

Ville Lumme

# Nestekiertoisen aurinkolämmitysjärjestelmän suunnittelu, asennus ja huolto-ohjeistus pientaloon

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

22.2.2018

Tekijä Otsikko  Sivumäärä Aika	Ville Lumme Nestekiertoisen aurinkolämmitysjärjestelmän suunnittelu, asennus ja huolto-ohjeistus pientaloon 24 sivua 22.2.2018
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	kiinteistöjohtaminen
Ohjaaja	lehtori Jyrki Viranko
<p>Insinööriyön yksi tavoitteista oli luoda ohjeistus aurinkolämmitysjärjestelmän suunnitteluun, asentamiseen ja asianmukaiseen huoltamiseen omassa pientalo kiinteistössä.</p> <p>Insinööriyössä selvitettiin yleisellä tasolla aurinkoenergian saatavuutta Suomessa ja käytiin pääpiirteittäin läpi aurinkolämmitysjärjestelmän toimintaperiaatetta ja aurinkolämmitysjärjestelmään kuuluvia osia.</p> <p>Työssä selvitettiin myös, mitkä asiat on hyvä ottaa huomioon, kun suunnitellaan aurinkolämmitysjärjestelmää matalaenergiataloon, ja mihin tulee kiinnittää huomiota, jotta asumiskokemuksesta tulee viihtyisiä.</p> <p>Työssä haluttiin tuoda erityisesti esille suunnittelu, asennus ja huolto-ohjeistus, jotta jokaisella halukkaalla olisi mahdollisuus laittaa aurinkolämmitysjärjestelmä omaan asuintaloon tai mökkiin.</p> <p>Aurinkolämmön hyödyntäminen pientaloissa on Suomessa vielä melko huonosti tunnettua. Tulevaisuudessa aurinkolämpöä tullaan todennäköisesti hyödyntämään huomattavasti enemmän Suomessa myös pientaloissa, joten tietoa aurinkolämmitysjärjestelmistä ja niiden toimivuudesta tarvitaan lisää ja lisätutkimuksiin suomen kielellä on suurta tarvetta.</p>	
Avainsanat	aurinkolämpö, aurinkolämmitys, aurinkoenergia, aurinkojärjestelmä

Author Title Number of Pages Date	<p>Ville Lumme          Desing, Installation and Maintenance of Solar Thermal System to Single-family House          24 pages          22 February 2018</p>
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	Property management
Instructor	Jyrki Viranko, Senior Lecturer
<p>The aim of the final year project was to create a document that gives a basic understanding of solar heating system and gives tools to plan, install and service solar heating systems properly at any single-family house.</p> <p>First, basic information about solar energy was collected from several existing projects and by exploring information on specialized web pages.</p> <p>The result was, a simple but informative set of instructions, giving anyone an opportunity to design and build a solar thermal collector to their homes. In addition to this, the thesis gives guidance in maintaining the system.</p> <p>With this thesis, the awareness of solar heating, an ecological heating system, is raised. Hopefully, the understanding of the benefits of the system also motivates people to increase the share of this technology at Finnish single-house properties over time.</p>	
Keywords	solar heating, solar energy, solar panel system

## Alkusanat

Vihdoinkin kahdeksan vuoden uurastus on tullut loppusuoralle ja olen valmistumassa insinööriksi. Opiskelu täyspäivätyön ja omaishoitajuuden ohella on ollut uuvuttava projekti, jossa on monen monituista kertaa käynyt mielessä heittää hanskat nurkkaan.

Näin ei kuitenkaan tapahtunut ja siitä iso kiitos läheisilleni ja erityisesti rakkaalle vaimolleni, joka omasta sairaudestaan huolimatta, jaksoi kannustaa ja motivoida minua kaikki nämä vuodet.

Toivon, että ne asiat, joita olen oppinut näiden vuosien aikana auttavat minua jatkossakin kehittymään työelämässä ja siirtämään opittuja asioita myös toisten hyödyksi.

Haluan kiittää myös opettajia, jotka olivat kärsivällisiä minua kohtaan, kun kaikki ei menytkään sovittujen aikataulujen puitteissa.

Toivotan kaikille opiskelun iloa. Ja kyllä, sinä voit päästä maaliin asti, kun et vain anna periksi.

Espoossa 22.2.2018

Ville Lumme

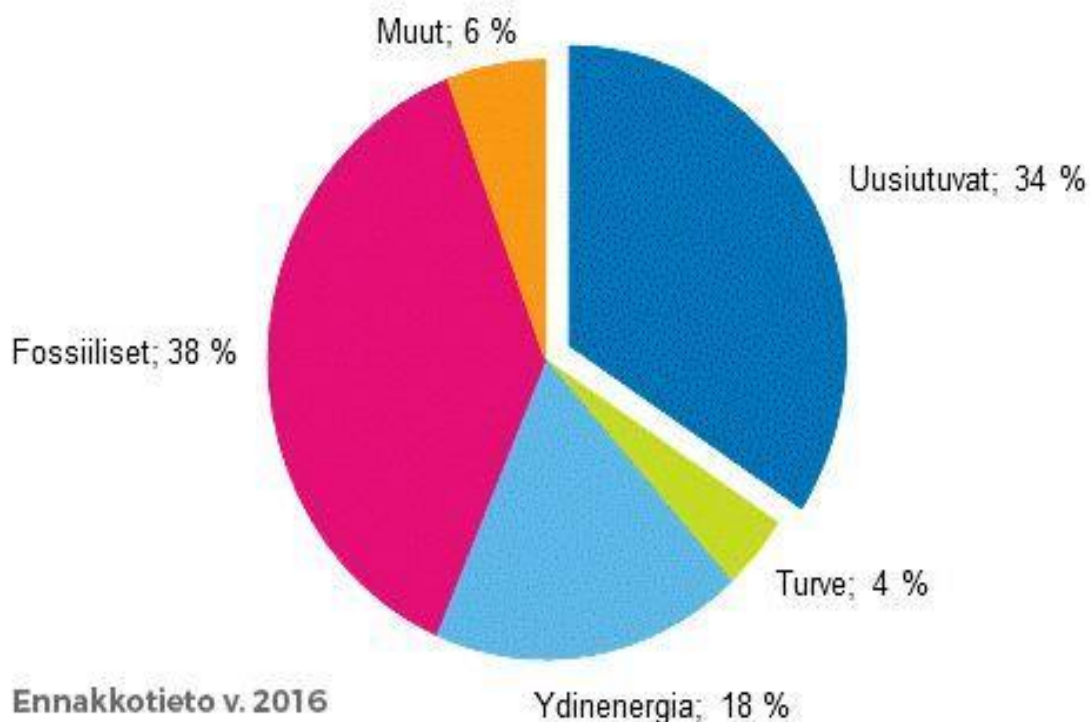
## Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yleistä auringosta	2
2.1	Auringon käyttö matalaenergiataloissa	4
2.2	Asumismukavuutta ja energiasäästöä	5
2.3	Lämpöä ja käyttövettä	6
2.4	Lattialämmöllä huonekohtaista mukavuutta	7
2.5	Ilmanvaihtojärjestelmä	8
2.6	Rakennuksen energiatalouteen vaikuttavat seikat	8
2.7	Auringon käyttö nykyisessä pientalokannassa	9
3	Suunnittelu	10
3.1	Yleistä suunnittelusta	10
3.2	Aurinkolämpöjärjestelmän suunnittelun perusteet ja mitoittaminen	12
3.3	Aurinkolämpökerääjät	12
3.4	Lämmönsiirtoputkisto	14
3.5	Lämmönsiirtoputkiston eristykset	15
3.6	Aurinkolämpöön liittyvä varojärjestelmä	15
3.7	Aurinkolämmityksen latausautomaatiikka	15
3.8	Lämmönsiirtoputkiston mitoitus	16
3.9	Lämmönjako	16
3.10	Lämmin käyttövesi	16
3.11	Käyttö- ja huolto-ohjeiden laadinta	17
4	Asennus	17
4.1	Yleistä	17
4.2	Asentaminen	17
4.3	Verkostojen täytöt	19
4.4	Asennustarkastukset ja painekokeet	20
4.5	Aurinkolämpöjärjestelmän liuosputkiston eristykset ja pinnoitteet	20
4.6	Aurinkolämpöjärjestelmän automaatiikka	20
4.7	Mittaukset ja säädöt	20
4.8	Käyttö- ja huolto-ohjeet sekä käyttökoulutus	21
5	Huolto ja kunnossapito	21
5.1	Huollot ja käytön tarkastukset	21

