

Antti Kurkela

AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN UIMAHALLEISSA JA KYLPYLÖISSÄ

Laskentamalli aurinkolämpöjärjestelmän mitoittamiseen

AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN UIMAHALLEISSA JA KYLPYLÖISSÄ

Laskentamalli aurinkolämpöjärjestelmän mitoittamiseen

Antti Kurkela
Opinnäytetyö
Syksy 2014
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Antti Kurkela
Opinnäytetyön nimi: Aurinkolämmön hyödyntäminen uimahalleissa ja kylpylöissä
Työn ohjaajat: Pirjo Kimari ja Mikko Niskala

Syksy 2014

Sivuja: 44

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää uimahallien ja kylpylöiden allasveden, tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarpeet sekä kulutuksen jakautuminen niiden kesken kuukausitasolla. Tavoitteena oli myös tarkastella aurinkolämmön saatavuutta kuukausitasolla eri säävyöhykkeillä sekä kytkentävaihtoehtoja kaukolämmön yhteyteen. Työssä laadittiin Excel-pohjainen laskentamalli lämmitysenergian kulutuksen arvioimiseen ja aurinkolämmön hyödyntämiseen uimahalleissa ja kylpylöissä.

Kylpylöiden ja uimahallien lämmitysenergian kulutuksen jakautuminen arvioidaan tässä työssä todellisten ja toteutuneiden kulutusten pohjalta laskettujen kokemusperäisten kertoimien perusteella. Aurinkolämmön saatavuuden arvioinnissa käytetään hyväksi Aurinko-oppaasta löytyviä paikkakuntaakohtaisia säteilytaulukkoita sekä VTT:n suorittaman käytännön tutkimuksen pohjalta laskettuja hyötysuhteita.

Tässä työssä esitetty laskentamalli tarjoaa yhden vaihtoehdon arvioida uimahallin tai kylpylän energiankulutuksen jakautumista ja laskea aurinkolämmön tuottoa. Malli ei pyri olemaan absoluuttisen tarkka, mutta tarjoaa kuitenkin käyttökelpoisen lähtökohdan suunnitella aurinkolämmön hyödyntämistä uimahalleissa ja kylpylöissä.

Asiasanat: uimahalli, kylpylä, aurinkolämpö, aurinkokeräin, energiankulutus

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Building Services

Author: Antti Kurkela

Title of Thesis: Aurinkolämmön hyödyntäminen uimahalleissa ja kylpylöissä

Supervisors: Pirjo Kimari and Mikko Niskala

Autumn 2014

Pages: 44

Purpose of this study was to examine the indoor swimming pools and spas pool water, space heating and hot water needs and the distribution of consumption between them on a monthly basis. The aim was also to examine the availability of solar heat on a monthly basis in different weather zones, as well as connection options for district heating connection. An Excel-based model was prepared for calculating heating energy consumption evaluation and utilization of solar heat in indoor swimming pools and spas.

Energy consumption and distribution of heating of spas and indoor swimming pools is estimated in this work based on the real and actual consumptions calculated on the basis of empirical coefficients. Availability of solar thermal energy is evaluated based on specific radiation tables found in official publications as well as on the basis of the calculated efficiencies based on practical research carried out by VTT.

This work shows a calculation model that offers one alternative to assess the distribution of energy consumption and solar thermal calculation of the indoor swimming pool or spa. The model does not claim to be absolutely exact, but offers a useful starting point for solar thermal utilization for the design of indoor swimming pools and spas.

Keywords: spa, indoor swimming pool, solar heating, solar collector, energy consumption

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
1 JOHDANTO	7
2 UIMAHALLIT JA KYLPYLÄT SUOMESSA	8
2.1 LÄMMITYSENERGIAN KULUTUS JA MITTAUS	9
2.2 LÄMMITYSJÄRJESTELMÄT	9
3 AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN	11
3.1 AURINKOKERÄIMEN TEKNOLOGIA	12
3.1.1 Asennus	12
3.1.2 Ylläpito	13
3.2 TASOKERÄIN	13
3.3 TYHJIÖPUTKIKERÄIN	15
3.4 AURINKOLÄMMÖN KYTKENTÄ MUIHIN LÄMMITYSPIIREIHIN	16
4 UIMAHALLIEN JA KYLPYLÖIDEN LÄMMITYSENERGIAN KULUTUKSEN JAKAUMAN ARVIOINTI	19
4.1 LÄMMIN KÄYTTÖVESI	19
4.1.1 Lämmitysenergia todellisen kulutuksen mukaan	19
4.1.2 Lämmitysenergia veden kokonaiskulutuksen mukaan	21
4.1.3 Lämmitysenergia rakennuksen pinta-alan mukaan	21
4.2 TILOJEN JA ALTAIDEN LÄMMITYS	22
5 AURINKOLÄMMÖN TUOTON ARVIOINTI	24
5.1 AURINGON SÄTEILYTEHO PAIKKAKUNNITTAIN	24
5.2 AURINKOKERÄIMEN TEHON JA TUOTON LASKENTA	27
5.3 KERÄINSYSTEEMIN HYÖTYSUHDE	30
6 LASKENTAMALLI AURINKOKERÄIMEN TUOTON ARVIOINTIIN UIMAHALLEISSA JA KYLPYLÖISSÄ	32

6.1	UIMAHALLIN JA KYLPYLÄN LÄMMITYSENERGIAN KULUTUKSEN JAKAUTUMISEN ARVIOINTI	32
6.2	AURINKOKERÄIMIEN TUOTON ARVIOINTI	33
6.3	ESIMERKKEJÄ LASKENTAMALLILLA LASKETUISTA AURINKOLÄMMÖN TUOTOISTA	33
7	YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET	38
	LÄHTEET	40
	LIITE 1 UIMAHALLIKYSELYN VASTAUKSET	42

1 JOHDANTO

Suomessa on yli 200 uimahallia tai kylpylää, joista ylivoimaisesti suurin osa kattaa lämmitysenergian tarpeensa kaukolämmöllä. Vaikka kaukolämpö koetaankin ympäristöystävälliseksi vaihtoehdoksi, haetaan se rinnalle nyt ja tulevaisuudessa yhä useammin myös muita ekologisia vaihtoehtoja. Yksi tällainen vaihtoehto on aurinkolämmitys nestekiertoisilla aurinkokeräimillä toteutettuna. Uusia kylpylöitä ja uimahalleja rakennettaessa sekä jo olemassa olevia saneerattaessa aurinkolämmitys tulisi ottaa huomioon yhtenä vaihtoehtona lämmitystarpeen kattamiseksi. Talvikuukausien vuoksi aurinkolämmitys ei Suomessa kuitenkaan koskaan voi toimia uimahallien ja kylpylöiden ainoana lämmönlähteenä.

Opinnäytetyössä selvitetään uimahallien ja kylpylöiden allasveden, tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian tarpeet sekä kulutuksen jakautuminen niiden kesken kuukausitasolla. Työssä myös selvitetään aurinkolämmön saatavuus kuukausitasolla eri säävyöhykkeillä sekä tarkastellaan kytkentävaihtoehtoja kaukolämmön yhteyteen. Lisäksi työssä laaditaan Excel-pohjainen laskentamalli lämmitysenergian kulutuksen arvioimiseen ja aurinkolämmön hyödyntämiseen uimahalleissa ja kylpylöissä. Työn tilaaja on Hybridiosaajat Oy.

2 UIMAHALLIT JA KYLPYLÄT SUOMESSA

Uimalaitokset voidaan jakaa määritelmän mukaan *uimahalleihin, virkistysuimaloihin ja kylpylöihin*. Kylpylät voidaan vielä jakaa *virkistyskylpylöihin* (vesipuistoihin) ja *terveyskylpylöihin*. Uimahalli on ympäri vuoden käytössä oleva liikuntapaikka, jossa on otettu huomioon uimaopetuksen, kuntouinnin, uintiurheilun ja erityisryhmien tarpeet. *Virkistysuimala* on nimensä mukainen virkistäytymispaikka, jossa edellä mainittujen uimahallipalvelujen lisäksi voidaan tarjota erilaisia vesiaiheisia virikkeitä ja toimintoja rentoutumiselle sekä vesileikeille. *Virkistyskylpylät* ovat viihde- ja vesileikkitoimintaa tarjoavia uimalaitoksia, joissa virkistysaltaiden lisäksi on esimerkiksi aalto- ja virtausaltaita, vesiliukumäkiä sekä myös monentyyppisiä saunoja, solarium ja ravintolatoimintaa myös allastiloissa. *Terveyskylpylät* ovat sen sijaan hoitopainotteisia laitoksia, joissa voi olla erityyppisiä terapia- ja hoitoaltaita sekä hierontapalveluita. Kylpylät poikkeavat uimahalleista yleensä selvästi korkeampien allasvesien lämpötilojen osalta. (LVI 06-10451 2012, 1-2)

Käytännössä määritelmät kuitenkin usein sekoittuvat, koska varsinkin uusimmissa tai hiljattain uusitussa uimahalleissa alkaa jo olla mukana piirteitä, jotka aikaisemmin on ehkä mielletty enemmän kylpylöille kuuluviksi. Tällaisia ovat esimerkiksi porealtaat, höyrysaunat ja vesiliukumäet. Jatkossa ”Uimahallit ja kylpylät” -termi sisältää myös virkistysuimalat (tai pelkät uimalat).

UKTY ry:n (Uimahalli- ja kylpylät tekninen yhdistys ry.) ylläpitämän hallikortiston mukaan Suomessa on noin 221 uimahallia tai kylpylää (UKTY ry. 2014, linkit Linkkejä -> Suomen uimahallit ja kylpylät.) Vuosittaiset kävijämäärät vaihtelevat muutamasta tuhannesta noin 800 000:een. VTT:n ylläpitämän uimahalliportaalin mukaan uimahallien ja kylpylöiden lämmitysenergian ominaiskulutukset poikkeavat varsin suuresti toisistaan suurimman ollessa noin 209 kWh/rm³ ja pienimmän noin 10 kWh/rm³ vuonna 2013. (Uimahalliportaali, linkit Vertailut.) ”Kulutuksien erot voivat johtua eroista palvelun laadussa, mutta myös resurssien käytön tehottomuudesta” (Uimahalliportaali, linkit Yleistietoa -> Projektin tiedot).

2.1 Lämmitysenergian kulutus ja mittaus

LVI-ohjekortin (LVI 06-10451 2012, 12) mukaan lämpöenergian mittaukset tulisi järjestää vähintään seuraavasti:

- kokonaislämpömäärän mittaus kaukolämpöverkosta tai omasta lämmityslaitoksesta
- allasvesien lämmitysenergia
- lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia
- nestekiertoisten LTO-järjestelmien talteenottama lämpöenergia
- ilmasta ilmaan LTO-järjestelmien lämpötilahyötysuhde
- viemäriveden LTO:n energiamäärä.

Uimahallien ja kylpylöiden lämmitysenergian kulutustietojen ja jakauman analysointia varten tehtiin sähköpostitse kyselyn noin 120:lle uimahallien ja kylpylöiden yhteyshenkilölle. Vastauksia tuli 18 kpl. Kyselyyn vastanneista uimahalleista ja kylpylöistä suurimmalla osalla ei ole erillistä mittausta lämpimän käyttöveden, altaiden lämmityksen tai tilojen lämmityksen energiankulutuksen seurantaan. Lämmitysenergian kulutus, samoin kuin veden kokonaiskulutus sen sijaan on usein hyvin tiedossa ja löytyy suurimmalle osalle uimahalleista ja kylpylöistä esimerkiksi VTT:n uimahalliportaalista. (Uimahalliportaali, linkit Vertailut.)

Suurin vuonna 2013 uimahallissa tai kylpylässä mitattu lämmönkulutus oli 5980 MWh (Uimahalliportaali, linkit Vertailut.) Vertailun vuoksi todettakoon, että esimerkiksi sähkölämmitteisen 120 m² omakotitalon lämmittämiseen, mukaan lukien lämmin käyttövesi, kuluu Oulun alueella noin 14 900 kWh vuodessa (Pohjoista voimaa, linkit Energianeuvonta -> mihin kotisi sähkö kuluu), eli kyseinen energiamäärä olisi riittänyt noin 400 omakotitalon lämmitykseen.

