyyden varmistaminen työmaalla.

<https://publications.theseus.fi/browse?value=Purtilo%2C+Juha-Pekka&type=author>

Biddle ltd

<http://www.biddle-air.co.uk/>

Stravent oy

<http://www.stravent.fi/>

Talotekniikka- lehti. 6/2008. Talotekniikka-Julkaisut oy.

LIITTEET

Liite 1. S-Market Kaleva, ilmavirtamittaukset.

Kuvissa 1 ja 2 S-market kalevan lastauslaituri. Rakenteet ulkoa sisäänpäin:

- säleikköverho
- ylöspäin aukeava nosto-ovi 2,5m*3,0m; oven yläpuolella lämpöpuhallin
- tuulikaappitila, koko 8,0 m²
- työntöovet.



Kuva x, y S-Market Kaleva lastauslaituri (Tommi Rinta-Säntti 24.11.2011)

Lastauslaiturin toiminta oli koettu hyväksi, työntöovet olisi mahdollista korvata nousevalla pikarullaovella, joka soveltuu hyvin nopeaan läpiliikenteeseen. Lastaustilat (aputilat) olisi syytä eristää väliseinällä myymälätilasta, ettei syntyisi läpivetoa lastauslaiturin ja sisäänkäynnin ovien välille.

Kohteessa suoritettiin 3 ilmavirtamittausta. Mittaus tapahtui 0,5 m korkeudella lattiapinnasta oven avauduttua kokonaan. Mittaus kesti 30 s, jonka jälkeen kirjattiin ylös keskiarvo ilmavirran nopeudelle. Oven avautuessa havaittiin mittarissa välittömästi 3-5 m/s arvoja.

Mittaus 1: 1,91 m/s. Mittaus 2: 1,89 m/s. Mittaus 3: 2,2 m/s.

Lämpötilat: Sisä 18,5 °C; Ulko 8,0 °C.

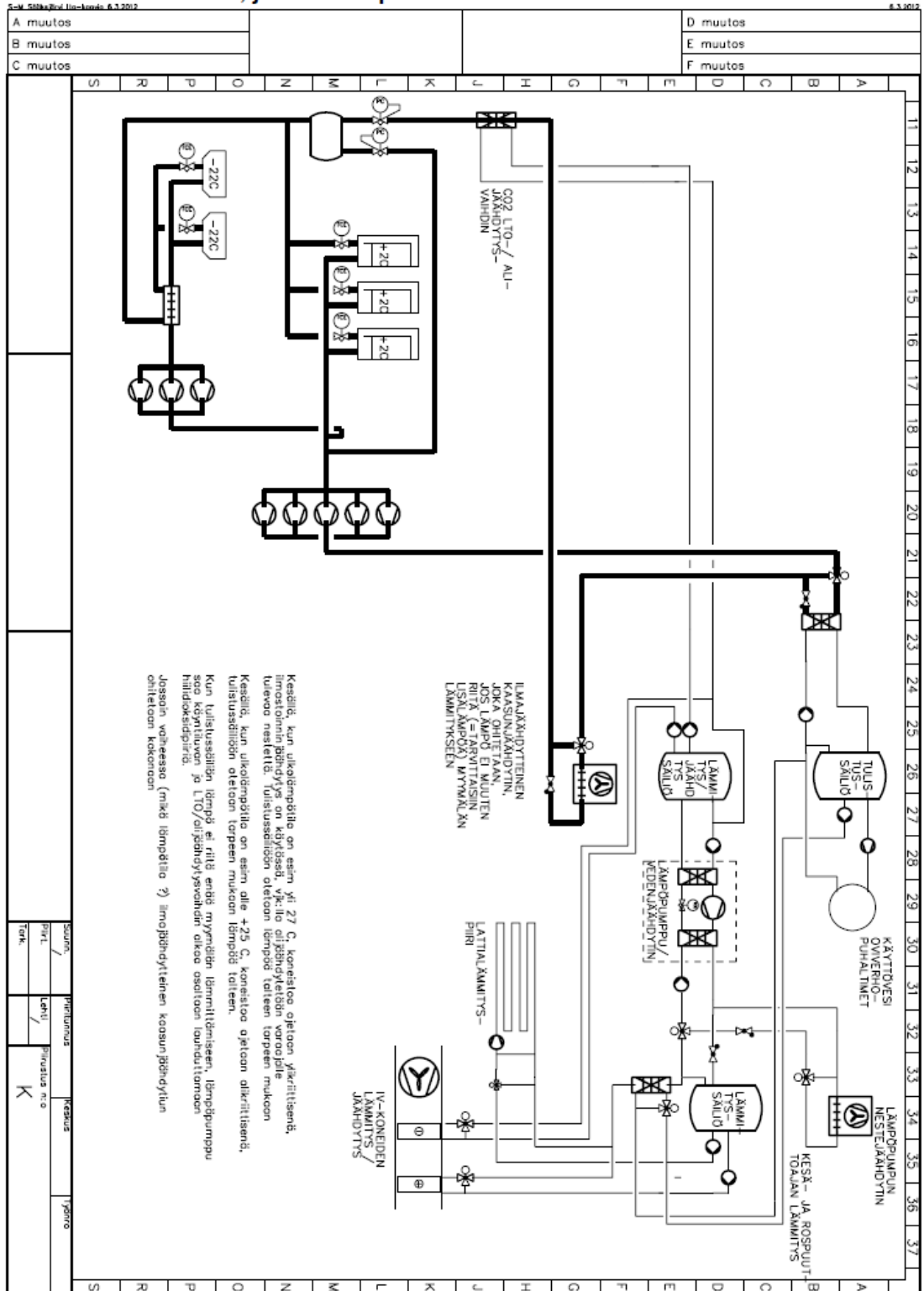
Mittalaitteen tiedot:

Liite 2. Kylmälaitos

Pirkanmaan Osuuskauppa
S-Market Sääksjärvi

11.03.2012
Pertti Hakala

LTO-vaihtoehto, jos lisälämpö kaukolämmöllä tai sähköllä



A muutos	D muutos
B muutos	E muutos
C muutos	F muutos

S	R	P	O	N	M	L	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A										
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37

Seuraava	Viikot	Keskiviikko
Ensimmäinen	Kokous	K

Liite 3. Energialaskelmat

Energiaselvitys				Vaihdettavat arvot
Rakennuskohde	S-Market tarkastelumalli			Vakio
Bruttoala	1625			
Lämmin nettoala	1525	m2		
Ulkoseinäkorkeus	5	m		
Tilavuus	7752,5	m3		
Pinta-ala 1krs	1350	m2		
Kerrosalat	Pinta-alat M2	Tilakorkeus	Tilavuus	
1krs	1350	5	6750	
Vss	75	2,7	202,5	
IV-kh	100	3	300	
Lastauslaituri	100	5	500	
Yht	1625		7752,5	
Rakennusvaippa	A (m2)	U W/(m²K)	H (W/K)	Rakenteen pituus (m)
US1 (Myymälä)	768,3	0,17	130,6163746	147,0
US2	0,0	0,17	0	
US3 (VSS)	93,5	0,1	9,353074361	34,6
AP1 (Myymälä)	1275	0,16	204	
AP2 (VSS)	75	0,016	1,2	
YP1 (Myymälä)	1350	0,09	121,5	
YP2 (VSS)	75	0	0	
Ikkuna, (US1)	30	1	30	
Ovi, (US1)	10	1	10	
Ovi, US2			0	
Sokkeli 0,5m	73,48469228			
Aukioloajat	ma-su	6	vrk	
		13	h/vrk	
Ikkunat ilmansuuntiin	A	U	g	
Pohjoinen	0		0,45	
Koillinen	0	1	0,45	
Itä	0		0,45	
Kaakko	30	1	0,45	
Etelä	0		0,45	
Lounas	0	1	0,45	
Länsi			0,45	
Luode			0,45	
Kevyt	40	65000	243750	
keskiraskas2	100	162500		
raskas	150	243750		