5.2	Ohjausyksikön virheilmoitukset	21
5.3	Määräaikaishuollot	22
6	Yhteenveto	22
	Lähteet	23

## 1 Johdanto

Uusiutuvat energian käyttö on lisääntynyt viime aikoina runsaasti, ja siksi monet minunkin sukulaisista ovat miettineet, miten voisi saada järkevästi laitettua itselleen aurinkolämmitysjärjestelmän. Kuvassa 1 näkyy, että uusiutuvien energialähteiden osuus energian kokonaiskulutuksesta vuonna 2016 oli 34 %.



Kuva 1. Uusiutuvien energialähteiden osuus energian kokonaiskulutuksesta [3].

Yritettyään löytää puolueetonta materiaalia netistä, jossa käsiteltäisiin tätä asiaa erityisesti siltä kantilta, että olisi halukkuutta itse suunnitella, asentaa ja ylläpitää järjestelmää pientalossa, löytämättä sellaista, sukulaiseni päättivät kääntyä minun puoleeni, koska tiesivät minun opiskelevan alaa, jossa tätä käsiteltäisiin.

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on antaa sukulaisilleni ja myös muille asiasta kiinnostuneille tietoa ja opastusta nestekiertoisen aurinkolämmitysjärjestelmän soveltuvuudesta pientaloon.

## 2 Yleistä auringosta

Aurinkolämpöä on hyödynnetty maapallolla ihmisten toimesta jo vuosituhansien ajan, joten aivan uudesta asiasta ei ole kyse. Aurinkolämmön hyödyntäminen voidaan jakaa passiiviseen ja aktiiviseen hyödyntämiseen. Passiivisella aurinkoenergian hyödyntämisellä tarkoitetaan lähinnä rakennusten sijoittamista maastoon, tontille tai kaavoituksessa tonttisijoittelua siten, että rakennukset voivat hyödyntää passiivista aurinkoenergiaa mahdollisimman hyvin. Kuvassa 2 havainnollistetaan, kuinka maasto ja puusto toimivat tuulensuojana. Lehtipuut ovat parhaita, havupuut suojaavat myös keväällä ja syksyllä. Rakennukset pystyvät kuitenkin hyödyntämään auringonsäteilyä.



Kuva 2. Maasto ja puusto toimivat tuulensuojana [1].

Arkkitehti- ja rakennussuunnittelussa on paljon kehitettävää, jotta passiivista aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää tehokkaammin. Tämä tarkoittaa rakennusten suuntaamista oikein, massoittelemista, ikkunoiden kokoja eri ilmansuuntiin, erilaisia sisälle sijoitettavia, runsaasti massaa sisältäviä kokonaisuuksia kuten takkoja ym.

Lisäksi varsinkin Suomea eteläisimmissä maissa lämpimän käyttöveden säiliöt katoilla ovat oiva esimerkki aurinkoenergian passiivisesta hyödyntämisestä. Tontin puustoa voidaan hyödyntää liiallisen auringonsäteilyn estämiseksi, mutta toisaalta liiallinen puusto taas heikentää aurinkoenergian hyväksikäyttöä niin passiivisessa kuin aktiivisessäkin hyödyntämisessä.



Edellä mainittuun passiivisen aurinkoenergian hyödyntämishajaukseen ei talotekniikka-alalla juurikaan ole mahdollisuuksia kuin ainoastaan yksittäistapauksissa. Toki tietouden lisääminen vaikuttaa passiivisen aurinkoenergian hyödyntämiseen nykyistä paremmin. Aurinkoenergian aktiivinen hyödyntäminen sitä vastoin on talotekniikka-alan ominta, joskin vielä vähällä hyödyntämisellä olevaa toiminta-aluetta. Tämä aktiivinen aurinkoenergian hyödyntäminen tarkoittaa aurinkolämmön talteenottojärjestelmää, jossa aurinkolämpökerääjien avulla tuotetaan osa rakennusten tarvitsemasta energiasta joko lämpö- tai sähköenergiamuodossa.

Nyt paneudumme aktiiviseen, nestekiertoiseen aurinkoenergian hyödyntämiseen. Aurin-  
gon säteilytaso on eteläisessä Suomessa vuodessa noin 1 150 kWh/m<sup>2</sup>, josta voidaan saada talteen noin 30 % uusimmilla aurinkolämpöjärjestelmillä. Kuvassa 3 on esitetty keskimääräiset kuukausittaiset säteilymäärät 45 asteen kulmassa etelään päin.



Kuva 3. Vuosittaiset säteilymäärät eri kaupungeissa [2].

Ekologisuutta kuvastaa hyvin se aurinko-lämmitysjärjestelmän ominaisuus, että aurin-  
gosta saatava lämpö yritetään hyödyntää mahdollisimman tehokkaasti, jolloin rinnalla olevaa lämmitysmuotoa käytetään vain silloin, kun auringosta saatava lämpö ei riitä ja tarve lämmitykseen on olemassa. Nestekiertoisen aurinkolämpöjärjestelmän pääkomponentit ovat aurinkolämpökerääjät, liuosputkisto latauspumppuineen, varaaja ja latausjärjestelmä, ohjauskeskus automaattikoineen sekä varojärjestelmä.

Soveltuva rakennuskanta on hyvin monimuotoinen niin uudiskohteiden kuin perusparannuskohteidenkin osalta. Rakennusten tulisi olla kuitenkin harjakattoisia ja perusparannuskohteissa varustettu vesikeskuslämmityksellä. Tasakattoisessa rakennuksessa tarvitaan usein erillinen asennusteline aurinkolämpökerääjiä varten.

Matalaenergiatalot, jotka on varustettu vesikiertoisella lattialämmitysjärjestelmällä, soveltuvat parhaiten auringosta saatavan energian hyödyntämiseen. Samoin runsas lämpimän käyttöveden kulutus lisää aktiivisen aurinkolämpöjärjestelmän hyödynnettävyyttä ja taloudellisuutta.

Aktiivisella aurinkoenergian hyödyntämisellä voidaan vuositasolla säästää pientalokohdeissa 5–15 % lämmitysenergiakuluissa. Lämmöntuotto hoidetaan pääosin jollakin muulla energian lähteellä kuin aurinkoenergialla ja auringosta saatava lisäenergia hyödynnetään kevät-, kesä- ja syksyaikoina pääosin lämpimän käyttöveden valmistuksessa, esivalmistuksessa ja osittain lämmityksessä. [5]

On kuitenkin huomattava, että rakennusten lämmöntarve ei muutu, ellei rinnan aurinkolämpöjärjestelmään siirtymisen kanssa toteuteta lisälämmöneristämistä, tiivistämistä, ikkuna- ja ulko-oviuusimisia, ilmanvaihdon lämmöntalteenoton asentamista ym. toimenpiteitä.

Talotekniikka-alan aurinkolämmityksen kehittämisen suuntaamaa panostusta on voimakkaasti lisätty, mikä on tuonut markkinoille pitkälle kehitettyjä, suunnittelu- ja asennusystävällisiä aurinkolämmityspaketteja.