2.2 Lämmitysjärjestelmät

Suurin osa Suomen uimahalleista ja kylpylöistä on liitetty kaukolämpöön. Käytössä on kuitenkin myös jonkin verran (~6 %) omia lämpölaitoksia, joissa polttoaineena voidaan käyttää esimerkiksi pellettiä. (UKTY ry., linkit Linkkejä -> Suomen uimahallit ja kylpylät.) Kaukolämpöä (tai aluelämpöä) on suositeltavaa käyttää ensisijaisena lämmitysmuotona aina kun mahdollista (LVI 06-10451 2012, 12-14). Uusimmissa uimahallien ja kylpylöiden perusparannushankkeissa

aurinkolämpöä on hyödynnetty tai varauduttu hyödyntämään jonkin verran. Esimerkiksi Kaarinan uimahallin aurinkokeräimien tuottoa voi seurata kaupungin WWW-sivuilla reaaliajassa osoitteessa <http://www.kaarina24.fi/aurinkokerain/>.

Allastilojen peruslämmitys toteutetaan tavallisesti ilmanvaihtoon yhdistettynä ilmalämmityksenä. Ilmalämmitys soveltuu hyvin allastilojen lämmitykseen, koska sisäilman kosteudenhallinta edellyttää aina suuria ilmavirtoja. Ilmalämmitystä voidaan täydentää lattialämmityksellä, hyvillä ikkunarakenteilla ja lämpimällä ikkunapuhalluksella, jolloin saavutetaan yleensä hyvät lämpöolosuhteet. Eri lämpöiset allastilat erotetaan rakenteellisesti eri tiloiksi ja varustetaan omilla ilmalämmitysjärjestelmillä. Viihtyvyyden kannalta allastilojen ilmalämmityksen korkeimpana sisäänpuhalluslämpötilana voidaan pitää 3–5 °C allastilan lämpötilaa korkeampaa ilman lämpötilaa. (LVI 06-10451 2012, 12.)

Uima-allasvesi lämmitetään yleensä suoraan kaukolämpövedeen tai omassa lämpökeskuksessa suoraan ensiöpiiriin kytketyllä lämmönsiirtimellä. Mikäli allasvedet lämmitetään sähköllä, käytetään lämmitykseen sähkö/vesi-lämmönsiirtimiä tai epäsuoria sähkökattilaa kytkettyjä vesi/vesi-lämmönsiirtimiä. Myös aurinkoenergiaa voidaan käyttää varsinkin kesäkäyttöisten allasvesien lämmitykseen. Tällöin pitää harkita varajärjestelmän tarve ja laajuus. Allasvesijärjestelmään voidaan liittää myös lämmöntalteenotto (LTO), joka usein on tarkoituksenmukaisinta toteuttaa allasvesijärjestelmän sisällä. (LVI 06-10451 2012, 13.)

Lämpimän käyttöveden valmistus tapahtuu kaukolämpöön liitetyissä uimahalleissa ja kylpylöissä tavallisesti lämmönsiirtimellä ilman varaajasäiliötä. Erillistä lämminvesivaraajaa voidaan käyttää, kun lämmönlähteenä on oma lämpökeskus eikä sitä ole mahdollista mitoittaa käyttöveden suoran lämmityksen vaatimalle teholle tai kun kaukolämpölaitos edellyttää varaajaa. Lämpimän käyttöveden valmistukseen voidaan käyttää myös sähkölämmitteistä varaajaa sekä aurinkoenergiaan perustuvia järjestelmiä. Lämmöntalteenotto suihkujen viemäriverdestä edellyttää suihkujen erillisviemärointiä. (LVI 06-10451 2012, 16.)

3 AURINKOLÄMMÖN HYÖDYNTÄMINEN

Aurinkolämpöä voidaan hyödyntää joko passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivisessa aurinkolämmön hyödyntämisessä auringon säteilyenergiaa varastoituu auringon paistaessa lämpöenergiana rakennuksen rakenteeseen, josta se siirtyy rakennuksen sisätiloihin. Puhtaasti passiivisessa aurinkolämmön hyödyntämisessä ei käytetä mitään lisälaitteita, vaan auringon energia kulkee keräyspisteestä varastoon ja sieltä edelleen sisätiloihin luonnon voimalla ilman ulkopuolista mekaanista apua. Kaikki rakennukset varastoivat aurinkoenergiaa, mutta määrä vaihtelee huomattavasti rakennuksen sijoituksen ja ominaisuuksien mukaan. Joskus passiivisissa järjestelmissä voidaan mekaanisilla laitteilla, esimerkiksi puhaltimilla, tehostaa energian luonnollista kulkua aurinkokeräimenä toimivasta elementistä varastoon tai edelleen sisätiloihin. (Erat – Erkkilä – Nyman – Peippo – Peltola – Suokivi 2008, 51–57.)

Aktiivisessa aurinkolämmön hyödyntämisessä aurinkoenergiaa siirretään koneellisesti keräimestä varastoon ja jakeluun, jolloin aurinkokeräimen tehtävä on kerätä tai vastaanottaa auringonsäteilyä ja muuttaa sitä lämmöksi, joka voidaan kuljettaa keräimestä joko lämpövarastoon tai suoraan käyttöön. Aktiivinen aurinkokeräin voi olla joko ilmakiertoinen tai nestekiertoinen. Suurimmat eroavaisuudet näiden kahden välillä ovat ilmakeräimen heikompi lämmönsiirto- ja vastaanottokyky välittäjäaineesta johtuen, jolloin ilmakeräimellä tarvitaan noin 4000-kertainen tilavuusvirta nestekiertoiseen keräimeen verrattuna, jotta saataisiin siirrettyä sama lämpömäärä. (Erat ym. 2008, 57, 72, 77.)

Tässä työssä keskitytään aktiiviseen aurinkolämmön hyödyntämiseen ja nestekiertoisiin aurinkokeräimiin. Jatkossa aurinkokeräimellä tarkoitetaan pelkästään aktiivisia nestekiertoisia aurinkokeräimiä.

3.1 Aurinkokeräimen teknologia

Aurinkolämpöä tuotetaan aurinkokeräimillä. Aurinkokeräin vastaanottaa auringon säteilyenergiaa ja muuttaa sen lämmöksi. Aurinkolämpöjärjestelmä kokonaisuudessaan muodostuu aurinkokeräimistä, lämmönsiirtonesteestä, varaajasta tai siirtimestä, pumppu- ja ohjausyksiköstä sekä putkistosta. Aurinkolämpö voidaan yhdistää muihin lämmitysjärjestelmiin, ja erityisen hyvin se sopii järjestelmiin, joissa on jo lämminvesivaraaja valmiina. Aurinkokeräiminä käytetään tasokeräintä tai tyhjiöputkikeräintä, joilla molemmilla on hyvät ja huonot puolensa. Hyvällä keräimellä on korkea hyötysuhde, joka laskee vain loivasti lämpötilaeron funktiona. (MicrE 2012, linkit Energiatuotanto -> Aurinkolämpö.)

Tasokeräin on ensimmäinen keräintyyppi, jota on käytetty aurinkoenergian hyödyntämiseen. Se on edullisempi, mutta toimii hieman huonommalla hyötysuhteella kuin tyhjiöputkikeräin. (MicrE 2012, linkit Energiatuotanto -> Aurinkolämpö.) Tosin VTT:n hiljattain tekemän tutkimuksen mukaan tasokeräimen kuukausitason hyötysuhde oli suurimman osan ajasta noin 5 % parempi kuin tyhjiöputkikeräimellä. Tutkimus koski käyttöveden lämmitystä varaajalla asuinkerrostalossa. (MeraSun 2013.)

Tyhjiöputkitekniikalla pystytään hyödyntämään auringon hajasäteilyä tehokkaammin ja näin ollen se tuottaa enemmän energiaa neliötä kohden kuin tasokeräin, varsinkin kun ympäröivä lämpötila on alhainen (MicrE 2012, linkit Energiatuotanto -> Aurinkolämpö.)

Aurinkokeräimen todellista tuottoa ei voida päätellä pelkästään keräimen ominaisuus- ja suorituskyytietojen perusteella. Aurinkolämpöjärjestelmiä on monenlaisia, ja kohteesta riippuen keräimen neliömetrituotto vaihtelee tyypillisesti noin 250 kWh/m² - 450 kWh/m² vuodessa. Aurinkokeräimien hinnat liikkuvat välillä 250 – 550 €/m². (MicrE 2012, linkit Energiatuotanto -> Aurinkolämpö.)

3.1.1 Asennus

Aurinkokeräimet asennetaan katolle, seinälle tai pihalle sellaiselle paikalle, johon aurinko paistaa varjostamatta mahdollisimman pitkään. Keräimellä talteen saatava energia pienenee, mikäli

keräin on osittainkin varjostunut. Paras asennussuunta on etelään, mutta käytännössä kaakon ja lounaan välinen asennussuuntakin on vielä hyvä. Itä- ja länsisuuntaa voidaan hyödyntää ainoastaan kesäisin. (MicrE 2012, linkit Energiatuotanto -> Aurinkolämpö.)

Keräimen kaltevuuden pitäisi olla välillä 30°–60°. Loiva asennuskulma tuottaa eniten energiaa keskipäivällä, kun taas jyrkemmät asennuskulmat (45° - 60°) tuottavat paremmin keväällä ja syksyllä. Siirtoputkiston pituuden tulisi olla mahdollisimman lyhyt, etteivät putkiston lämpöhäviöt tule liian suuriksi. Pienelle järjestelmälle jo 20 m saattaa olla turhan pitkä pituus siirtoputkistolle. (MicrE 2012, linkit Energiatuotanto -> Aurinkolämpö.)

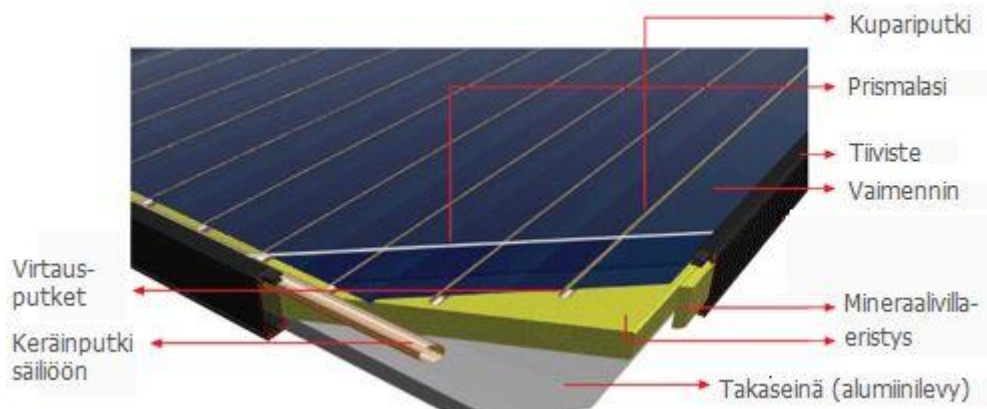
3.1.2 Ylläpito

Ainoa vuosittainen huoltotoimenpide aurinkojärjestelmässä liittyy yleensä siirtonesteen pakkaskestävyyden ja keräinpiirin paineen tarkistamiseen. Sade huuhtoo keräimien pinnat, mutta pinttyneen lian tai siitepölyn peseminen ja irtoroskien poistaminen saattaa olla tarpeen. Paksu lumikerros on myös syytä harjata pois keräimen päältä. Mikäli esim. tyhjiöputki jostain syystä hajoaa, onnistuu sen vaihtaminen itsekin. Laittevalmistajilla on kuitenkin omat suosituksensa tarvittavista huoltotoimenpiteistä, jotka löytyvät järjestelmän asentaneen urakoitsijan toimittamasta luovutuskansiosta. (MicrE 2012, linkit Energiatuotanto -> Aurinkolämpö.)