Ilmavuoto	Arvo	Yksikkö						
Ilmavuotoluku, n50	1	1/h						
Vuotoilmavirta, qv	0,086138889	m3/s						
Ominaislämpöhäviö, H	103,3666667	W/K						
Käyttövesi	Arvo	Yksikkö						
Kulutus	0,065	m3/(brm2*a)						
Kulutus/vuosi	105,625	m3						
Ilmanvaihto	(l/s)/ m2	Poistolmavirta, q,v (m3/s)	Tuloilmavirta, q,v (m3/s)	LTO-vuosihyötysuhde	H (W/K)	Sähkönkulutus kW	kWh/vrk	Tulon suhde poistoon
TK1/PK1	2	3,05	3,05	0,70	588,2142857	3,8125	49,5625	0,942934783
Pääilmanvaihto Yökäynti		0,15	0,15	0,70	17,35714286	0,1125	1,2375	0,730769231
TK2/PK2	pullohuone+vss/sos.	0,63	0,42	0,40	388,8	1,575	37,8	
Yhteensä					994,3714286	5,5	88,6	
		0,63	0,42					
Tilat (kWh/brm2*a)								
Lämmitysjärjestelmä	Kehityshäviö kWh	Jakeluhäviö kWh	Luovutushäviö kWh	Säätöhäviö kWh	Varaajahäviö kWh	Yhteensä kWh	kW	Hyödynnettävä %
Vesikiertoinen IV	0	8125	1625	6500	2628	18878	2,155022831	0,3
Vesikierto LVK	0	11375	*	*	1137,5	12512,5	1,42836758	0,5
Oleskelu	Oleskeluaika	Henkilömäärä	Lämpöenergia (kWh/vrk)	kWh/a				
Henkilöt	7,071428571	35,46511628	17,55523256	6407,659884				
Sähkönkulutus	Käyntiaika (h)	kW/m2						
Valaistus	5475	0,012	65,7	kWh/m2*a				
Ilmanvaihto	5475	*	45196,125	kWh/a				
Muu laitesähkö	5475	0,001	5,475	kWh/m2*a				
Ihmiset		0,002	3,25	kWh/m2*a				
Kylmäkalusteet								
Kylmälaitteet	laitemetrit	Vilentää kW/m	kW					
Pakastekaappi	*	*	*					
Pluskaluste	*	*	*					
yht				17				

Oviaukon lämpöhäviö	2200*2000				
Suhde	1				
Kävijämäärä	750	hlö/päivä			
	20250	hlö/kk			
TK avautuminen/hlö	6	s			
	45	h/kk			
Lastauksen ovi auki	27	h/kk			
Ilmaverhon teho	0,5	kWh			
Ilmaverhon hyötysuhde	0,8				
			Tuulikaappi		
Kuukausi	Q/kk/ ei verhoa	Q/kk/ ilmaverholla	Verholla	Ei verhoa	Säästö
tammikuu	3744	1497,6	20,8	52	60 %
helmikuu	4032	1612,8	22,4	56	60 %
maaliskuu	2304	1000,8	13,9	32	57 %
huhtikuu	1728	806,4	11,2	24	53 %
toukokuu	532,8	279,36	3,88	7,4	48 %
kesäkuu	115,2	80,64	1,12	1,6	30 %
heinäkuu	237,6	162,72	2,26	3,3	32 %
elokuu	122,4	82,08	1,14	1,7	33 %
syyskuu	712,8	372,96	5,18	9,9	48 %
lokakuu	1512	705,6	9,8	21	53 %
marraskuu	1872	835,2	11,6	26	55 %
joulukuu	2952	1224	17	41	59 %

T,s	18	C	Sisäilman lämpötila
T,u	*	C	Ulkoilman lämpötila, ks.taulukko
T,u,vuosi	3,72	C	Ulkoilman vuotuinen keskilämpötila
ΔT,maa,vuosi	5	C	
T,maa,vuosi	8,72	C	maan vuotuinen keskilämpötila
T,maa,kuukausi	*	C	
ΔT,maa,kuukausi	*	C	
Δ t	*	C	
p,i	1,2	kg/m ³	ilman tiheys
c,pi	1000	Ws/(kgK)	ilman ominaislämpökapasiteetti
p,v	1000	kg/m ³	Veden tiheys
c,pv	4,2	kJ/kgK	Veden ominaislämpökapasiteetti
t,d	0,625	h/24h	iv:n käyntiaikasuhde
r	1		muuntokerroin
t,v	0,857142857		iv:n viikoittainen käyntiaikasuhde
Tlvk-Tkv	25	C	Kylmän ja lämpimän KV:n erotus