## 2.1 Auringon käyttö matalaenergiataloissa

Matalaenergiatalonimitystä käytettiin aiemmin silloin kun rakennuksen lämmitysenergiankulutus oli vähintään 50 % pienempi kuin Suomen rakentamismääräysten vähimmäisvaatimusten mukaan toteutetun, normaalin rakennuksen lämmitysenergiankulutus. Vuonna 2010 rakentamismääräykset uudistuivat osittain. Esimerkiksi lämmöneristysvaatimukset tiukentuivat merkittävästi.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 Rakennusten energiatehokkuus – Määräykset ja ohjeet 2010 mukaan suunnitellussa matalaenergiarakennuksessa laskennallisen lämpöhäviön tulee olla enintään 85 prosenttia rakennuksen vertailulämpöhäviöstä [7].

Matalaenergiatalon taloenergiatehokkuus ja ekologisuus on huomioitu ulkovaipan lisäksi myös lämmitysmuodon valinnassa. Sisätilat ja käyttövesi lämpiävät aurinkoenergian ja jonkun muun energianlähteen yhteistyöllä. Asukkaat pääsevät nauttimaan alhaisista käyttökustannuksista ja lukuisista asumismukavuutta lisäävistä teknisistä ratkaisuista.

Kahden lämmönlähteen rinnakkaiskäytön lisäksi voidaan omakotitalo varustaa monitoimisella ilmanvaihtojärjestelmällä, huonekohtaisilla lämmönsäästöjärjestelmillä, kosteusantureilla ja teknisiä laitteita ohjaavalla älykkäällä säätöautomatiikalla. Tällainen talo on aikansa edelläkävijä, ja siinä toteutuu tulevaisuuden, energiaa säästävä asuminen parhaimmillaan asumismukavuudesta tinkimättä.

## 2.2 Asumismukavuutta ja energiasäästöä

Kun matalaenergiataloa aletaan suunnitella, tavoitteena on rakentaa kohtuullisin kustannuksin talo, jonka käyttökustannukset olisivat pienet ja asumismukavuus korkea. Ehdoton vaatimus on, että talossa sisälämpötilan tulee olla miellyttävä ja vakaa, olivatpa sääolosuhteet ulkona millaiset tahansa. Toinen ehdoton toive liittyy lämpimään käyttöveeseen. Sitä pitää olla aina helposti saatavilla suurempaankin tarpeeseen.

Lämmittämiseen tarvittava energiamäärä riippuu hyvinkin monesta seikasta, esimerkiksi rakennuksen koosta, talon rakenteista, ikkunoiden määrästä ja laadusta, rakennuksen sijoituksesta sekä tietenkin asukkaiden käyttötottumuksista. Suurin osa lämmityslaitteiden tuottamasta energiasta kuluu huonetilojen, ilmanvaihdon ulkoilman ja noin kolmasosa käyttöveden lämmittämiseen.

Aurinkoenergian yksi eduista on sen edullisuus. Saatua aurinkoenergiaa on melkein ilmaista, eikä se aiheuta kuormaa ympäristölle. Laitteistojen hankintahinnatkin on saatua alemmaksi onnistuneen tuotekehitystyön johdosta [11].

Auringosta saadaan nykyään kerättyä iso osa vuoden aikana tarvittavasta lämpimän käyttöveden energiasta erittäin edullisesti, ja muun energian lähteen tehtävänä on täydentää tarvittaessa energiavajetta. Kokonaisvaltaiseen muun energian lähteen käyttöön tarvitsee turvautua vain pimeimpien talvikuukausien aikana. Aktiivisen, eli aurinkolämpökerääjillä tapahtuvan, lämmityksen lisäksi rakentamisessa otetaan huomioon passiivinen aurinkolämmitys eli lämmön varastoituminen rakenteisiin.

### 2.3 Lämpöä ja käyttövettä

Lämmöntuottolaitteiston ainut tehtävä on tuottaa lämpöä rakennuksen ja ilmanvaihdon ulkoilman lämmittämiseen ja asunnossa tarvittavan lämpimän käyttöveden valmistamiseen. Aurinkoenergia on jonkun muun energialähteen sopiva kumppani, koska molempien tuottama energia saadaan käytettyä erittäin tehokkaasti hyväksi. Aurinkoa käytetään ensisijaisena energiantuottolähteenä ja muuta energiaa hyödynnetään silloin, kun auringosta saatava energia ei riitä talon lämmitystoimintojen ylläpitoon.

Talossa lämmön jakaminen tapahtuu mieluiten lattiassa olevien vesikiertoputkien välityksellä, koska lämmön välittäjäaineena toimii neste. Näin lämpö aistitaan miellyttävänä ja se saadaan levitettyä tasaisesti lämmitettävään tilaan.

Aurinkoenergiajärjestelmä muodostuu katolle kiinnitetyistä aurinkolämpökerääjistä, ohjauksyksiköistä ja varaajasta. Aurinkolämpökerääjät (10–13 m<sup>2</sup>) sijoitetaan katon eteläpuoleiselle lappeelle niin, että aurinko pääsee paistamaan niihin mahdollisimman esteettömästi. Aurinkolämpökerääjien sijoituksessa kaltevuuskulmilla ei ole oleellista merkitystä auringosta saatavan energian keräämisessä. Aurinkoenergian keräysjärjestelmän toimintaa hoitaa pumppu ja ohjauksyksikkö.

Tummissa aurinkolämpökerääjissä kiertää veden ja jäätymistä estävän liuoksen sekoitus ja aurinkolämpökerääjiin tuleva lämpöenergia saadaan liuoksen avulla siirrettyä vesivaraajaan. Vesivaraajan aktiivisen osan maksimilämpötila on 90 astetta, ja sen lämmitys tapahtuu aurinkoenergialla. Putkistoon johdettavan lämpimän käyttöveden lämpötilan pitää olla hygieniasyistä vähintään 55–astetta [12].

Jos aurinko ei riitä lämmittämään käyttövettä riittävän lämpimäksi, aurinkoenergiaa hyödynnetään silloin veden esilämmitykseen ja lämmitysjärjestelmän ylläpitoon. Varsinainen

veden kuumennus putkistoon johdettavaan 55–asteiseen veteen tapahtuu silloin muulla energialla.

Keräinpiirissä oleva pumppu käynnistyy, kun aurinkopaneelien lämpötila nousee riittävästi vesivaraajan lämpötilaa korkeammaksi ja pysähtyy vastaavasti silloin, kun lämpötila varaajassa on riittävä. Tämä kaikki hoituu automaattisesti toimintaa ohjaavien antureiden avulla, jotka on liitetty järjestelmään.

Vastoin yleistä käsitystä energiaa saadaan kerättyä myös pilvisellä säällä, sillä aurinkolämpökerääjät vastaanottavat myös auringosta tulevaa hajasäteilyä [11]. Aurinkoisella säällä aurinkolämpökerääjien lämpötila saattaa kohota jopa pariin sataan asteeseen. Rakennuksissa aurinkolämpökerääjien osuus lämmityksestä lasketaan ja toteutetaan niin, että aurinko kattaa 15–40 prosenttia talon lämmitykseen ja käyttöveden valmistukseen tarvittavasta energiasta. Loput tuotetaan muulla energialla. [5]

#### 2.4 Lattialämmöllä huonekohtaista mukavuutta

Kun rakennus on energiapihi, lämmitysjärjestelmän yhdeksi keskeiseksi seikaksi nousee lämmönjakotapa. Sen tulee olla matalaan lämpötilaan soveltuva, jolloin lämpöhäviöt lämpöä siirrettäessä ovat mahdollisimman pienet. Hyvä tapa jakaa energiaa huoneisiin on vesikiertoinen lattialämmitys. Veden virtaama ja sen myötä haluttu lämpötila on säädettävissä huonekohtaisesti.