3.2 Tasokeräin

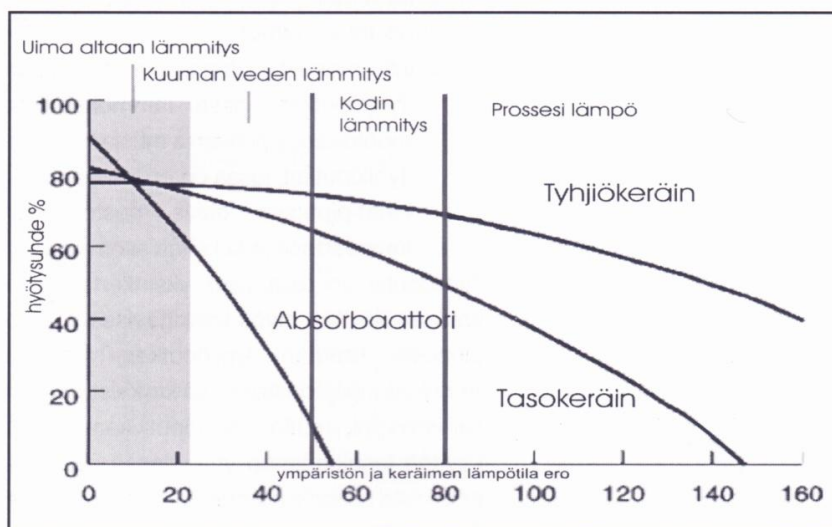
Tasokeräimessä keruuputkisto on yleensä vaakatasossa oleva kupariputkisto. Jokaiseen keräinputkeen on liitetty sivulevyt absorptiopinnan kasvattamiseksi. Levyt ja putket on pinnoitettu selektiivisellä absorptiopinnoitteella, joka imee lämpöenergiaa, mutta ei luovuta sitä ulospäin. (Promecon 2012, linkit Aurinkokeräimet -> Tasokeräimet.) Tällainen pinta toimii eräänlaisena valoloukkuna, mikä tarkoittaa sitä, että pinta absorboi tehokkaasti auringosta tulevaa lyhytaaltoista lämpösäteilyä, mutta läpäisee huonosti lämpimistä pinnoista emittoituvaa pitkäaaltoista lämpösäteilyä, eli keräimen absorptiokerroin on suuri, mutta emissiivisyyskerroin pieni. (Erat ym. 2008, 75.) Keräinputkisto on sijoitettu eristettyyn koteloon ja aurinkoon päin oleva taso on rakennettu vähärautaisesta ja usein erikoispinnoitetusta lasista. Tällainen lasi läpäisee

lämpösäteilyn huomattavasti paremmin, kun normaali lasi. (Kuva 1.) (Promecon 2012, linkit Aurinkokeräimet -> Tasokeräimet.)



KUVA 1. Biawar Sirius Plus -aurinkokeräimen läpileikkaus (Promecon 2012, linkit Aurinkokeräimet -> Tasokeräimet)

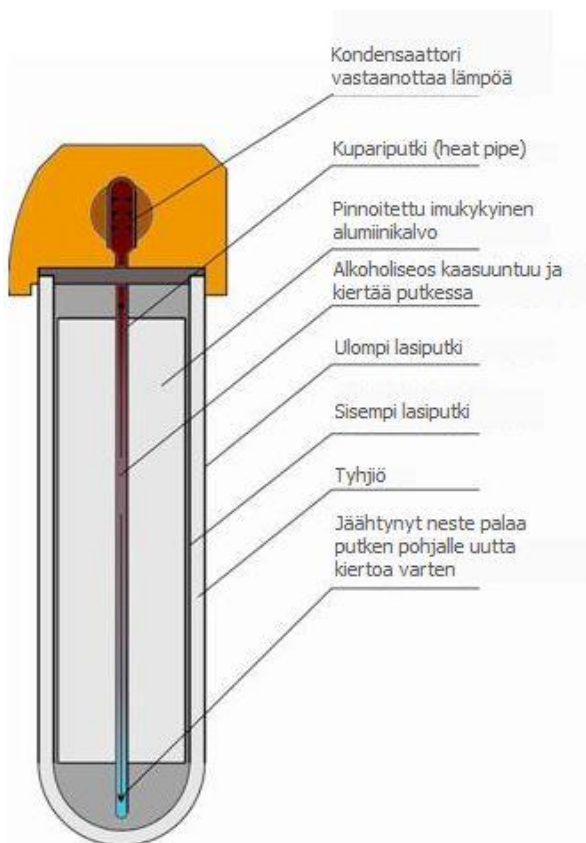
Tasokeräimillä päästään noin 35–75 prosentin hyötysuhteeseen ja niiden stagnaatiolämpötila (virtaukseton ja häviötön lämpötila) on noin 170 °C – 180 °C (kuva 2).



KUVA 2. Erityyppisten aurinkokeräimien hyötysuhteiden muutos lämpötilaeron funktiona. (Erat ym. 2008, 74)

3.3 Tyhjiöputkikeräin

Tyhjiöputkikeräimessä lämmönkeruuputkisto on sijoitettu eristeenä toimivan tyhjiöksi imetyn lasiputken sisälle, jolloin tyhjiöputki toimii kuten läpinäkyvä termospullo. Tyhjiöputki on sisäpinnaltaan pinnoitettu selektiivisellä pinnoitteella, kuten tasokeräinkin. Valmistajasta riippuen tyhjiöputkien takana voi olla myös heijastuspinta, jolla aurinkoenergiaa kerätään myös putken takapinnalta. Tyhjiöputkirakenne tehostaa aurinkoenergian hyödyntämistä, koska rakenne ei ole niin riippuvainen säteilyn tulosuunnasta. Samasta syystä tyhjiöputkikeräimellä voidaan hyödyntää myös hajasäteilyä, eli lämpöä saadaan talteen myös pilvisellä säällä. (Kuva 3.) (Promecon 2012, linkit Aurinkokeräimet -> Tyhjiöputkikeräimet.)

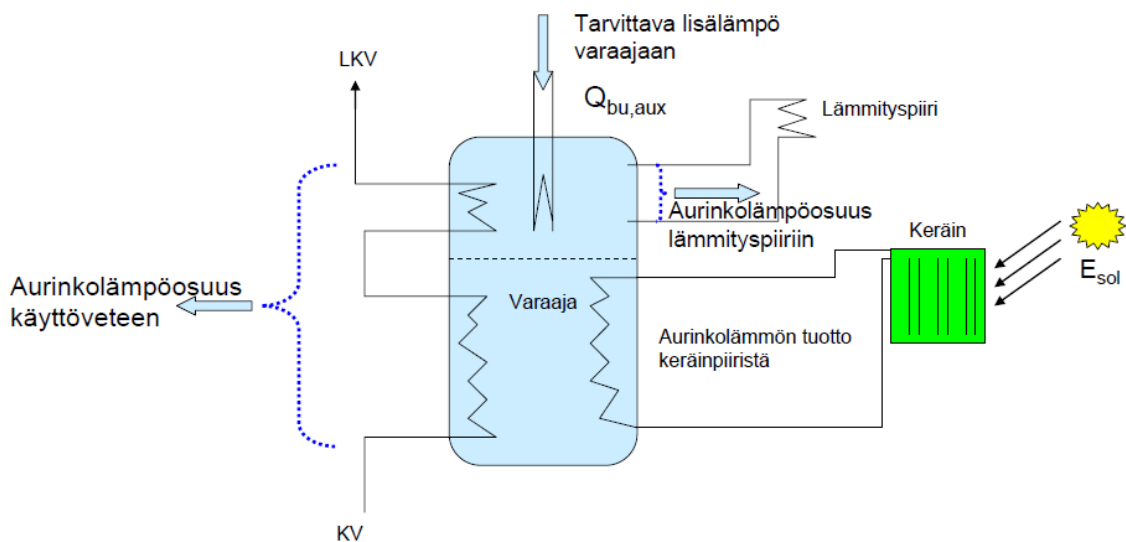


KUVA 3. Biawar Hevelius -tyhjiöputkikeräimen läpileikkaus. (Promecon 2012, linkit Aurinkokeräimet -> Tyhjiöputkikeräimet)

Tyhjiöputkikeräimellä päästään noin 35–85 prosentin hyötysuhteeseen. Tyhjiöputkikeräimen stagnaatiolämpötila on noin 230 °C – 250 °C.

3.4 Aurinkolämmön kytkentä muihin lämmityspiireihin

Aurinkolämmön hyödyntämistä käsittelevässä kirjallisuudessa suositetaan pääsääntöisesti lämminvesivaraajan käyttöä yhdistettäessä aurinkokeräimiä muihin lämmityspiireihin (kuva 4).



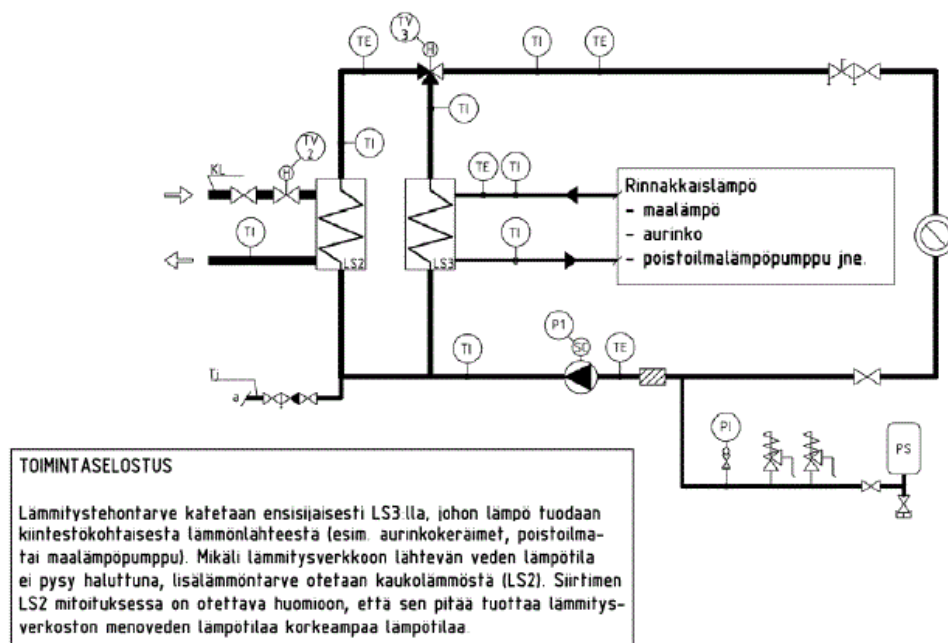
KUVA 4. Aurinkolämpöjärjestelmän varaajakytkennän periaate (Aurinko-opas 2012, 2011)

Varaajakytkentä onkin yleinen ja käyttökelpoinen ratkaisu useimpiin kohteisiin, koska se mahdollistaa useiden lämmitysmuotojen samanaikaisen käytön ja mukautuu helposti myös mahdollisiin tulevaisuuden lämmitysratkaisuihin.

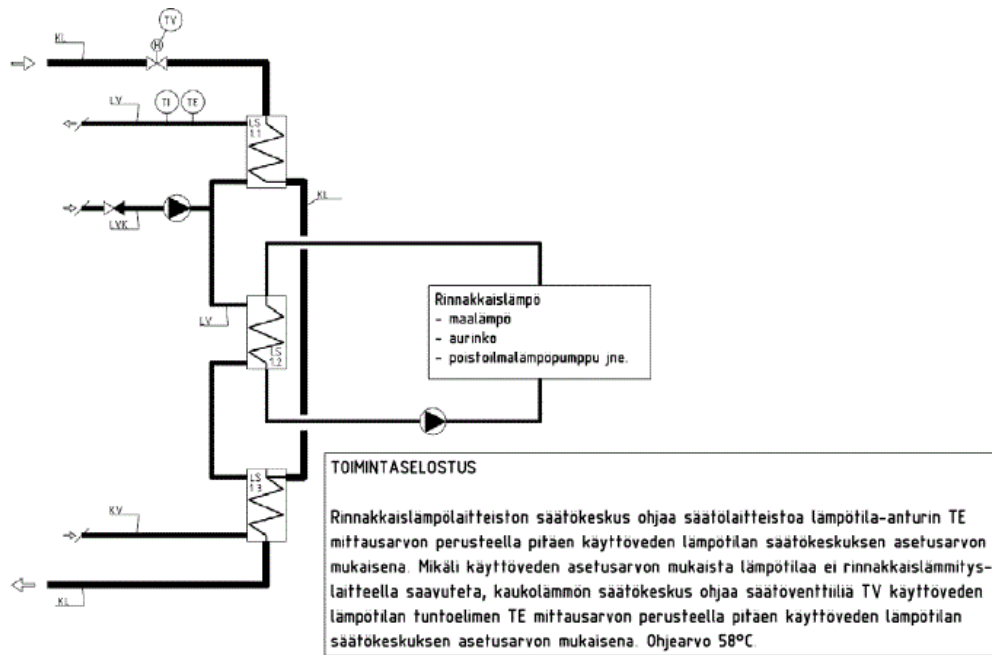
Suurin osa Suomen uimahalleista ja kylpyöistä on liitetty kaukolämpöön. Kaukolämmön mitoitusohjeissa uusien rakennusten kaukolämmön ensiöpiirin paluueden maksimilämpötilat ovat lämmityksen ja ilmanvaihdon lämmönsiirtimelle 33 °C ja käyttöveden lämmönsiirtimelle 20 °C (K1/2013, 2014, 18). Näin alhaisia kaukolämmön paluueden lämpötiloja on käytännössä mahdotonta saavuttaa esimerkiksi kuvan 3 mukaisella kytkennällä, mikäli lisälämmityksenä

käytettäisiin kaukolämpöä. Olemassa oleville rakennuksille ohjeen mukaiset lämpötilat ovat hieman korkeammat lämmitystavasta riippuen, mutta tällöinkin tulisi pyrkiä mahdollisimman alhaisiin lämpötiloihin. Kattilalaitoksissa sen sijaan voidaan käyttää korkeampia paluuveden lämpötiloja, jolloin varaajan käyttö esimerkiksi uimahallin omakohtaisen lämmitysjärjestelmän yhteydessä on perusteltua.