Kuukausi	$\Delta T_{\text{maa,kuukausi}}$	$T_{\text{maa, kuukausi}}$	Säätiedot	Säävyöhyke 2	$\Delta t, (h)$
Tammikuu	0	8,72	Kuukausi	$T_u (C)$	
Helmikuu	-1	7,72	Tammikuu	-9,16	744
Maaliskuu	-2	6,72	Helmikuu	-10,4	672
Huhtikuu	-3	5,72	Maaliskuu	-1,8	744
Toukokuu	-3	5,72	Huhtikuu	1,68	720
Kesäkuu	-2	6,72	Toukokuu	10,5	744
Heinäkuu	0	8,72	Kesäkuu	15,5	720
Elokuu	1	9,72	Heinäkuu	14,2	744
Syyskuu	2	10,72	Elokuu	15,2	744
Lokakuu	3	11,72	Syyskuu	9,08	720
Marraskuu	3	11,72	Lokakuu	3,37	744
Joulukuu	2	10,72	Marraskuu	0,81	720
			Joulukuu	-5,25	744
G,säteily,pystypinta			Keskiarvo (Tu,vuosi)	3,72	8760

Kuukausi	Pohjoinen	Koivinen	Itä	Kaakko	Etelä	Lounas	Länsi	Luode
Tammikuu	6,2	6,2	6,5	9,3	10,9	9,8	6,9	6,24
Helmikuu	19,5	19,7	27,4	45,8	57,6	47,6	28,7	19,8
Maaliskuu	37	39	48,4	60,7	69,2	63,7	51,1	39,9
Huhtikuu	32,7	41,2	61	78	81,4	73,1	57,5	41,1
Toukokuu	57,6	72,4	96,5	106,8	104,7	108,2	100	76
Kesäkuu	73,9	97,2	126,4	127,7	114,7	123,6	123	96,5
Heinäkuu	59	68,9	81,2	82,8	77	77,9	76	66,4
Elokuu	47,4	63,1	90,6	106,7	102,9	94,7	79,8	59,8
Syyskuu	27	32,8	48,1	62,4	70,7	65,6	50,7	33,2
Lokakuu	12,3	13,3	24	40,4	48,2	37	21,7	13,4
Marraskuu	4,4	4,4	6	9,6	11,3	8,9	5,5	4,4
Joulukuu	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
Koko vuosi	378	459,3	617,2	731,3	749,5	711,2	601,9	457,8

Kuukausi	Pohjoinen	Koivinen	Itä	Kaakko	Etelä	Lounas	Länsi	Luode
Tammikuu	0,873	0,873	0,915	1,31	1,535	1,38	0,972	0,879
Helmikuu	0,707	0,714	0,993	1,659	2,087	1,725	1,04	0,717
Maaliskuu	0,692	0,729	0,905	1,135	1,293	1,191	0,955	0,746
Huhtikuu	0,35	0,441	0,653	0,835	0,872	0,783	0,616	0,44
Toukokuu	0,374	0,47	0,626	0,693	0,679	0,702	0,649	0,493
Kesäkuu	0,394	0,518	0,674	0,681	0,612	0,659	0,656	0,515
Heinäkuu	0,479	0,559	0,659	0,672	0,624	0,632	0,616	0,539
Elokuu	0,369	0,491	0,705	0,83	0,8	0,736	0,621	0,465
Syyskuu	0,403	0,49	0,718	0,931	1,055	0,979	0,757	0,496
Lokakuu	0,397	0,429	0,774	1,303	1,555	1,194	0,7	0,432
Marraskuu	0,564	0,564	0,769	1,231	1,449	1,141	0,705	0,564
Joulukuu	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511	0,511
Koko vuosi	0,427	0,519	0,697	0,826	0,847	0,803	0,68	0,517

F, läpäisy	0,75			g-kohtisuora				
F, kehä	*		1,puitteinen 3-lasia	0,5				
F, verho	*		2 x eristyslasi	0,4				
F, varjostus	*		Auringonsuojalasi	0,2				
			kerroin	0,9				