Huonekohtainen lämpötilan säätö takaa sen, että kaikkiin huoneisiin voidaan säätää haluttu lämpötila. Esimerkiksi pesutiloissa ja kodinhoitohuoneessa voidaan tarpeen niin vaatiessa lämpötila säätää muutamaa astetta muiden huoneiden lämpötilaa korkeammaksi, ja makuuhuoneissa vastaavasti pitää lämpötila säätää hieman alhaisemmaksi.

Tilakohtaiset termostaatit ja älykäs ilmanvaihtojärjestelmä ohjaavat automaattisesti lämpötiloja tarpeen mukaisiksi. Kesällä, kun lattialämmitystä antureiden mittaustuloksen mukaisesti ei tarvita, on märkätilojen lattioissa kuitenkin mukavuuslämpö. Mukavuuslämpöä pidetään yllä koko lämpimän vuodenajan, riippumatta ulkoilman lämpötilasta.

Uudiskohteeseen on syytä asentaa vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä, jolloin lattialämmitysputkea taloon asennetaan satoja metrejä. Lattialämmön tasaisuus koko huoneessa

ratkaistaan sillä, että esimerkiksi suurten ikkunoiden edessä lämmitysputkea asennetaan tiheämmin kuin muualla huoneessa. Kylmimmillään talviaikana vesikiertoon johdetaan noin 40–asteista vettä, kesäaikana kiertoveden lämpötilaksi riittää 25 astetta. [13]

## 2.5 Ilmanvaihtojärjestelmä

Tiiviin ja energiataloudellisen matalaenergiatalon asumismukavuus edellyttää toimivaa ilmanvaihtoa vuoden- ja vuorokaudenajasta riippumatta. Ilmanvaihtokanavisto voi olla muovi- tai peltikanavaa.

Muovi on osoittautunut hygieeniseksi, tiiviiksi, ja siitä ei irtoa hiukkasia tai epäpuhtauksia huoneilmaan [8], mikä omalta osaltaan parantaa sisäilman laatua. Ilmanvaihdon tehoa tulee voida muuttaa käyttötarpeen mukaan. Lisää tehoa tarvitaan esimerkiksi silloin, kun asunnossa on tilapäisesti suuri joukko ihmisiä tai kun saunotaan. Minimiteho riittää mainiosti silloin, kun asunto on tyhjiällä.

Tulo-/poistoilmakoje tulee varustaa suodattimilla ja lämmön talteenotolla. Laitteissa olevien hienosuodattimien tehtävänä on suodattaa sisään otettavasta ulkoilmasta esimerkiksi siitepöly ja muut epäpuhtaudet. Ilmanjako ja ilmamäärä suunnitellaan niin, että huoneilma vaihtuu uudeksi ja raikkaaksi vähintään joka toinen tunti.

Koneellisesti sisäilmasta saadaan vähennettyä minimiin hiilidioksidi sekä muut asumisesta ja elämisestä ilmaan tulevat epäpuhtaudet. Ilmanvaihto minimoi myös rakenteisiin kertyneen kosteuden. [10]

Ilmanvaihtokoneessa on lämmön talteenotto, joka kerää noin 50 prosenttia lämpöenergiaa talteen. Tätä hyötylämpöä käytetään raitisilman esilämmitykseen. Raitisilma lämmitetään lähelle asunnon sisälämpötilaa. Näin saadaan aikaiseksi vedoton ilmanvaihto ja raikas ilmanvaihto ulkolämpötilasta huolimatta.

## 2.6 Rakennuksen energiatalouteen vaikuttavat seikat

Rakennuksen energiatalouteen pienentävästi vaikuttavat ainakin seuraavat seikat:

- lämpöä eristävät rakenteet ja ulkovaippa eli seinät, lattia, katto, ovet ja ikkunat
- rinnakkaislämmityksen hyödyntäminen, esimerkiksi maalämpö ja aurinko

- ilmaisenergiat kuten aurinkoa hyödyntävä lämmitysjärjestelmä
- lämmön talteenotolla varustettu ilmanvaihto, jonka tehoa voidaan säätää
- energiataloudelliset vesikalusteet ja käyttöveden paineen säätö
- tukilämmitysmuodot eli varaavat tulisijat
- asukkaiden käyttötottumusten muutokset.

## 2.7 Auringon käyttö nykyisessä pientalokannassa

Aurinkoa voidaan jo hyvin hyödyntää myös vanhassa öljylämmitteisessä ja vesikeskuslämmityksellä lämpöpattereita varustetussa harjakattoisessa omakotitalossa. Aurinkolämmityksen lisäys edellä kuvattuun omakotitaloon käy päinsä hyvin perusparannuksen yhteydessä, jolloin vesikeskuslämmitys tarvittavilta osin uusitaan ja aurinkolämmön talteenottojärjestelmä liitetään osaksi rakennuksen lämmitystä. Vaikka talossa toimii rinnakkain kaksi lämmitysjärjestelmää, ei teknisen tilan tarvitse olla tavanomaista suurempi. Kuvassa 4 näkyy öljykattila, paisuntasäiliö ja valkoinen aurinkolämpöjärjestelmän lämmönsiirryksikkö.



Kuva 4. Aurinko-Öljy -järjestelmä teknisessä tilassa [6].

### 3 Suunnittelu

#### 3.1 Yleistä suunnittelusta

Lämmitysjärjestelmän suunnittelun lähtökohdat ovat aurinko-/öljylämmitysjärjestelmissä aivan samat kuin kaikissa” muissakin nestekiertoisissa järjestelmissä”.

Pitkälle teollisesti esivalmistettuja aurinkolämpötuotteita käytettäessä tulee pientalon LVI-suunnittelu aloittaa kuitenkin sijoittamalla komponentit tekniseen tilaan pohjapiirustuksessa.

LVI-suunnittelija jatkaa komponenttien tekniseen tilaan sijoittamisen jälkeen rakennuksen huonekohtaisella tehontarvelaskennalla niin johtumisten, vuotoilmanvaihdon ja ilmanvaihdonkin osalta.

Ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmän käyttö on lähes aina perusteltua, ja tapauskohtaisesti suunnittelijan tulee harkita ulkoilman esilämmittämistä.

Samoin lämpimän käyttöveden valmistuksen tarvitsema tehontarve tulee laskea mukaan kokonaistehontarpeen selvittämiseksi.

Varalämpöjärjestelmän tarpeellisuus (sähkövastukset) tulee tapauskohtaisesti selvittää.