Kaukolämpöön liitetyissä uimahalleissa ja kylpylöissä suositellaan käytettäväksi Energiateollisuuden K1-julkaisun mukaisia lämmönsiirtimiin perustuvia kytkentöjä aurinkolämmön liittämiseksi uimahallin muihin lämmitysjärjestelmiin (kuva 5 ja kuva 6).



KUVA 5. Rinnakkaislämmön kytkentä tilojen lämmitykseen (K1/2013, 2014)



KUVA 6. Rinnakkaislämmön kytkentä käyttöveden lämmitykseen (K1/2013, 2014)

4 UIMAHALLIEN JA KYLPYLÖIDEN LÄMMITYSENERGIAN KULUTUKSEN JAKAUMAN ARVIOINTI

Uimahalleissa ja kylpylöissä lämmitysenergiaa kuluu pääasiassa lämpimän käyttöveden, altaiden ja tilojen lämmitykseen. Uusissa tai vasta saneeratuissa uimahalleissa ja kylpylöissä, joissa on tarvittavat, suositusten mukaiset mittauslaitteistot, lämmitysenergian kulutus ja jakauma eri kohteiden kesken tiedetään varsin tarkasti. Vanhemmissa laitoksissa sen sijaan usein mitataan pelkästään lämmitysenergian kokonaiskulutusta ja käyttöveden kulutusta. Edes lämpimän veden kulutusta ei välttämättä mitata erikseen. Aurinkolämmön tuottoa arvioitaessa ja järjestelmää mitoitettaessa olisi kuitenkin tärkeää tietää kohteen lämmitysenergian kulutuksen jakautuminen kulutuskohteiden kesken, jotta järjestelmä voitaisiin mitoittaa mahdollisimman hyvälle hyötysuhteelle.

4.1 Lämmin käyttövesi

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia ei juurikaan riipu ulkolämpötilasta. Käyttöveden lämmittämisen vaatimaan energiaan sisältyy myös kiertojohtoon lämpöhäviö, joka saattaa olla merkittävä, varsinkin vanhoissa rakennuksissa. (Motiva 2014.)

4.1.1 Lämmitysenergia todellisen kulutuksen mukaan

Mikäli todellinen lämpimän käyttöveden kulutus on tiedossa, lämmitysenergian kulutusta ei tarvitse tältä osin arvioida, vaan se voidaan laskea suoraan kaavalla 1 (Motiva 2014).

$$Q = \frac{\rho \times c_p \times V \times (t_2 - t_1)}{3600}$$

KAAVA 1

Q = Veden lämmittämiseen kuluva energia [kWh]

ρ = veden tiheys [1000 kg/m³]

c_p = veden ominaislämpökapasiteetti [4,2 kJ/kg °C]

V = lämpimän veden kulutus [m³]

t_2 = lämmitetyn veden lämpötila (tyypillisesti 55 – 58 °C)

t_1 = lämmitettävän veden lämpötila (tyypillisesti 5...10 °C)

3600 = yksikkömuunnoskerroin (kJ -> kWh)

Energiatodistukseen liittyvässä kulutuksen seurannassa lämpimän käyttöveden energiankulutus lasketaan kaavalla 2 (Motiva 2014).

$$Q = 58 \times V$$

KAAVA 2

Q = Veden lämmittämiseen kuluva energia [kWh]

V = Lämpimän veden kulutus [m³]

58 = Veden lämmittämiseen ($\Delta t = 50$ °C) kuluva energia vesikuutiota kohden [kWh/m³]

4.1.2 Lämmitysenergia veden kokonaiskulutuksen mukaan

Mikäli veden kokonaiskulutus on tiedossa, mutta lämpimän käyttöveden kulutusta ei ole mitattu erikseen, oletetaan sen olevan asuinrakennuksissa 40 % veden kokonaiskulutuksesta ja muissa rakennuksissa 30 % veden kokonaiskulutuksesta (Motiva 2014).

Kun lämpimän veden kulutus on arvioitu, voidaan lämmitysenergian kulutus tämän jälkeen laskea kaavoilla 1 tai 2.

4.1.3 Lämmitysenergia rakennuksen pinta-alan mukaan

Mikäli veden kokonaiskulutukseen ei ole tiedossa, voidaan lämpimän käyttöveden kulutus arvioida rakennuksen pinta-alan (brm²) mukaan. Oletusarvona asuinrakennuksissa on 0,6 m³/brm² vuodessa. Muissa kuin asuinrakennuksissa voidaan käyttää taulukon 1 arvoja.

TAULUKKO 1. Lämpimän käyttöveden kulutuksen oletusarvot pinta-alan mukaan laskettaessa (Motiva 2014)

Rakennustyyppi	Lämpimän veden kulutus rakennuksen bruttoalaa kohti. [dm ³ /brm ² /vuosi]
Toimistorakennus	100
Terveydenhoito	520
Päiväkoti	460
Teatteri ja kirjasto	120
Uimahalli	1800
Opetusrakennus	180
Myymäla	65
Muut rakennukset	100

Lämmitysenergian kulutus voidaan tämän jälkeen laskea käyttämällä kaavoja 1 tai 2.

4.2 Tilojen ja altaiden lämmitys

Uimahalleissa ja kylpylöissä lämpimän käyttöveden tekemiseen kuluneen energian jälkeen loppuosa lämmitykseen kuluvasta energiasta menee yleensä altaiden ja tilojen lämmitykseen. Mikäli edes toisen kulutusta ei erikseen mitata, on keskinäisen suhteen määrittäminen hankalaa.

Tilojen ja altaiden lämmitysenergian kulutus ja sen jakautuminen toistensa suhteen johtuu monesta tekijästä, kuten uimahallin tai kylpylän kävijämäärästä, altaiden lämpötilasta, rakennuksen tilavuudesta ja lämpöeristyksestä sekä ulkoilman lämpötilasta.

Uimahallikyselyn vastausten (liite 1) perusteella on kuitenkin nähtävissä, että tilojen lämmitykseen, samoin kuin lämpimän käyttöveden tekemiseen kuluva energia on pienimmillään kesäkuukausina ja kasvaa voimakkaasti talvea kohden. Altaiden lämmityksessä ero kesä- ja talvikuukausien välillä ei ole yhtä voimakas, ja voidaankin olettaa, että altaiden lämmitysenergian kulutuksessa määräävin tekijä on uimahallin tai kylpylän käyttöaste; monet uimahallit ja kylpylät pitävät huoltoseisokkinsa kesäkuukausien aikana, yleensä heinäkuussa.

Aurinkolämmityksen mitoituksen kannalta kohtalaiseen tulokseen voidaan siis päästä vähentämällä uimahallin tai kylpylän lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta lämpimän käyttöveden vaatima lämmitysenergia ja jakamalla loppuosa kokemusperäisten kertoimien mukaisesti. Eräissä uimahallissa esimerkiksi (liite 1, Uimahalli Nro 7) lämpimän käyttöveden tekemiseen vuodessa kuluneen lämmitysenergian jälkeen jäljelle jäänyt osuus jakautui seuraavasti: tilojen lämmitys 67 %, altaiden lämmitys 33 %. Vuositasolta kuukausitasolle jaettaessa voidaan edelleen käyttää kokemusperäisiä kertoimia, esimerkiksi taulukon 2 mukaan.

TAULUKKO 2. Lämmitysenergian jako kuukausitasolle, altaat ja tilat

Kuukausi	Kuukausittaisia kokemusperäisiä kulutusjakautumia	
	Altaat	Tilojen lämmitys
Tammikuu	0,10	0,15
Helmikuu	0,09	0,14
Maaliskuu	0,11	0,16
Huhtikuu	0,10	0,09
Toukokuu	0,09	0,04
Kesäkuu	0,08	0,02
Heinäkuu	0,04	0,02
Elokuu	0,07	0,02
Syyskuu	0,08	0,04
Lokakuu	0,07	0,08
Marraskuu	0,08	0,11
Joulukuu	0,09	0,13
Vuosi	1,00	1,00

Taulukon 2 kertoimet on saatu laskemalla uimahallin nro 7 (liite 1) vuonna 2013 toteutuneista lämmitysenergian kulutuksista. Oheisia kertoimia voidaan tarvittaessa muokata kuhunkin tapaukseen paremmin sopiviksi, mutta tässä esitettyä laskutapaa käytettäessä on tärkeää, että kertoimien summa on aina 1,0 (100 %), jotta aiemmin laskettu vuosittainen kulutus ei muutu.

5 AURINKOLÄMMÖN TUOTON ARVIOINTI

Auringonsäteilyn teho ja aurinkoisten tuntien määrä (auringonpaiste) vaihtelevat sään vaihteluiden ja maapallon liikkeiden mukaan. Maapallon pyöriminen auringon ympäri ja maapallon vino pyörimisakseli muuttavat jatkuvasti auringonpaisteen saantia maapallolla ja näin ollen aiheuttavat vuodenaikojen vaihtelun, joka koetaan sitä voimakkaampana, mitä kauempana päiväntasaajasta havaintopaikka sijaitsee. (Erat ym. 2008, 22, 23.)

5.1 Auringon säteilyteho paikkakunnittain

Auringonsäteily muodostuu pääasiassa näkyvästä valosta, infrapunasäteilystä ja ultraviolettisäteilystä. Auringonsäteily jaetaan suoraan auringonsäteilyyn, hajasäteilyyn ja heijastuneeseen säteilyyn. Suora auringonsäteily on suoraan auringosta tulevaa säteilyä, hajasäteily on ilmakehässä pöly- yms. hiukkasten sekä pilvien vuoksi siroutunutta säteilyä ja heijastunut säteily on se osa auringonsäteilystä, joka heijastuu suoraan maanpinnasta. Kokonaissäteily on suoran säteilyn ja hajasäteilyn summa. (Erat ym. 2008, 28.)

Tasolle tuleva säteilyenergia tietyllä paikkakunnalla voidaan laskea, kun tunnetaan paikkakunnan suora- ja hajasäteily vaakatasolle sekä ympäristön heijastus- ja varjostusominaisuudet. Muunnos vaakatasosta kallistetulle tasolle voidaan tehdä geometrisin perustein. (Aurinko-opas 2012, 2011, 14–17)

Seuraavissa taulukoissa (taulukot 3 - 6) on esitetty säteilyenergiat vaakasuoralle pinnalle kolmella eri paikkakunnalla, sekä korjauskertoimet keräimen eri kallistuskulmille. Taulukoissa oletetaan keräimen asennussuunnaksi kaakko-lounas ja ympäristön varjostuksen olevan pieni.