Jäähdytysenergia						
	sisälämpötila	lasku 1	lasku 2	Ts,lask,keskim	Lasku 3	Q _j jäähdytys, netto
Tammikuu						
Helmikuu						
Maaliskuu						
Huhtikuu						
Toukokuu						
Kesäkuu		1,471053944	1,420331227	19,42033123	1,375738946	644,8542247
Heinäkuu		2,216228871	2,061555819	20,06155582	1,930331544	1368,043241
Elokuu		1,694676237	1,615327819	19,61532782	1,546421518	895,300021
Syyskuu						
Lokakuu						
Marraskuu						
Joulukuu						
Loppuvertailu			kwh/netoo-m2			
	Lämpöhäviö	Lämpölisä	Lämmitystarve	Jäähdytystarve		
Tammikuu	46758,97917	26329,27539	13,39652707			
Helmikuu	45046,71636	25703,61906	12,68399823			
Maaliskuu	38905,68013	26846,23624	7,907832064			
Huhtikuu	34546,71317	26678,02871	5,159793093			
Toukokuu	25532,48086	26708,05435	0,9			
Kesäkuu	18198,91799	9952,424816	0,8	0,396833369		
Heinäkuu	19502,75894	10604,8453	0,9	0,841872764		
Elokuu	18228,43973	10234,03288	0,9	0,550953859		
Syyskuu	25919,57538	26244,01252	0,8			
Lokakuu	32465,1123	26620,20389	3,832726828			
Marraskuu	34565,51278	25993,62895	5,620907429			
Joulukuu	42109,69086	26257,9004	10,39461669			
			63,27745249	1,789659992		

TEHOTARVE		178,5066974
Käyttöveden mitoitusvirtaama	0,00001	m3/s
Tuloilmansuhde poistoon TK1	1	
Tuloilmansuhde poistoon TK2	0,67	
Jäätymissuoja, jäteilma TK1	-10	C
Jäätymissuoja, jäteilma TK2	0	C
Sisäänpuhallus, mit	25	C
Mitoittava ulkoilma (II)	-29	C
	H	kW
Kylmäkalusteet	*	17
Rakenteiden läpi	506,6694489	23,8134641
Vuotoilma	103,3666667	4,858233333
Ilmanvaihto		
*jäälämmityspatteri TK1		95,16
*jäälämmityspatteri TK2		19,656
Käyttövesi		2,675
*kierto		1,625
*varaaja		1,05
Ilmaverho		
		kW
TK		
Hyötysuhde	40	
Lämpöhäviö		93
Oviverholla		10
LASTAUS		
Hyötysuhde		
Lämpöhäviö		43,2
Oviverholla		25

Lämpöhäviöenergiat	Q _{joht,US}	Q _{joht,YP}	Q _{joht,I&O}	Q _{joht,AP}	Q _{ilmavuoto}	Q _{ilmavaihto}	Q _{LKV}	Q _{lkv,häviö}	Q _{Ovien ilmavuoto}	Q _{ilmanvaihto,häviö}	Kylmälaitteet	Yhteensä
Tammikuu	2828,4	2455,2	808,3	1416,8	2088,7	20093,3	256,7	1062,7	1497,6	1603,3	12648,0	46759,0
Helmikuu	2671,3	2318,8	763,4	1417,6	1972,7	18977,4	256,7	959,9	1612,8	1448,2	12648,0	45046,7
Maaliskuu	2061,9	1789,8	589,2	1722,1	1522,7	14648,3	256,7	1062,7	1000,8	1603,3	12648,0	38905,7
Huhtikuu	1644,7	1427,7	470,0	1814,3	1214,6	11684,3	256,7	1028,4	806,4	1551,6	12648,0	34546,7
Toukokuu	781,0	678,0	223,2	1874,8	576,8	5548,6	256,7	1062,7	279,4	1603,3	12648,0	25532,5
Kesäkuu	251,9	218,7	72,0	1666,6	186,1	1789,9	256,7	1028,4	80,6	0,0	12648,0	18198,9
Heinäkuu	395,7	343,5	113,1	1416,8	292,2	2811,3	256,7	1062,7	162,7	0,0	12648,0	19502,8
Elokuu	291,6	253,1	83,3	1264,1	215,3	2071,5	256,7	1062,7	82,1	0,0	12648,0	18228,4
Syyskuu	898,9	780,3	256,9	1075,6	663,9	6386,3	256,7	1028,4	373,0	1551,6	12648,0	25919,6
Lokakuu	1523,5	1322,5	435,4	958,8	1125,1	10823,5	256,7	1062,7	705,6	1603,3	12648,0	32465,1
Marraskuu	1732,4	1503,8	495,1	927,8	1279,3	12307,1	256,7	1028,4	835,2	1551,6	12648,0	34565,5
Joulukuu	2421,2	2101,7	691,9	1111,4	1788,0	17200,6	256,7	1062,7	1224,0	1603,3	12648,0	42109,7
Yhteensä	17502,6	15193,1	5001,8	16666,5	12925,6	124341,9	3080,7	12512,5	8660,2	14119,7	151776,0	381780,6