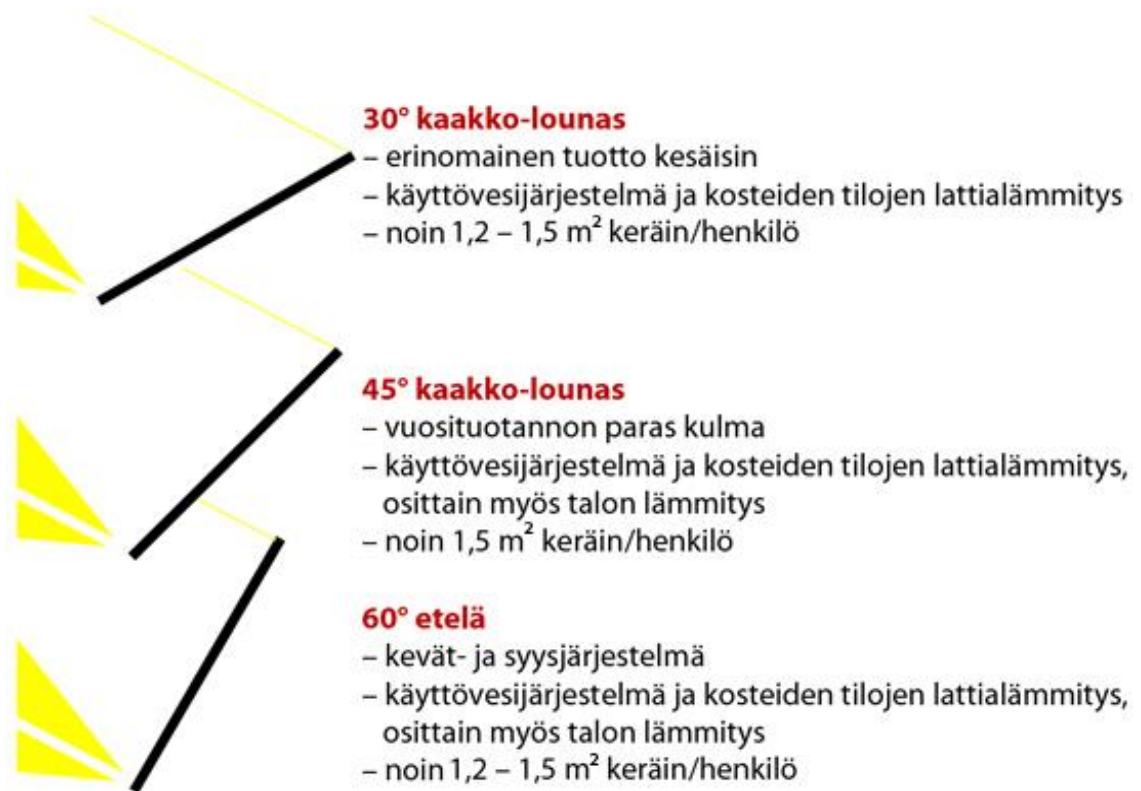
Lämmönjakotapana vesikiertoinen lattialämmitysjärjestelmä on erinomainen vaihtoehto aurinkolämmityksen käytön kanssa. Tällöin voidaan käyttää nimitystä matalaenergiatalo varsinkin, jos rakenteelliset ratkaisut (matalat U-arvot) ko. seikkaa vielä tukevat.

Nestekiertoiset aurinkolämpökerääjät ovat tyypiltään tasokerääjiä, ja ne voivat olla vesikatteeseen integroituja tai niistä erillisiä aurinkolämpökerääjiä.

Aurinkolämpökerääjien (= harjakaton) suunta tulisi olla sektorissa kaakko-etelälounasilmansuuntiin. Jos halutaan maksimoida koko vuoden tuottoa, paras kallistuskulma Suomen leveysasteilla on noin 45 astetta. Etelässä tämä kulma on vähän pienempi ja pohjoisessa vähän suurempi. Nyrkkisääntönä voidaan pitää, että 15 asteen poikkeama optimikulmasta vähentää vuosituotantoa noin 5 prosenttia. Mikäli halutaan maksimoida



tuottoa kesällä, valitaan loivempi kulma [4]. Kuvassa 5 havainnollistetaan aurinkokeräinten kallistuskulman vaikutusta energian tuotantoon.



Kuva 5. Aurinkokeräimen kallistuksen vaikutus tuotantoon Suomessa [4].

Aurinkolämpöjärjestelmä soveltuu erinomaisesti harjakattoiseen uudispientaloon, jossa tilaratkaisut, rakenteet ja talotekniikka ovat vielä suunnitteluvaiheessa.

Jos omakotitalon suunnittelussa voidaan vielä soveltaa matalaenergiataloissa toteutettuja ratkaisuja, voidaan tavoitteeksi asettaa varsin mittava energiakustannuksen säästö, jopa 40 %.

Harjakattoisessa omakotitalon perusparannuskohteessa tulee aurinkolämpöjärjestelmään siirron yleensä tapahtua kattoremontin yhteydessä tai käyttää integroimatonta järjestelmää. Tällöin muun talotekniikan tulisi olla melko hyvässä kunnossa, tai se peruskorjataan aurinkolämpöjärjestelmään siirtymisen yhteydessä. Suomessa on perusparannustarpeessa ainakin 100 000 vesikeskuslämmityksellä varustettua pientaloa.

### 3.2 Aurinkolämpöjärjestelmän suunnittelun perusteet ja mitoittaminen

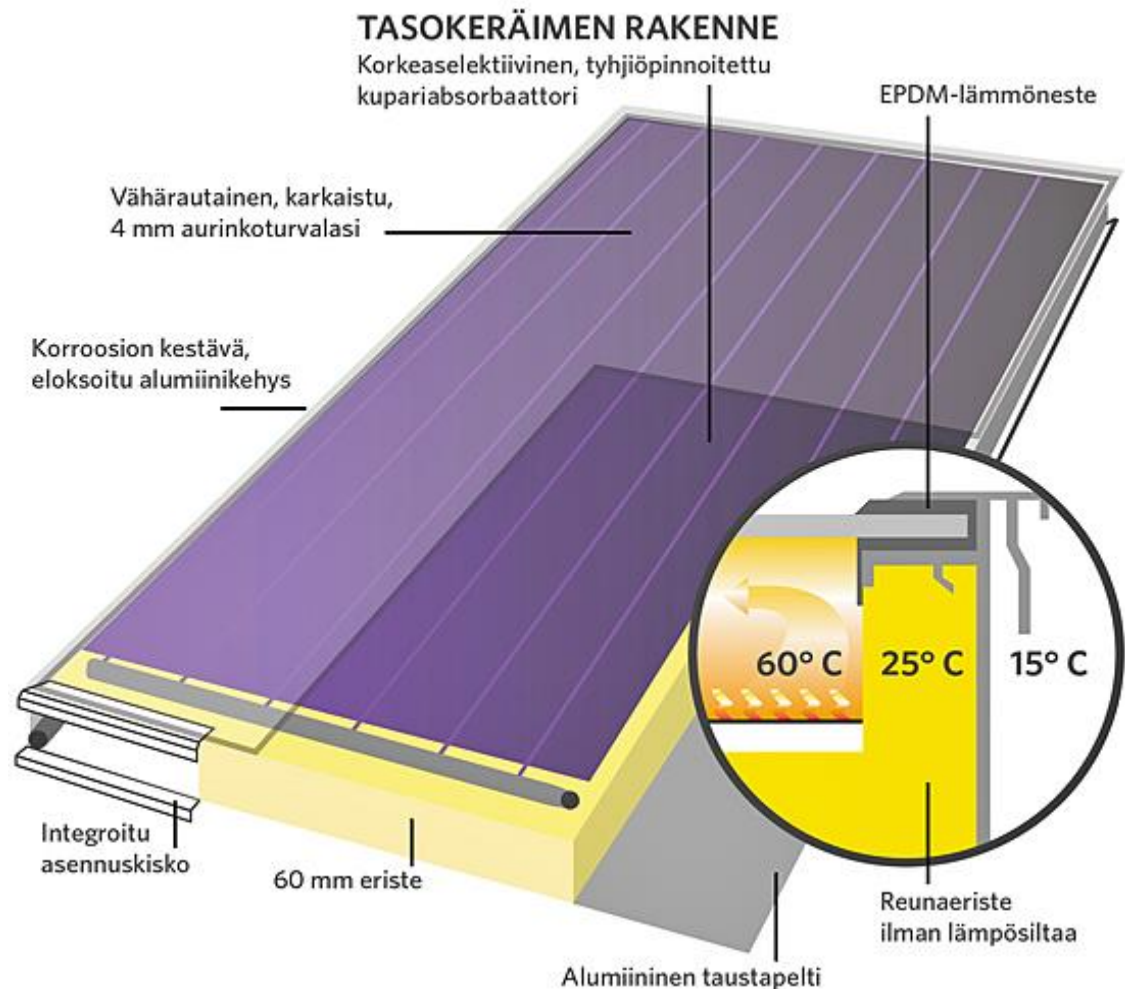
Aurinkolämpöjärjestelmän suunnittelun pohjana ovat lasketut kokonaistehotarpeet (myös huonekohtaiset tehontarpeet). Pientalokokoluokkaan on kehitetty pitkälle esivalmistetut tuotekokonaisuudet, jotka helpottavat huomattavasti myös aurinkolämpösuunnitelman laatimista.