TAULUKKO 3. Säteilyenergiat vaakasuoralle pinnalle paikkakunnittain. (Aurinko-opas 2012, 2011, 15)

Kuukausi	Säteilyenergiat vaakasuoralle pinnalle (kallistuskulma 0°) paikkakunnittain, (kWh/m ² ,kk)		
	Helsinki	Jyväskylä	Sodankylä
Tammikuu	6	5	1
Helmikuu	22	20	14
Maaliskuu	64	52	48
Huhtikuu	120	103	121
Toukokuu	166	171	128
Kesäkuu	169	159	154
Heinäkuu	181	158	146
Elokuu	127	114	95
Syyskuu	82	71	64
Lokakuu	26	25	17
Marraskuu	8	7	3
Joulukuu	4	3	0
Vuosi	975	890	791

TAULUKKO 4. Korjauskertoimet etelään suunnatulle keräimelle eri kallistuskulmilla, paikkakunta Helsinki. (Aurinko-opas 2012, 2011, 16)

Kuukausi	Korjauskertoimet etelään suunnatulle keräimelle eri kallistuskulmilla, paikkakunta Helsinki				
	0°	30°	45°	60°	90°
Tammikuu	1	1,5	1,75	1,88	1,88
Helmikuu	1	1,57	1,78	1,87	1,83
Maaliskuu	1	1,43	1,57	1,62	1,51
Huhtikuu	1	1,2	1,24	1,22	1,05
Toukokuu	1	1,08	1,06	0,99	0,75
Kesäkuu	1	1,03	0,98	0,89	0,6
Heinäkuu	1	1,06	1,02	0,92	0,64
Elokuu	1	1,14	1,13	1,07	0,8
Syyskuu	1	1,29	1,33	1,32	1,1
Lokakuu	1	1,42	1,55	1,58	1,42
Marraskuu	1	1,33	1,56	1,56	1,44
Joulukuu	1	1	1	1	1
Vuosi	1	1,17	1,2	1,17	1

TAULUKKO 5. Korjauskertoimet etelään suunnatulle keräimelle eri kallistuskulmilla, paikkakunta Jyväskylä. (Aurinko-opas 2012, 2011, 16)

Kuukausi	Korjauskertoimet etelään suunnatulle keräimelle eri kallistuskulmilla, paikkakunta Jyväskylä				
	0°	30°	45°	60°	90°
Tammikuu	1	1,5	1,75	1,75	1,75
Helmikuu	1	1,95	2,27	2,5	2,55
Maaliskuu	1	1,57	1,75	1,85	1,75
Huhtikuu	1	1,25	1,3	1,29	1,13
Toukokuu	1	1,09	1,07	1,01	0,78
Kesäkuu	1	1,03	0,99	0,9	0,63
Heinäkuu	1	1,05	1,01	0,93	0,66
Elokuu	1	1,12	1,11	1,05	0,8
Syyskuu	1	1,28	1,33	1,33	1,11
Lokakuu	1	1,46	1,62	1,65	1,54
Marraskuu	1	1,33	1,33	1,5	1,33
Joulukuu	1	1	1	0,5	0,5
Vuosi	1	1,21	1,26	1,27	1,13

TAULUKKO 6. . Korjauskertoimet etelään suunnatulle keräimelle eri kallistuskulmilla, paikkakunta Sodankylä. (Aurinko-opas 2012, 2011, 17)

Kuukausi	Korjauskertoimet etelään suunnatulle keräimelle eri kallistuskulmilla, paikkakunta Sodankylä				
	0°	30°	45°	60°	90°
Tammikuu	1	1	1	1	1
Helmikuu	1	1,92	2,25	2,5	2,5
Maaliskuu	1	1,73	1,98	2,12	2,07
Huhtikuu	1	1,33	1,41	1,43	1,27
Toukokuu	1	1,12	1,11	1,06	0,83
Kesäkuu	1	1,04	0,99	0,92	0,66
Heinäkuu	1	1,06	1,03	0,96	0,71
Elokuu	1	1,14	1,14	1,09	0,86
Syyskuu	1	1,31	1,37	1,39	1,2
Lokakuu	1	1,59	1,76	1,82	1,71
Marraskuu	1	1,5	1,5	1	1
Joulukuu	1	1	1	1	1
Vuosi	1	1,24	1,3	1,31	1,18

Säteilyenergiat kallistetulle pinnalle voidaan laskea kaavalla 3 (Aurinko-opas 2012, 2011, 15).

$$Q_{\text{keräin}} = k * Q_{\text{sät},0^\circ} \quad \text{KAAVA 3}$$

$Q_{\text{keräin}}$ = keräimelle osuvan auringonsäteilyn energia tarkastelujaksolla [kWh/m²,kk]

$Q_{\text{sät},0^\circ}$ = paikkakunta-kohtainen vaakatasolle tuleva auringon säteilyenergia [kWh/m²,kk], katso taulukko 3.

k = korjauskerroin etelään (kaakko – lounas) suunnatulle keräimelle. Riippuu keräimen kallistuskulmasta, paikkakunnasta ja tarkasteluajankohdasta, katso taulukot 4 - 6.

Ympäristön, rakennuksen tai keräimen asennustavan aiheuttamat merkittävät varjostukset voidaan ottaa korjaamalla kerrointa k varjostuksen suhteellisella määrällä, kaavalla 4 (Aurinko-opas 2012, 2011, 15).

$$k' = (1 - A_{\text{varjostus}} / A_{\text{kokonaisala}}) \quad \text{KAAVA 4}$$

5.2 Aurinkokeräimen tehon ja tuoton laskenta

Aurinkokeräimet määritellään eri hyötysuhteita kuvaavien parametrien avulla, joita ovat

n_o häviötön hyötysuhde, kutsutaan myös optiseksi hyötysuhteeksi

a_1 ensimmäisen kertaluvun kerroin, johtuvat lämpöhäviöt

a_2 toisen kertaluvun kerroin, säteilyhäviöt.

Näiden parametrien avulla teho voidaan laskea kaavalla 5 (ESTIF 2007, 1).

$$P = A * (n_0 * G - a_1 * (T_m - T_a) - a_2 * (T_m - T_a)^2) \quad \text{KAAVA 5}$$

G = auringon säteilyteho [W/m²]

T_a = ympäristön (ilma) lämpötila [°C]

T_m = keräimen keskilämpötila [°C]

A = keräimen pinta-ala [m²]

Auringon säteilyteho (G) ja ympäristön lämpötila (T_a) ovat itse asiassa säätietoja, jotka määräytyvät tarkastelupaikan mukaan ja ovat ainakin periaatteessa tiedossa useimmilla paikkakunnilla Euroopassa (ESTIF 2007, 2).

Keräimen keskilämpötilaa (T_m) ei sen sijaan normaalisti tunneta kovinkaan tarkasti. Sen arvo riippuu paitsi säätilasta, myös keräimen kuormasta ja järjestelmäkomponenttien rakenteesta, kuten esimerkiksi keräimen pinta-alasta ja hyötysuhteesta, lämpövaraston kapasiteetista, systeemin lämpöhäviöistä ja järjestelmän ohjausautomaatiikasta. Tehon laskeminen helpottuu merkittävästi, jos keräimen keskilämpötila (T_m) oletetaan joka hetki vakioksi. Tällöin keräimen ominaisuudet ja sijoituspaikan mukaiset säätiedot ovat tunnettuja koko ajan ja keräimen teho voidaan laskea mille tahansa hetkelle kaavalla 5. Suosituksia erilaisissa järjestelmissä esiintyvistä keräimen keskilämpötiloista (T_m) on esitetty taulukossa 7. (ESTIF 2007, 2.)

Kun keräimen keskilämpötila oletetaan vakioksi, voidaan keräimen vuosituotto laskea integroimalla kaikki positiiviset tulot koko vuoden yli (negatiiviset tulot jätetään huomiotta, koska oletusarvoisesti keräin ei tuota mitään negatiivisilla arvoilla) kaavalla 6 (ESTIF 2007, 2).

KAAVA 6

$$Q_{vuosi} = \int [A * (n_0 * G - a_1 * (T_m \text{ vakio} - T_a) - a_2 * (T_m \text{ vakio} - T_a)^2)]^+ dt$$

Tyypillisessä järjestelmäkohtaisessa keskilämpötilassa toimivan keräimen vuosituotto neliometriä kohden voidaan nyt laskea kohtalaisen helposti em. kaavalla käyttämällä tuntikohtaista säätietoa ja keräinkohtaisia parametreja. (ESTIF 2007, 2.)

Todellinen keräimen tuotto ja järjestelmällä saavutettu säästö voidaan arvioida käyttämällä oheista yksinkertaistettua laskentamenetelmää seuraavasti:

- Määritetään tyypillinen järjestelmäkohtainen keräimen keskilämpötila (taulukko 7).
- Muunnetaan keräimen vuosituotto koko järjestelmän tuotoksi.
- Muunnetaan järjestelmän tuotto järjestelmän säästökseksi.

TAULUKKO 7. Suositeltuja kertoimia ja keräimen keskilämpötiloja järjestelmän vuosituoton arviointiin (ESTIF 2007, 2–3.)

	Suosittelun T _m [°C] keräimen tuoton laskentaan	Muunnoskerroin: keräimen tuotto -> systeemin tuotto	Muunnoskerroin: systeemin tuotto -> systeemin säästö	Systeemin säästökerroin
Uima-altaat	30	0,76	1,31	1,00
Lämmin käyttövesi, kotitaloudet. Varaajakytkentä	50	0,86	1,38	1,19
Lämmin käyttövesi, kotitaloudet. Sähkövarmistus (ei varaajakapasiteettia)	50	0,86	1	0,86
Yhdistetyt systeemit: Lämmin käyttövesi / tilojen lämmitys	60	0,77	1,31	1,01
Aluelämmitys, ilman kausittaista varauskapasiteettia	Keskimääräinen paluuveden lämpötila + 5	0,95	1,05	1,00
Jäähdytys / ilmastointi	90	0,9	1,11	1,00
Prosessilämmitys	Prosessin lämpötila + 10	0,9	1,11	1,00

Oheiset arvot ja kertoimet ovat yleisiä Euroopan laajuisia suosituksia keräimen tuoton laskentaan edellä mainitulla yksinkertaisella menetelmällä. Aurinkokeräimien rakenteessa ja valmistusmenetelmissä sekä lämpimän käyttöveden valmistuksessa on kuitenkin kansallisia ja jopa paikallisia eroja, joiden vuoksi taulukon arvoja tulee tarkastella tapauskohtaisesti ja tarvittaessa muuttaa paremmin paikallisia käytäntöjä vastaaviksi. Kuitenkin on osoitettu, että

esimerkiksi taulukossa määritelty 50 °C keräimen keskilämpötilana (T_m) kotitalouksien lämpimän käyttöveden valmistuksessa pätee hyvinkin erilaisissa ilmasto-olosuhteissa. (ESTIF 2007, 3.)

5.3 Keräinsysteemin hyötysuhde

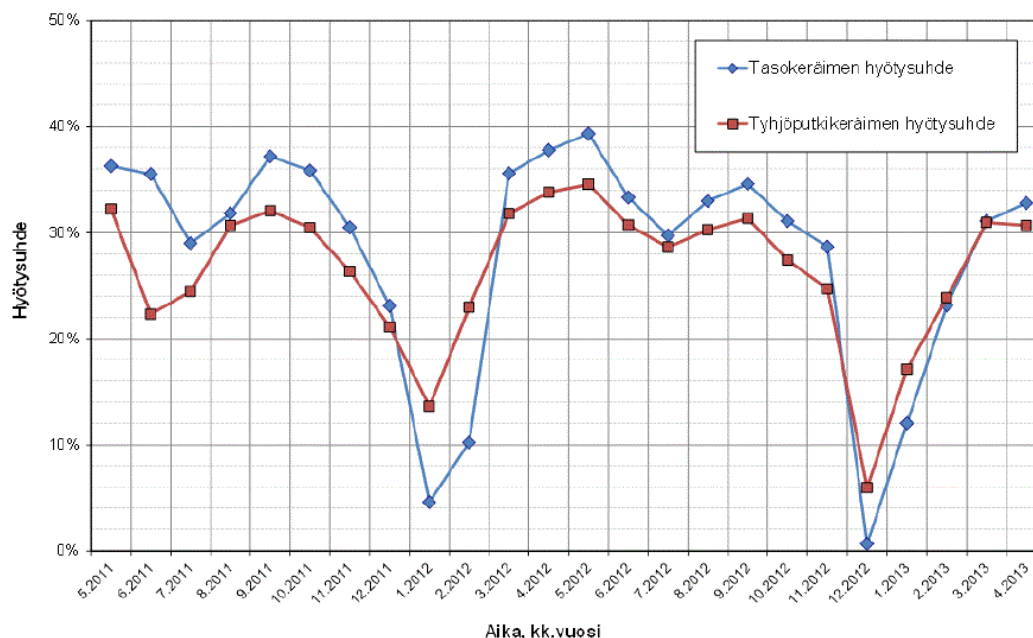
Aurinkokeräinjärjestelmän tuottoa ja hyödyksi saadun energian määrää voidaan tarkastella myös koko järjestelmän hyötysuhteen avulla. Tällöin keräimeen osuvan lämpösäteilyn määrä kerrotaan järjestelmän hyötysuhteella, jolloin saadaan suoraan hyödyksi saatavan energian määrä.