Lämpöenergiat	Q, Valaistus	Ihmiset	Ikkunat (Aurinko)	Lämmitysjärjestelmä	Ilmanvaihto	Muut laitteet	Lauhde	Yhteensä
Tammikuu	8509,5	534,0	94,2	1012,4	762,0	417,5	15000	26329,5
Helmikuu	7686,0	534,0	463,7	914,4	688,3	417,5	15000	25703,8
Maaliskuu	8509,5	534,0	614,6	1012,4	762,0	417,5	15000	26849,9
Huhtikuu	8235,0	534,0	789,8	979,7	737,4	417,5	15000	26693,3
Toukokuu	8509,5	534,0	1081,4	1012,4	762,0	417,5	15000	27316,7
Kesäkuu	8235,0	534,0	1293,0	514,2	737,4	417,5	15000	26731,1
Heinäkuu	8509,5	534,0	838,4	531,4	762,0	417,5	15000	26592,7
Elokuu	8509,5	534,0	1080,3	531,4	762,0	417,5	15000	26834,6
Syyskuu	8235,0	534,0	631,8	979,7	737,4	417,5	15000	26535,4
Lokakuu	8509,5	534,0	409,1	1012,4	762,0	417,5	15000	26644,4
Marraskuu	8235,0	534,0	97,2	979,7	737,4	417,5	15000	26000,8
Joulukuu	8509,5	534,0	23,3	1012,4	762,0	417,5	15000	26258,6
Yhteensä	100192,5	6407,7	7416,6	10492,2	8972,2	5009,6		138490,7
Lämpökuormista hyödynnettävä energia								
Q lämpökuorma	Q lämpöhäviö	Ominaislämpöhäviö H	tau	y	a	n,lämpö	n,lämpö	Q _{sis} ,lämpökuorma
11329,5	43836,2	2169,4	112,4	0,3	8,5	0,9	1,0	26329,3
10703,8	42382,0	2220,7	109,8	0,3	8,3	0,9	1,0	25703,6
11849,9	35982,9	2442,6	99,8	0,3	7,7	0,9	1,0	26846,2
11693,3	31709,9	2698,6	90,3	0,4	7,0	0,9	1,0	26678,0
12316,7	22609,7	4051,9	60,2	0,5	5,0	0,8	1,0	26708,1
11731,1	16913,8	9396,5	25,9	0,7	2,7	0,7	0,8	9952,4
11592,7	18183,3	6431,6	37,9	0,6	3,5	0,8	0,9	10604,8
11834,6	16909,0	8116,8	30,0	0,7	3,0	0,8	0,9	10234,0
11535,4	23082,8	3594,1	67,8	0,5	5,5	0,8	1,0	26244,0
11644,4	29542,3	2714,1	89,8	0,4	7,0	0,9	1,0	26620,2
11000,8	31728,7	2563,6	95,1	0,3	7,3	0,9	1,0	25993,6
11258,6	39186,9	2265,4	107,6	0,3	8,2	0,9	1,0	26257,9
								268172,3
Sähkönkulutus								
Sähkönkulutus	Ilmanvaihto kWh	Laitesähkö Sisäp.	Valaistus	Oviverhohuoltimet	Lämpöpumput	Muu talotekniikka	Kylmälaitos	
Tammikuu	1524,0375	607,8214286	8509,5	1296	*	*	31770,83333	
Helmikuu	1376,55	549	7686	1296	*	*	31770,83333	
Maaliskuu	1524,0375	607,8214286	8509,5	1296	*	*	31770,83333	
Huhtikuu	1474,875	588,2142857	8235	1296	*	*	31770,83333	
Toukokuu	1524,0375	607,8214286	8509,5	1296	*	*	31770,83333	
Kesäkuu	1474,875	588,2142857	8235	1296	*	*	31770,83333	
Heinäkuu	1524,0375	607,8214286	8509,5	1296	*	*	31770,83333	
Elokuu	1524,0375	607,8214286	8509,5	1296	*	*	31770,83333	
Syyskuu	1474,875	588,2142857	8235	1296	*	*	31770,83333	
Lokakuu	1524,0375	607,8214286	8509,5	1296	*	*	31770,83333	
Marraskuu	1474,875	588,2142857	8235	1296	*	*	31770,83333	
Joulukuu	1524,0375	607,8214286	8509,5	1296	*	*	31770,83333	
	17944,3125	7156,607143	100192,5	15552		*	381250	