Jatkossa suunnittelun kulkua kuvataan nimenomaan uudisrakennusten osalta, mutta suunnittelujärjestelmä on hyvin käyttökelpoinen myös perusparannuskohteisiin. Laite- ja putkistosijoittelu sekä putkikytkennät olemassa oleviin verkostoihin ovat niissä enemmän tapauskohtaisia ja vaativat siten huolellista kartoittamista kohteissa.

### 3.3 Aurinkolämpökerääjät

Aurinkolämpökerääjät ovat nestekiertoisissa järjestelmissä tasokerääjiä, jotka voivat olla vesikatteeseen integroituja tai vesikatteen päälle asennettavia, (integroimattomia) aurinkolämpökerääjiä.

Tasokeräimissä säteilyä kerätään tumman keräinelementin avulla. Tasokeräimissä lähes koko keräimen pinta ottaa säteilyä vastaan. Elementin tumma pinta absorboi eli imee siihen lankeavasta säteilystä suurimman osan ja kuumenee. Elementti on yleensä metallirakenteinen, mutta myös lämpöä kestäviä muoveja käytetään varsinkin kattamattomissa keräimissä. Kuvassa 6 näkyy läpileikkaus tasokeräimen rakenteesta.



Kuva 6. Tasokeräimen rakenne [9].

Aurinkolämpökerääjät tulee sijoittaa rakennuksen harjakatolle yläosastaan lähelle harjapeltiä, -tiiltä tai vastaavaa. Katon ilmansuuntina käytetään kaakkoa, etelää tai lounasta. Aurinkolämpökerääjät sijoitetaan yleensä samalle katonlapeelle. Kuvassa 7 esitetään asennusvaihtoehtoja aurinkokeräimille erimallisissa rakennuksissa.

### KERÄINTEN JA PANEELIEN ASENNUSVAIHTOEHTOJA



Kuva 7. Aurinkokeräinten asennusvaihtoehtoja rakennuksissa [4].

LVI-suunnittelijan tulee tehdä valinta eri aurinkolämpökerääjätyypeistä siten, että niillä saavutetaan riittävä aurinkolämmön kokonaisteho.

Pääosa aurinkolämpöjärjestelmien mainos-, markkinointi- ja teknisistä materiaaleista ei mainitse tehotietoja, vaan ainoastaan saavutettavat energiamäärät vuositasolla tai kuu-kaudessa ja aurinkolämpökerääjäneliöitä kohden.

LVI-suunnittelijalla tulee olla kuitenkin riittävä vertailuaineisto suunnittelun pohjaksi, koska aurinkolämpöjärjestelmien lisääntymisen seurauksena alalle on todennäköisesti tulossa lisää komponenttivalmistajia ja -toimittajia.

Aurinkolämpökerääjissä kiertää nesteseos, jossa on vettä ja jäätymisenestonestettä. Lämmönsiirtonesteen osuus nesteseoksesta on noin 50 % [5].

Aurinkolämpökerääjien sisällä on absorbaattori, jossa lämmönsiirtonesteenä kiertää veden ja propyleeniglykolin seos. Auringon lämmittämä neste johdetaan varaajaan. Järjestelmän toimintaa säätelee pumppu- ja ohjausyksikkö. Ohjausyksikkö vertaa lämpötilaeroja varaajassa ja katolla olevissa aurinkolämpökerääjissä ja kytkee pumpun päälle kierrättämään nestettä. [5]

### 3.4 Lämmönsiirtoputkisto

Aurinkolämpökerääjien ja varaajan välinen lämmönsiirtoputkisto tehdään pientalokoh-teissa  $\varnothing 18\text{--}22$  mm:n kupariputkesta [5], jolloin painehäviöt runkoputkistossa ovat mahdollisimman vähäiset ja aurinkolämpökerääjien kytkennät tehdään jakotukki-tyyppisenä ratkaisuna.

Lämmönsiirtoputkiston suunnittelussa on huomioitava nesteseoksen voimakkaat lämpö-tilanvaihtelut (lämpötila-alue voi olla jopa  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}\dots+120\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), joista aiheutuu putkistolle huomattavaa lämpölaajenemaa ja -kutistumaa riippuen vuodenajasta. Kiintopisteiden sijainti tulee näyttää suunnitelmissa.

Lämmönsiirtoputkena käytettävä kupariputki tulisi asentaa näkymättömiin jääviin tiloihin pehmeäksi hehkutetusta kupariputkesta (kieppitavara), jolloin liitosten tarve on mahdollisimman vähäinen eikä tulitöitä tarvitse tehdä palovaarallisissa tiloissa kuten ullakolla.

Jakotukit voidaan tehdä kovajuottamalla tai puristusliitoksilla. Puristusliitosten etu verrattuna juottamiseen on se, että silloin jakotukki voidaan tehdä paikan päällä aiheuttamatta palovaaraa. Puristusliitosten tiivisteiden tulee olla glykolin kestäviä.

Harjan alla olevaan kuumaan jakotukkiin asennetaan ilmanpoistoputki varustettuna pallosuihkuventtiilillä ja samaan jakotukkiin asennetaan lämpötilatasku ja -anturi.

### 3.5 Lämmönsiirtoputkiston eristykset

Lämmönsiirtoputkien eristeinä käytetään joko mineraalivillakourua tai tarkoitukseen soveltuvaa solumuovieristystä, jotka käyttökestävyydeltään täyttävät tarvittavan lämpötila-alueen. Putken maksimilämpötila voi nousta hieman yli +150 °C:n. Vuori- tai lasivillaeristeen paksuuden tulee olla vähintään 50 mm.

Solumuovieristeen (esim. HT Armaflex, lämpötilan kestävyys +170 °C) paksuuden tulee olla vähintään 20 mm. Eristettyä putkea ei tarvitse pinnoittaa tiloissa, jotka eivät ole näkyvillä. Kattilahuoneessa pinnoitteena on paloluokiteltu PVC-pinnoite muoviniittikiinnityksiin.

### 3.6 Aurinkolämpöön liittyvä varojärjestelmä

Paisunta- ja varojärjestelmät putkistoineen pitää asentaa ja muistaa myös kiehunputken asennus täyttöastialle siten, että kiehuva neste ei höyry ei aiheuta vahinkoa henkilöille tai laitteille.

### 3.7 Aurinkolämmityksen latausautomaatiikka

Aurinkolämmön talteenottojärjestelmä käynnistyy ja pysähtyy aurinkolämpökerääjien kuumassa jakotukissa olevan lämpötila-anturin ja varaajassa olevan toisen lämpötila-anturin lämpötilaeron perusteella.

Aurinkolämpöjärjestelmä kytkeytyy toimimaan, kun keräimien lämpötila on korkeampi kuin varaajan lämpötila, ja sammuttaa pumpun, kun varaajan lämpötila on lähellä keräimien lämpötilaa.

### 3.8 Lämmönsiirtoputkiston mitoitus

Aurinkolämpökerääjien putkikytkennät tulee toteuttaa siten, että kiertopiirit aurinkolämpökerääjien välillä ovat painehäviöltään mahdollisimman lähellä toisiaan. Tämän asian tärkeys tulee huomioida suunnittelussa, koska nestevirtojen säätömahdollisuutta eri aurinkolämpökerääjien välillä ei ole.

Perussääntönä on meno- ja paluupuolen runkoputkissa jakotukkiperiaate, jolloin runkoputkilla tulee olla kohtalaisen pienet virtauksen painehäviöt ja aurinkolämpökerääjissä sitä vastoin suuret virtausnopeudet, turbulenttiset virtaukset ja siten suuret painehäviöt.

Putkikytkennät voivat olla siten sarja-, rinnan- tai niiden yhdistelmäkytkentöjä. Omakotitalojen aurinkolämmön lämmönsiirtoputken koko on  $\varnothing 18\text{--}22$  mm kupariputki [5].