Todellisen järjestelmän hyötysuhde vaihtelee jatkuvasti keräimen rakenteen, käyttötavan, kuorman, vuodenajan ja vuorokaudenajan mukaan, mutta esimerkiksi kokeellisesti mitattuja keskiarvoistettuja hyötysuhteita käyttämällä voidaan kuitenkin päästä tyydyttävään lopputulokseen keräimen vuosituottoa arvioitaessa. Vuosihyötysuhteen lisäksi keräimelle voidaan määrittää myös tarkempia, esimerkiksi kuukausittaisia hyötysuhteita, joita käyttämällä keräimen tuottoa voidaan tarkastella myös lyhyemmillä aikaväleillä.

VTT:n tekemän tutkimuksen (MeraSun 2013) mukaan tasokeräimen kuukausitason hyötysuhde oli suurimman osan vuodesta noin 5 % parempi kuin tyhjiöputkikeräimen, mutta vuositason energiantuotossa erot olivat kuitenkin verrattain pieniä. Kyseisessä tutkimuksessa kohteena oli kaukolämpöön kytketty 19 huoneiston asuinkerrostalo, jossa aurinkokeräimet (tyhjiöputki- ja tasokeräimet) oli kytketty kaukolämmönvaihtimeen omilla 700 litran varaajilla.

Kaukolämpöön kytketyissä uimahalleissa ja kylpylöissä on suositeltavaa käyttää lämmönsiirtimiä kytkettäessä aurinkokeräimiä järjestelmään (katso luku 3.4). Lämmönsiirtimellä ei ole käytännössä lämmönvarauskykyä kuten varaajalla, mikä on syytä ottaa huomioon, mikäli edellä mainitun tutkimuksen mukaisia hyötysuhteita käytetään keräimen vuosi- tai kuukausituoton arvioinnissa. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi skaalauskerroimella, jolla kuukausitason hyötysuhteet kerrotaan. Mikäli keräimien kytkentä tehdään suhteellisen pienen varaajan välityksellä, voidaan kertoimen arvona käyttää 1:tä. Lämmönsiirintä esimerkiksi lämpimän käyttöveden valmistukseen käytettäessä kertoimen arvona voitaisiin käyttää arvoja väliltä 0,8–0,9. Mikäli käytetään suurta varaajakapasiteettia tai aurinkolämpöä käytetään suoraan esimerkiksi suuren uima-altaan lämmitykseen, voidaan kertoimelle antaa arvoja väliltä 1,1–1,2.

Ohessa on esitetty VTT:n tutkimuksen mukaiset hyötysuhdekäyrät vuosilta 2011–2013 (kuva 7) sekä niiden perusteella määritetyt kuukausitason hyötysuhteet taso- ja tyhjiöputkikeräimille (taulukko 8).



KUVA 7. Taso- ja tyhjiöputkikeräimen hyötysuhteet kahden vuoden seurantajakson ajalta (MeraSun 2013)

TAULUKKO 8. Aurinkokeräimien kuukausitason hyötysuhteet keräintyypeittäin

Kuukausi	Aurinkokeräimien hyötysuhteet tyypeittäin ja kuukausittain	
	Taso	Tyhjiöputki
Tammikuu	0,09	0,16
Helmikuu	0,17	0,24
Maaliskuu	0,34	0,33
Huhtikuu	0,37	0,33
Toukokuu	0,38	0,34
Kesäkuu	0,36	0,28
Heinäkuu	0,31	0,28
Elokuu	0,33	0,32
Syyskuu	0,37	0,33
Lokakuu	0,35	0,30
Marraskuu	0,31	0,26
Joulukuu	0,13	0,14
Keskiarvo	0,29	0,28

6 LASKENTAMALLI AURINKOKERÄIMEN TUOTON ARVIOINTIIN UIMAHALLEISSA JA KYLPYLÖISSÄ

6.1 Uimahallin ja kylpylän lämmitysenergian kulutuksen jakautumisen arviointi

Yleensä uimahallin tai kylpylän kokonaisenergiankulutus on tiedossa tai se voidaan katsoa esimerkiksi uimahalliportaalista (Uimahalliportaali, linkit Vertailut.) Lämmitysenergian kokonaiskulutuksen jakautuminen tilojen lämmityksen, altaiden lämmityksen ja lämpimän käyttöveden valmistuksen kesken ei sen sijaan useinkaan ole tiedossa eikä uimalaitoksessa edes välttämättä ole asennettuja mittareita, joilla eri lämmönsiirtimille menevää energiaa voitaisiin mitata. Tällöin energiankulutuksen jakautuminen em. järjestelmien kesken täytyy laskea ja/tai arvioida kokemuseräisesti. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi seuraavasti:

- Mikäli uimahallin tai kylpylän tilojen lämmitysenergia, altaiden lämmitysenergia ja/tai lämpimän käyttöveden valmistukseen kuluva energia on mitattu kuukausitasolla, voidaan ne ottaa huomioon laskennassa sellaisinaan. Jos tiedot ovat pelkästään vuositason, voidaan ne jakaa kuukausitasolle kokemuseräisesti vertaamalla kulutuksia jonkin tunnetun uimalaitoksen kulutuksiin ja tekemällä jako sen mukaan. Tällöin kuukausitason energiankulutukset eivät välttämättä täysin vastaa todellista tilannetta, mutta vuositason tulos on kuitenkin totuudenmukainen.
- Jos uimahallin tai kylpylän lämmitysenergian kokonaiskulutus ja käyttöveden kulutus on tiedossa, lasketaan ensin lämpimän käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia Motivan ohjeen mukaisesti (luku 4.1.2) ja vähennetään tulos lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta. Jäljelle jäänyt loppuosa jaetaan altaiden ja tilojen lämmityksen kesken kokemuseräisesti. Kyselyn vastauksien perusteella (liite 1) jakosuhteet altaiden ja tilojen suhteen liikkuvat välillä 33 % / 67 % - 14 % / 86 % (tilat / altaat). Lopuksi tulokset jakotetaan kuukausitasolle kokemuseräisten kertoimien avulla, jotka on laskettu kyselyn vastauksien (liite 1) perusteella.
- Mikäli uimahallin tai kylpylän lämmitysenergian kulutuksesta tiedetään pelkästään kokonaiskulutus, tarvitaan laskennan avuksi vähintään laitoksen bruttopinta-ala, jonka

avulla arvioidaan lämpimän käyttöveden kulutus ja sen lämmittämiseen kuluva energia Motivan ohjeen mukaisesti (luku 4.1.3) ja vähennetään tulos lämmitysenergian kokonaiskulutuksesta. Jäljelle jäänyt loppuosa jaetaan altaiden ja tilojen lämmityksen kesken ja jaksotetaan kuukausitasolle jälleen kuten edellä, kokemusperäisten kertomien avulla.

6.2 Aurinkokeräimien tuoton arviointi

Aurinkolämmön tuotto lasketaan paikkakuntaakohtaisesti (Helsinki, Jyväskylä, Sodankylä) Aurinko-opas 2012:n säävyöhykkeittäin jaotelluiden auringon säteilyenergiataulukoiden ja keräimen kallistuskulmien mukaisten korjauskertoimien mukaan. Keräimien hyötysuhteina käytetään kuukausitasolle taulukoituja arvoja, jotka on laskettu VTT:n tutkimusraportista (taulukko 8).

Järjestelmän energian varauskyky riippuu järjestelmän toteutustavasta (lämmönsiirrin, varaaja, käyttökohde jne.). Tämä voidaan ottaa huomioon kertomalla saatu keräimen tuotto varauskertoimella, jonka arvo riippuu järjestelmän energian varauskyvystä (luku 5.3).

6.3 Esimerkkejä laskentamallilla lasketuista aurinkolämmön tuotoista

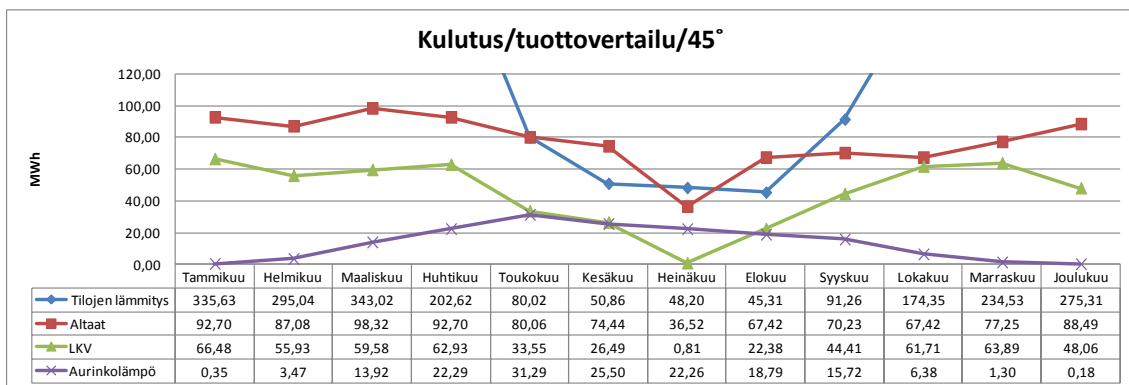
Seuraavassa on muutama esimerkki laskentamallilla lasketuista kulutusjakaumista ja aurinkolämmön tuotosta kahdessa erikokoisessa uimahallissa. Esimerkeissä on myös havainnollistettu, kuinka keräinpinta-alan kasvattaminen vaikuttaa aurinkolämmön tuottoon ja hyödynnettävyyteen.

ESIMERKKI 1

Uimahallin kokonaisenergiankulutus:	3655 MWh/a
Uimahallin vedenkulutus:	31287 m ³ /a
Uimahallin koko:	6566 brm ²
Keräintyyppi:	Tasokeräin

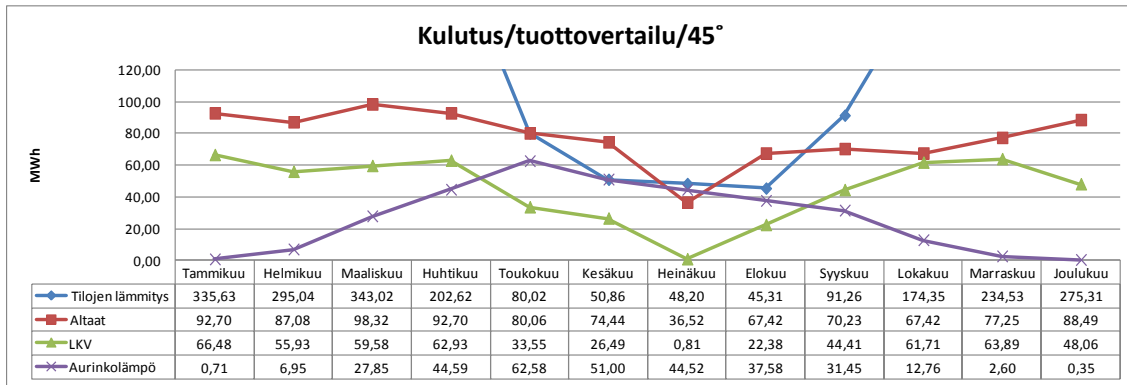
Keräimien asennuskulma: 45 °
 Keräimien pinta-ala: 500 m²
 Tarkastelupaikkakunta: Jyväskylä

Kuvasta 8 nähdään, että esimerkin mukaisessa uimahallissa 500 m²:n keräinpinta-alalla pystytään helposti kattamaan lämpimän käyttöveden tarve kesäkuukausina. Heinäkuussa keräimen tuotto ylittää lämpimän käyttöveden tarpeen, jolloin aurinkolämpöä voidaan hyödyntää altaiden tai tilojen lämmityksessä.



KUVA 8. Aurinkokeräimen tuotto vs. uimahallin kulutus esimerkin 1:n mukaisilla arvoilla

Keräinpinta-alaa kasvattamalla aurinkolämmön tuotto kasvaa vastaavasti, mutta tällöin järjestelmä täytyy suunnitella sellaiseksi, että aurinkolämmön käyttökohdetta voidaan vaihtaa tarpeen mukaan, varsinkin kesäkuukausina, jolloin tuotto suhteessa kulutukseen on suurimmillaan. (Kuva 9.)