### 3.9 Lämmönjako

Omakotitalon lämmönjakotapana suositellaan matalalämpöjärjestelmää, esim. vesikiertoista lattialämmitysjärjestelmää, jossa menoveden lämpötilat ovat hyvin pienet. Lattialämmitysjärjestelmä tulee pääsääntöisesti jakaa kahteen eri verkostoon, nimittäin märkätiloja (myös muut laattalattialla varustetut tilat) palvelemaan verkostoon, joka kesäaikaan on käytössä mukavuuslattialämmityksenä ja talvella varsinaisena lämmitysjärjestelmänä.

Muu talon lattialämmitysjärjestelmä ei ole käytössä kesäisin, vaan ainoastaan kevät-, syksy- ja talvikausina. Kesäaikaan mukavuuslattialämmityksen menoveden lämpötila on jopa alle  $+25$  °C, mikä takaa aurinkolämmön hyvän käytettävyyden kevät- kesä- ja syksy- ja talvikausina. Lattialämmityksen meno- ja paluuvesien maksimilämpötilat ovat talvisin  $+40/+30$  °C.

### 3.10 Lämmin käyttövesi

Omakotitalossa asuvan perheen henkilömäärä, lasten ikä ja käyttötottumukset vaikuttavat oleellisesti käyttöveden kulutukseen ja siten lämpimän käyttöveden lämmittämisen

tarpeeseen. Aurinkolämpöjärjestelmää voidaan parhaiten hyödyntää lämpimän käyttöveden valmistuksessa, koska sen lämmityksen tarve on lähes sama kesällä ja talvella.

Kylmän käyttöveden lämpötila on mitoituksessa +10 °C ja lämmin käyttövesi tulee lämmittää vähintään +55 °C:seen [12]. Myös vähemmän aurinkolämpöä saatavina kuukausina ns. ilmaisenergiaa voidaan käyttää lämpimän käyttöveden esilämmittämiseen.

### 3.11 Käyttö- ja huolto-ohjeiden laadinta

LVI-suunnittelija tarkastaa asennusliikkeen ja järjestelmätoimittajan laatimat käyttö- ja huolto-ohjeet sekä tarkistaa, että tarvittava käyttökoulutus on annettu. Pääosan aineistosta toimittaa järjestelmätoimittaja.

## 4 Asennus

### 4.1 Yleistä

Aurinkolämpöjärjestelmän asennuksessa tulisi käyttää koulutettuja asentajia, joilla on jo kokemusta vastaavien järjestelmien asentamisesta. On kuitenkin huomattava, että järjestelmäasennuksissa ei ole suuria poikkeamia perinteisempiin LVI-alan asennustehtäviin. Joitakin yksityiskohtia on asentajien syytä huomioida, ja ne on esitetty järjestelmävalmistajan asennusohjeissa.

### 4.2 Asentaminen

Ennen asennustöiden aloittamista on tärkeää selvittää suunnitelmien ja rakennuskohteen tilojen, vesikatteen ja rakenteiden yhteensopivuus, koska varsinkin pientalokohteissa voi muutoksia olla varsin runsaasti suunnittelutilanteeseen verrattuna.

Uudiskohteessa vesikattoon integroidut aurinkolämpökerääjät asentaa kattourakoitsija. Sitä vastoin katon päälle asennettavat aurinkolämpökerääjät asentaa LVI-asennusliike.

Aurinkolämpöjärjestelmän kaikki pääkomponentit voidaan kuljettaa omakotitalojen normaaleista oviaukoista tekniseen tilaan.

Asentajien tulee varmistaa, että teknisen tilan lattia- ja seinäpinnat on viimeistelty valmiiksi ennen kuin tekniseen tilaan sijoitetaan aurinkolämpökomponentteja.

Aurinkolämpökerääjien ja varaajan välinen lämmönsiirtoputkisto tehdään pientalokoh-teissa  $\varnothing 18\text{--}22$  mm:n kupariputkesta [5], jolloin painehäviöt runkoputkistossa ovat mahdollisimman vähäiset ja aurinkolämpökerääjien kytkennät tehdään jakotukki-tyyppisenä ratkaisuna.

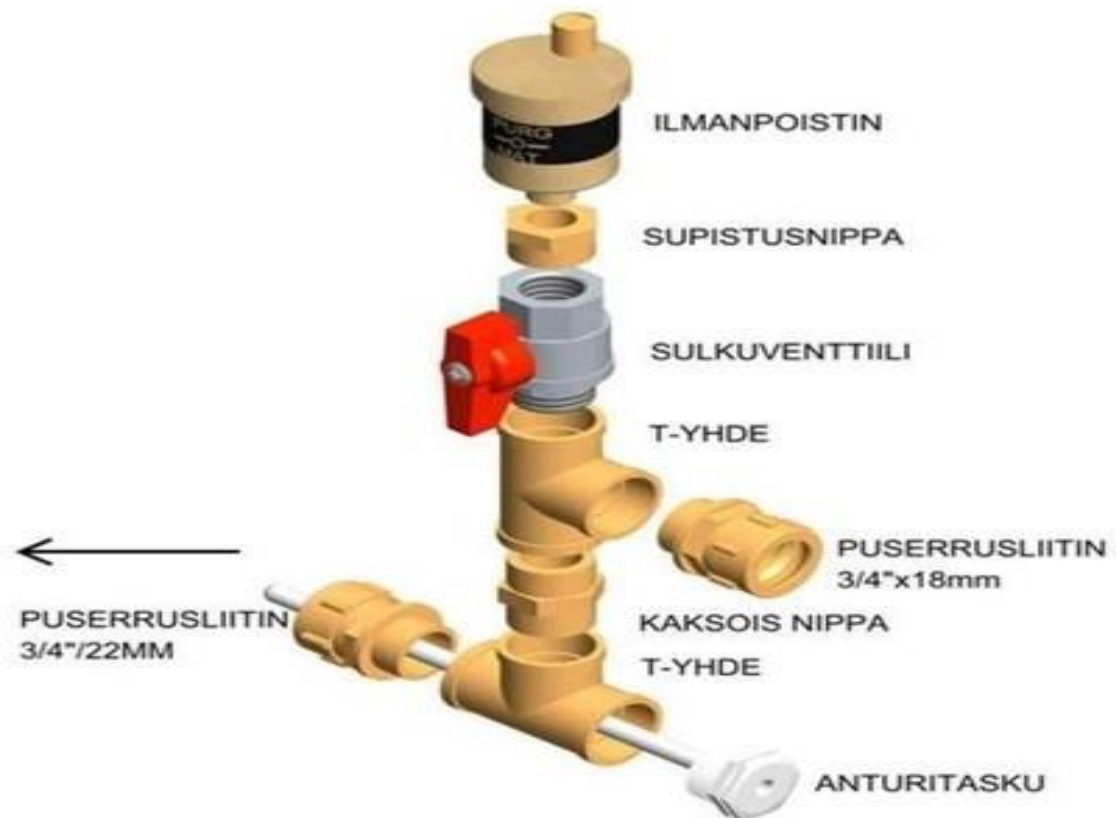
Lämmönsiirtoputkiston asennuksessa on huomioitava nesteseoksen voimakkaat lämpötilanvaihtelut (lämpötila-alue voi olla jopa  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  ...  $+150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), josta aiheutuu putkistolle huomattavaa lämpölaajenemaa ja -kutistumaa riippuen vuodenajasta.

Kiintopisteiden sijainti on esitetty suunnitelmissa.

Lämmönsiirtoputkena käytettävä kupariputki tulisi asentaa näkymättömiin jääviin tiloihin pehmeäksi hehkutetusta kupariputkesta (kieppitavara), jolloin liitosten tarve on mahdollisimman vähäinen eikä tulitöitä tarvitse tehdä palovaarallisissa tiloissa kuten ullakolla.