KUVA 9. Esimerkin 1 mukainen tilanne 1000 m²:n keräinpinta-alalla

ESIMERKKI 2

Uimahallin kokonaisenergiankulutus: 1850 MWh/a

Uimahallin vedenkulutus: 14000 m³/a

Uimahallin koko: 2190 brm²

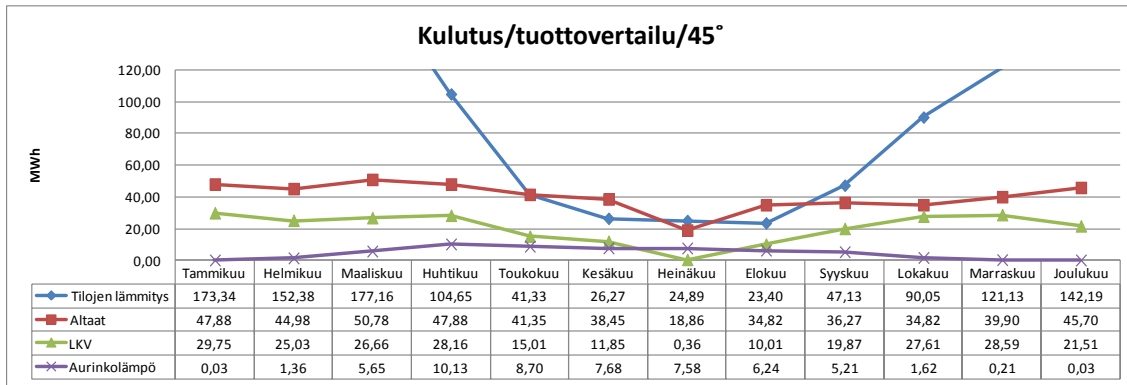
Keräintyyppi: Tyhjiöputkikeräin

Keräimien asennuskulma: 45°

Keräimien pinta-ala: 200 m²

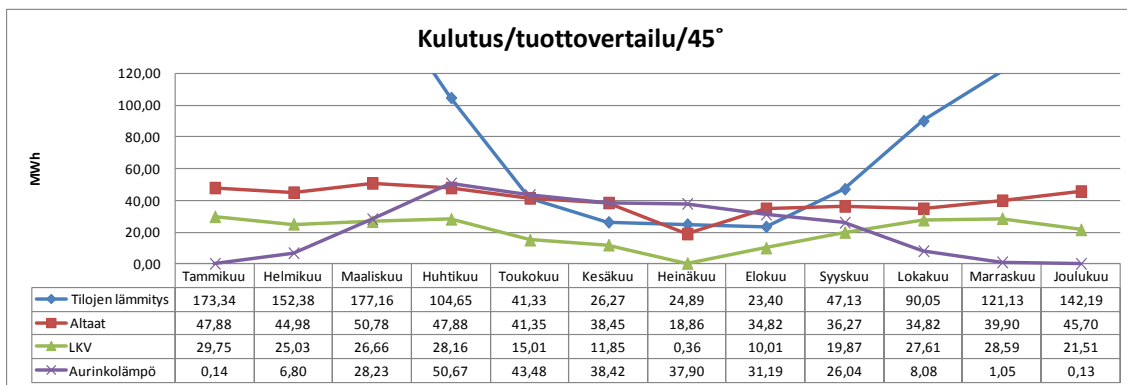
Tarkastelupaikkakunta: Sodankylä

Esimerkin 2 mukaisessa tilanteessa kyseessä on pienempi uimahalli, jolloin jo 200 m²:n keräinpinta-alalla voidaan kesäkuukausina kattaa merkittävä osa lämpimän käyttöveden tarpeesta (kuva 10).



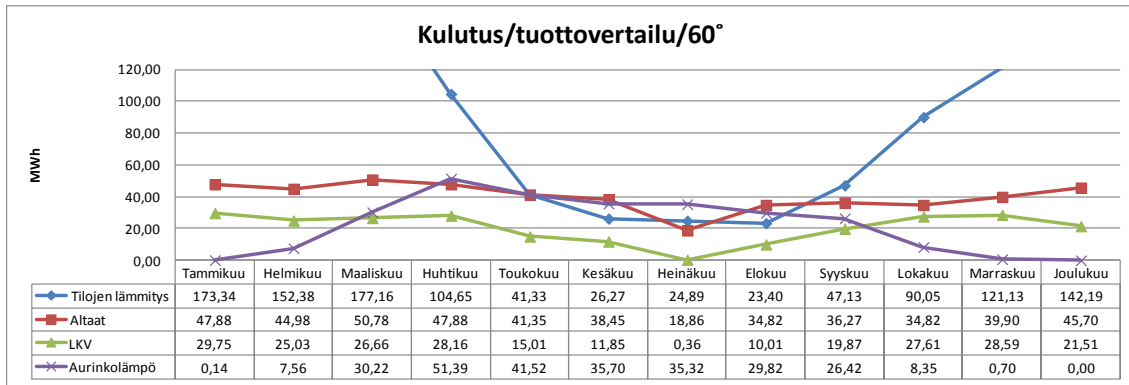
KUVA 10. Aurinkokeräimen tuotto vs. uimahallin kulutus esimerkin 2:n mukaisilla arvoilla

Mikäli tässä tapauksessa keräinpinta-alaa kasvatetaan 1000 m²:iin, päästään kuvan 11 mukaiseen tilanteeseen, jolloin aurinkokeräimien tuotto kannattaisi käyttää ensisijaisesti altaiden tai tilojen lämmitykseen.



KUVA 11. Esimerkin 2 mukainen tilanne 1000 m²:n keräinpinta-alalla

Jos tilanne pidetään muuten samana, mutta asennetaankin keräimet 60° kulmaan, nähdään, että tuotto hieman kasvaa kevät- ja syyskuukausien aikana, mutta vastaavasti pienenee kesällä. (Kuva 12.) Erot ovat kuitenkin verrattain pieniä, joten käytännössä kaikki asennuskulmat välillä 30°–60° ovat keräimen vuosituoton kannalta yhtä hyviä, mikäli asennussuuntana pidetään etelä.



KUVA 12. Esimerkin 2 mukainen tilanne 1000 m²:n keräinpinta-alalla ja 60 asteen asennuskulmalla

7 YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Suomen hieman yli 200 uimahallista ja kylpylästä vasta muutama on asennettu vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja kaukolämmön tai muutamassa tapauksessa oman lämpölaitoksen rinnalle. Suuri osa uimalaitoksista on verrattain vanhoja, joten lähivuosina on tiedossa monta uimahalli- ja kylpyläremonttia, joissa on samalla mahdollisuus ottaa käyttöön ekologisia lämmitysvaihtoehtoja, kuten aurinkolämpö.

Nykyisistä uimahalleista ja kylpylöistä hyvin harvassa on energian kulutuksen mittaus toteutettu niin kattavasti, että kokonaiskulutuksen jakautuminen kuukausittain eri käyttökohteiden kesken pystyttäisiin laskemaan tai arvioimaan. Näin ollen mahdollisen aurinkolämmitysjärjestelmän suunnittelusta ja mitoituksesta tulee haastavaa, ja usein todellinen tilanne selviääkin vasta vuoden käyttöjakson aikana. Niinpä olisikin tärkeää, että uimahallit ja kylpylät varustettaisiin viipymättä ohjeiden mukaisilla energianmittauslaitteilla. Tällöin kulutuksen seuranta helpottuisi ja myös mahdolliset poikkeamat energiankulutuksessa sekä laitoksen toimintahäiriöt pystyttäisiin havaitsemaan viipymättä.

Tässä työssä esitetty laskentamalli tarjoaa yhden vaihtoehdon uimahallin tai kylpylän energiankulutuksen jakautumisen arviointiin ja aurinkolämmön tuoton laskentaan. Malli ei pyri olemaan absoluuttisen tarkka ja laskentaan sisältyykin monia yleistyksiä ja keskiarvoistuksia. Kuitenkin esimerkiksi tällä mallilla laskettu aurinkolämmön tuotto neliometriä kohden on linjassa kirjallisuudessa esiintyvien vuosiarvioiden kanssa. Mikäli uimahallin tai kylpylän energiankulutuksesta tiedetään vain kokonaiskulutus eikä vedenkulutus ole tiedossa, antaa malli kuitenkin jonkinlaisen arvion kulutuksen jakautumisesta kokonaiskulutuksen pysyessä aina todellisena. Mitä enemmän kulutuksesta tiedetään, sitä tarkempi tulee myös mallilla lasketusta kulutuksen jakauman arviosta.

Laskentamallilla aurinkolämmön tuottoa arvioitaessa järjestelmän varauskyky on kuitenkin arvioitava tai muuten otettava huomioon, sillä paras aurinkolämmön päivittäinen tuotto ei täysin vastaa uimahallin tai kylpylän käyttöaikaa, jolloin esimerkiksi lämmintä käyttövettä valmistettaessa kaikkea tarjolla olevaa lämpöä ei välttämättä saada talteen tai sitä ei ole tarjolla kovimman tarpeen aikana. Tämän huomioon ottamiseksi laskentamalliin on lisätty niin sanottu varauskerroin, jolla aurinkolämmön tuottoa voidaan korjata haluttuun suuntaan.

Uimahallit ja kylpylät sulkevat usein ovensa kesäisin noin kuukauden ajaksi huolto- ja korjaustoimenpiteitä varten. Aurinkolämmön tuotto on kuitenkin korkeimmillaan kesäkuukausien aikana, joten aurinkolämmön hyödyntämisen kannalta huoltoseisokki olisi taloudellisempaa pitää esimerkiksi talvikuukausien aikana, jolloin aurinkolämpöä ei muutenkaan ole tarjolla. Toisaalta käyttäjien näkökulmasta tarkasteltuna talvikuukausina pidettävä huoltoseisokki olisi vähemmän mieluinen vaihtoehto, koska tällöin uimalapalveluiden tarve on suurimmillaan Suomen ilmasto-olosuhteissa. Mikäli uimahallien ja kylpylöiden käyttäjät halutaan pitää mahdollisimman tyytyväisinä, on huoltoseisokki järkevintä pitää kesäkuukausien aikana, jolloin taas aurinkokeräimien suurin potentiaali jää hyödyntämättä.

Aurinkolämmön hyödyntämisen kannattavuus riippuu tarkastelijan asemasta ja paikasta energiaketjussa eli taserajasta, jonka suhteen energiavirtoja tarkastellaan. Jos taseraja asetetaan uimahallin tai kylpylän lämmönjakohuoneeseen, nähdään kaikki aurinkolämmöllä tuotettu energia säästönä ja näin ollen vaikutuksiltaan pelkästään positiivisena. Jos taserajaa laajennetaan ja otetaan tarkasteluun mukaan myös pääosan uimahallien ja kylpylöiden energiasta tuottavat energialaitokset, voidaan aurinkolämmön hyödyntämisellä nähdä olevan myös ei-toivottuja vaikutuksia.

Olipa taseraja sitten missä tahansa, voidaan kuitenkin todeta, että itse primäärienergian tarve ja kulutus eivät merkittävästi muutu pelkästään aurinkolämmön käyttöön otolla. Energiaa tarvitaan edelleen yhtä paljon, mutta osa siitä tehdään vain eri tavalla eli aurinkokeräimillä. Tämä aurinkokeräimillä tehty osuus on pois ensisijaisen energialähteen, useimmiten kaukolämpölaitoksen tuotosta. Suomen kaukolämpölaitokset ovat suurimmaksi osaksi CHP-laitoksia (Combined Heat and Power), mikä tässä tapauksessa johtaa siihen, että aurinkolämmöllä korvattua lämpöenergiaa vastaava yhteistuotannossa tuotettu sähköenergia on tehtävä muulla tavoin, yleensä lauhdevoimalla. Yhteistuotannossa tuotetun sähkön CO₂-päästöt ovat pienemmät kuin lauhdevoimalla tuotetun, joten aurinkolämmön hyödyntäminen uimahalleissa ja kylpylöissä saattaa joissain tapauksissa jopa lisätä hiilidioksidipäästöjä. Tähän tietenkin vaikuttavat sekä ensisijaisen lämpöenergian että yhteistuotannossa menetetyn sähköenergian tekotapa ja käytetty polttoaine. Esimerkiksi jos uimahallin tai kylpylän ensisijainen lämpöenergia tehdään omassa lämpölaitoksessa, voidaan aurinkolämmöllä tuotettu energia nähdä säästönä paitsi omassa energian kulutuksessa myös kansallisissa hiilidioksidipäästöissä. Jos taas ensisijainen lämpöenergian lähde on kunnallinen CHP-laitos, on aurinkolämmön osuus säästöä itse uimalaitoksen kannalta, mutta lisää useimmiten hiilidioksidipäästöjä yhteiskunnan näkökulmasta katsottuna.

LÄHTEET

Aurinko-opas 2012. 2011. VTT. Saatavissa: http://www.ymparistoministerio.fi/fi-FI/Maankaytto_ ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma.

Erat, Bruno – Erkkilä, Vesa – Nyman, Christer – Peippo, Kimmo – Peltola, Seppo – Suokivi, Hannu 2008. Aurinko-opas: aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo: Aurinkoteknillinen Yhdistys ry.

ESTIF, Simple calculation of energy delivery of (small) ST systems 2007. European Solar Thermal Industry Federation.

Saatavissa: http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/policies/downloads/Simple_Calculation.pdf
Haettu: 23. Elokuu 2014.

K1/2013. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet 2014. Energiateollisuus ry.

Saatavissa: <http://energia.fi/julkaisut/julkaisu-k12013-rakennusten-kaukolammitys-maaraykset-ja-ohjeet>.

LVI 06-10451. Uimahallien ja kylpylöiden LVI-suunnittelu 2012. Rakennustietosäätiö RTS.

Saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/lvi/kortit/10451>.

MeraSun, Asuinkerrostalon optimaalinen käyttöveden aurinkolämpöjärjestelmä 2013. VTT -

Kaukora Oy - Rakennusliike Reponen Oy. Saatavissa:

http://files.kotisivukone.com/puumerakivisto.fi.kotisivukone.com/tiedostot/merasol_14_10_2013.pdf. Haettu: 23. Elokuu 2014

MicrE 2012. MicrE.

Saatavissa: <http://www.micre.eu/fi/energiantuotanto/aurinkolaempoe/>

Haettu: 23. Elokuu 2014

Motiva 2014. Motiva. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/julkinen_sektori/energian kayton_tehostaminen/kiinteistojen_energianhallinta/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi

Haettu: 28. Elokuu 2014

Pohjoista Voimaa 2014. Oulun Sähkönmyynti Oy.

Saatavissa: http://www.pohjoistavoimaa.fi/energianeuvonta/mihin_kotisi_sahko_kuluu

Haettu: 22. Elokuu 2014

Promecon 2012. Promecon Oy. Saatavissa: <http://www.promecon.fi/>. Haettu 23. Elokuu 2014

Suomisanakirja.fi. 2013. Saatavissa: <http://www.suomisanakirja.fi/>. Haettu 22. Elokuu 2014

Uimahalliportaali 2014. VTT. Saatavissa: <http://uimahallit.vtt.fi/>. Haettu 22. Elokuu 2014

UKTY ry. 2014. Uimahalli- ja kylpylätekniinen yhdistys ry. Saatavissa:

<http://www.ukty.fi/fi/Linkkej%C3%A4/Suomen%20uimahallit%20ja%20kylpyl%C3%A4t/>.

Haettu 22. Elokuu 2014

Uimahallikyselyn vastauksia ja niiden pohjalta laskettuja kulutusarvioita (KV +8 °C, LKV +58 °C).

Tummennetut sarakkeet ovat toteutuneita kulutuksia ja kulutustietoja vuodelta 2013.

Uimahalli nro 1		6566,00 brm ²						
Mitatut kulutukset, 2013			Laskennalliset lämpimän käyttöveden kulutukset					
			Motiva					
	Käyttövesi, m ³	Kaukolämpö, MWh	30% kok., m ³	Q, MWh	% / kok.	1800 l / brm ² , m ³	Q, MWh	% / kok.
Tammi	2747,48	432,29	824,24	47,97	1,31			
Helmi	2399,78	368,11	719,93	41,90	1,15			
Maalis	2656,90	397,13	797,07	46,39	1,27			
Huhti	2571,20	369,52	771,36	44,89	1,23			
Touko	2656,90	221,42	797,07	46,39	1,27			
Kesä	2571,20	207,91	771,36	44,89	1,23			
Heinä	2656,90	229,86	797,07	46,39	1,27			
Elo	2656,90	228,11	797,07	46,39	1,27			
Syys	2571,20	199,78	771,36	44,89	1,23			
Loka	2656,90	291,55	797,07	46,39	1,27			
Marras	2571,20	371,44	771,36	44,89	1,23			
Joulu	2571,20	338,19	771,36	44,89	1,23			
Yhteensä	31287,76	3655,31	9386,33	546,23	14,94	11818,80	689,43	18,86

Uimahalli nro 2		1790,00 brm ²						
Mitatut kulutukset, 2013			Laskennalliset lämpimän käyttöveden kulutukset (allasvesi väh. kokonaiskulutuksesta)					
			Motiva					
	Käyttövesi, m ³	Kaukolämpö, MWh	30% kok., m ³	Q, MWh	% / kok.	1800 l / brm ² , m ³	Q, MWh	% / kok.
Tammi		173,60						
Helmi		154,20						
Maalis		169,00						
Huhti		151,60						
Touko		90,10						
Kesä		66,40						
Heinä		54,70						
Elo		70,90						
Syys		100,60						
Loka		132,50						
Marras		148,10						
Joulu		156,40						
Yhteensä	12373,00	1468,10	3711,90	216,53	14,75	3222,00	187,95	12,80

Uimahalli nro 3		2300,00 brm ²						
Mitatut kulutukset, 2013			Laskennalliset lämpimän käyttöveden kulutukset (allasvesi väh. kokonaiskulutuksesta)					
			Motiva					
	Käyttövesi, m ³	Kaukolämpö, MWh	30% kok., m ³	Q, MWh	% / kok.	1800 l / brm ² , m ³	Q, MWh	% / kok.
Tammi	784,00	256,38	235,20	13,69	0,63			
Helmi	749,00	207,86	224,70	13,08	0,60			
Maalis	765,00	235,37	229,50	13,36	0,61			
Huhti	774,00	172,22	232,20	13,51	0,62			
Touko	747,00	224,64	224,10	13,04	0,60			
Kesä	1081,00	193,02	324,30	18,87	0,86			
Heinä	1158,00	196,85	347,40	20,22	0,92			
Elo	726,00	131,04	217,80	12,67	0,58			
Syys	765,00	97,56	229,50	13,36	0,61			
Loka	816,00	97,54	244,80	14,25	0,65			
Marras	825,00	173,96	247,50	14,40	0,66			
Joulu	608,00	202,42	182,40	10,61	0,48			
Yhteensä	9798,00	2188,86	2939,40	171,06	7,81	4140,00	241,50	11,03

UIMAHALLIKYSELYN VASTAUKSET

LIITE 1/2

Uimahalli nro 4		8730,00 brm ²									
Mitatut kulutukset, 2013			Altaat, mitattu			Laskennallinen käyttövesi, Motiva			Tilojen lämmitys		
	Käyttövesi, m ³	Kaukolämpö, MWh	Q, MWh	% / kok.	1800 l / brm ² , m ³	Q, MWh	% / kok.	Q, MWh	% / kok.		
Tammi		387,85	139,47	5,05							
Helmi		326,59	107,49	3,89							
Maalis		354,16	105,89	3,83							
Huhti		271,92	100,77	3,65							
Touko		170,03	86,51	3,13							
Kesä		69,37	31,00	1,12							
Heinä		43,00	0,04	0,00							
Elo		114,36	55,57	2,01							
Syys		190,93	85,43	3,09							
Loka		254,42	95,33	3,45							
Marras		275,67	98,88	3,58							
Joulu		305,57	109,29	3,95							
Yhteensä	0,00	2763,87	1015,67	36,75	15714,00	916,65	33,17	831,55	30,09		

Uimahalli nro 5		635,00 brm ²									
Mitatut kulutukset, 2013			Laskennalliset lämpimän käyttöveden kulutukset			Motiva					
	Käyttövesi, m ³	Kaukolämpö, MWh	30% kok., m ³	Q, MWh	% / kok.	1800 l / brm ² , m ³	Q, MWh	% / kok.			
Tammi		40,64	0,00	0,00	0,00						
Helmi		35,56	0,00	0,00	0,00						
Maalis		39,52	0,00	0,00	0,00						
Huhti		29,65	0,00	0,00	0,00						
Touko		16,41	0,00	0,00	0,00						
Kesä		11,91	0,00	0,00	0,00						
Heinä		12,88	0,00	0,00	0,00						
Elo		11,97	0,00	0,00	0,00						
Syys		18,36	0,00	0,00	0,00						
Loka		29,83	0,00	0,00	0,00						
Marras		34,91	0,00	0,00	0,00						
Joulu		34,97	0,00	0,00	0,00						
Yhteensä		316,61	0,00	0,00	0,00	569,90	33,24	10,50			

Uimahalli nro 6		2189,00 brm ²									
Mitatut kulutukset, 2013			Laskennalliset lämpimän käyttöveden kulutukset			Motiva					
	Käyttövesi, m ³	Kaukolämpö, MWh	30% kok., m ³	Q, MWh	% / kok.						
Tammi											
Helmi											
Maalis											
Huhti											
Touko											
Kesä											
Heinä											
Elo											
Syys											
Loka											
Marras											
Joulu											
Yhteensä	14000,00	1849,54	4200,00	245,00	13,25						

UIMAHALLIKYSELYN VASTAUKSET

LIITE 1/3

Uimahalli nro 7		10448,00 brm ²										
		55665,00 brm ³	Allastilavuus	2490,00 m ³								
Mitatut kulutukset, 2013				Mitatut kulutus								
			Motiva	Lämmin käyttövesi			Altaat			Tilojen lämmitys		
	Käyttövesi, m ³	Kaukolämpö, MWh	30% kok., m ³	Kulutus, m ³ Q, MWh	% / kok.	Q, MWh	% / kok.	Q, MWh	% / kok.	Q, MWh	% / kok.	
Tammi	3591,00	349,00	1077,30	1310,00	76,23	2,90	66,00	2,51	206,77	7,87		
Helmi	3292,00	308,00	987,60	1102,00	64,13	2,44	62,00	2,36	181,87	6,93		
Maalis	3298,00	350,00	989,40	1174,00	68,32	2,60	70,00	2,67	211,68	8,06		
Huhti	3392,00	262,00	1017,60	1240,00	72,16	2,75	66,00	2,51	123,84	4,72		
Touko	2584,00	144,00	775,20	661,00	38,47	1,46	57,00	2,17	48,53	1,85		
Kesä	2257,00	114,00	677,10	522,00	30,38	1,16	53,00	2,02	30,62	1,17		
Heinä	853,00	57,00	255,90	16,00	0,93	0,04	26,00	0,99	30,07	1,15		
Elo	2076,00	101,00	622,80	441,00	25,66	0,98	48,00	1,83	27,34	1,04		
Syys	3096,00	156,00	928,80	875,00	50,92	1,94	50,00	1,90	55,08	2,10		
Loka	3646,00	225,00	1093,80	1216,00	70,76	2,69	48,00	1,83	106,24	4,05		
Marras	3483,00	272,00	1044,90	1259,00	73,27	2,79	55,00	2,09	143,73	5,47		
Joulu	2900,00	288,00	870,00	947,00	55,11	2,10	63,00	2,40	169,89	6,47		
Yhteensä	34468,00	2626,00	10340,40	10763,00	626,35	23,85	664,00	25,29	1335,65	50,86		

Altaat + tilat	1999,65 MWh
Altaat	33,21 %
Tilat	66,79 %
Allastilavuuden suhde hallin kokonaistilavuuteen	4,47 %

Uimahalli nro 8		19000,00 brm ²										
		34000,00 brm ³	Allastilavuus	1115,00 m ³								
Mitatut kulutukset, 2013				Mitatut kulutus								
				Lämmin käyttövesi			Altaat			Tilojen lämmitys		
	Käyttövesi, m ³	Kaukolämpö, MWh		Kulutus, m ³ Q, MWh	% / kok.	Q, MWh	% / kok.	Q, MWh	% / kok.	Q, MWh	% / kok.	
Tammi												
Helmi												
Maalis												
Huhti												
Touko												
Kesä												
Heinä												
Elo												
Syys												
Loka												
Marras												
Joulu												
Yhteensä		2141,70		247,71	11,57	265,20	12,38	1628,79	76,05			

Altaat + tilat	1893,99 MWh
Altaat	14,00 %
Tilat	86,00 %
Allastilavuuden suhde hallin kokonaistilavuuteen	3,28 %