Jakotukit voidaan tehdä kovajuottamalla tai puristusliitoksilla. Puristusliitosten etu verrattuna juottamiseen on se, että silloin jakotukki voidaan tehdä paikan päällä aiheuttamatta palovaaraa. Puristusliitosten tiivisteiden tulee olla glykolin kestäviä. Putkisto tulisi aina tehdä aurinkolämpövaraajasta aurinkolämpökerääjille jatkuvasti nousevaksi, jotta ilma saadaan mahdollisimman hyvin poistettua verkostosta. Harjan alla olevaan kuumaan jakotukkiin asennetaan ilmanpoistoputki varustettuna pallosulkuventtiilillä ja samaan jakotukkiin asennetaan lämpötila-tasku ja -anturi. Kuvassa 8 näkyy järjestelmän ylimpään kohtaan asennettava ilmanpoistin kaikilla tarvittavilla osilla.





Kuva 8. Ilmanpoistaja anturitaskulla ja sulkuventtiilillä

Asentajan olisi suotavaa vetää kaapelointi harjan alle tulevalle lämpötila anturille teknisestä tilasta. Automatiikka-asentaja tekee myöhemmin kytkennät. Aurinkolämpöjärjestelmän paisuntatilavuuden tulee olla vähintään 10 % koko järjestelmän tilavuudesta. Vairoventtiin putkitus tulee tehdä täyttöastialle siten, että kiehovasta liuoksesta tai höyrystä ei aiheudu vahinkoa henkilöille tai laitteille.

#### 4.3 Verkostojen täytöt

Liuosputkistojen huuhtelut ja täytöt tulee tehdä aurinkolämpöjärjestelmän toimittajan ohjeiden mukaisesti ja käyttämällä täytöissä asennus- sekä suunnitteluaineiston mukaisia liuoksia sekä vaadittuja seossuhteita.

Verkostojen lähtöpainetasojen tulee olla järjestelmäohjeiden mukaisia.

Aurinkolämpöjärjestelmän täyttöastian koon tulee olla riittävä niin, että koko liuosmäärä voidaan tyhjentää siihen.

#### 4.4 Asennustarkastukset ja painekokeet

Asennustöiden valmistuttua ennen eristystöihin ryhtymistä tulee asennukset tarkastaa asennusliikkeen työnjohton, valvojan tai LVI-suunnittelijan toimesta ja laatia tarkastuksesta oma pöytäkirjansa. Putkiasennukset koepaineistetaan 10 bar:n paineella 2 tunnin ajan ja siitä laaditaan myös pöytäkirja. Hyväksytyjen tarkastusten jälkeen voidaan putkistot eristää ja tarvittavilta osin pinnoittaa.

#### 4.5 Aurinkolämpöjärjestelmän liuosputkiston eristykset ja pinnoitteet

Liuosputkistot eristetään vähintään 20 mm:n solumuovieristeellä, jonka lämpötilakestävyys tulee olla yli +150 °C (esim. HT Armaflex, lämpötilan kestävyys +170 °C).

#### 4.6 Aurinkolämpöjärjestelmän automatiikka

Aurinkolämpöjärjestelmän automatiikkajärjestelmä toimitetaan suunnitelmien mukaisena, ja asennukseen, säätöihin, virityksiin ja mittauksiin tulee käyttää ammattihenkilöstöä.

#### 4.7 Mittaukset ja säädöt

Aurinkolämpöjärjestelmän neste- ja vesivirtojen mittaukset ja säädöt suoritetaan kuten lämpöverkostojen mittaukset ja säädöt. Automatiikan asennusarvot tulee säätää tarkasti ja seurannan perusteella vielä hienosäätää, koska jokainen kohde ja asukkaiden kulkukäyttäytyminen ovat hieman erilaisia.

#### 4.8 Käyttö- ja huolto-ohjeet sekä käyttökoulutus

Asennusliikkeen tulee täydentää järjestelmätoimittajan käyttö- ja huoltokirja-aineisto toimittamansa aurinkolämpöjärjestelmän erityistiedoilla ja hyväksyttää se LVI-suunnittelijalla.

### 5 Huolto ja kunnossapito

#### 5.1 Huollot ja käytön tarkastukset

Aurinkolämpöjärjestelmän lämmönsiirtoputkisto toimii suljettuna piirinä, joten varsinaista määräaikaishuoltojen tarvetta ei juurikaan ole.

Asukkaan tulisi tarkistaa keväällä ja syksyllä seuraavat asiat:

- painetaso lämmönsiirtoputkistossa, tarvittaessa lisätään liuosta täyttöastiasta painemittariin merkittyyn painearvoon asti
- varoventtiilin toiminta käyttö- ja huolto-ohjeen mukaisesti
- ilmausventtiilin ja liitosten mahdolliset vuotokohtat
- mahdolliset verkoston ja pumpun kohinaäänet, jotka voivat aiheutua kertyneestä ilmasta, tarvittaessa poistetaan ilma ilmanpoistovenktiilistä ja lisätään liuosta merkittyyn painearvoon asti

Tarvittaessa otetaan yhteys huoltoliikkeeseen.

#### 5.2 Ohjausyksikön virheilmoitukset

Asennusliikkeen antaman käyttökoulutuksen (vähintään kaksi kertaa) jälkeen käyttäjän tulisi ymmärtää ohjausyksikön virheilmoitukset ja tehdä oikeat toimenpiteet virheen johdosta (oma toimenpide, soitto huoltoliikkeeseen jne.). Näiden käyttö- ja huolto-ohjeiden

tulisi olla mahdollisimman yksinkertaisessa muodossa asennusliikkeen luovutusasiakirjoissa.

### 5.3 Määräaikaishuollot

Laitteet, verkostot ja varojärjestelmä sekä automatiikka tulisi tarkastaa ja tarvittaessa huoltaa ammattihenkilöstön toimesta viiden vuoden välein. Samassa yhteydessä tulee harkita liuksen uusimistarvetta annettujen huolto-ohjeiden mukaisesti.

## 6 Yhteenveto

Tämän insinööriyön tarkoituksena on antaa ihmisille peruskäsitys auringosta saatavasta lämmöstä ja kuinka sitä olisi mahdollisuus käyttää lämmitysjärjestelmänä pientalossa. Tässä insinööriyössä annetaan pientaloasukkaille kattava ohjeistus nestekiertoisen aurinkolämmitysjärjestelmän suunnitteluun, asennukseen ja huoltamiseen.

Aurinkolämmitys on viime vuosina tullut yhä enemmän julkiseksi puheenaiheeksi, ja sen hyödyntämistä suunnittelee yhä useampi pientalossa asuva suomalainen perhe. Aurinkolämmitysjärjestelmien hinnat ovat tulleet alaspäin, ja samalla niiden hyötysuhde on parantunut. Myös lainsäädäntö ohjaa siihen suuntaa, että kiinteistöissä tulisi hyödyntää entistä enemmän uusiutuvaa energiaa.

Aurinkolämmitysjärjestelmän laittaminen pientaloon on monissa tapauksissa hyvinkin järkevää, koska auringosta saatava energia on lähes ilmaista ja se on myös ekologinen tapa lämmittää kiinteistöä ja käyttövettä. Toivottavasti tämä opinnäytetyö antaa ihmisille riittävästi ymmärrystä aurinkoenergiasta, jotta he uskaltaisivat ottaa sen askeleen, että asentaisivat tai asennuttaisivat omistamiinsa pienkiinteistöihin aurinkolämmitysjärjestelmän.

## Lähteet

- 1 Aurinkolämmön passiivinen hyödyntäminen. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampomon\\_passiivinen\\_hyodyntaminen](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampomon_passiivinen_hyodyntaminen)> Luettu 10.12.2016.
- 2 Auringonsäteilyn määrä Suomessa. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/auringsateilyn\\_maara\\_suomessa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/auringsateilyn_maara_suomessa)> Luettu 10.12.2016.
- 3 Uusiutuva energia Suomessa. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/uusiutuva\\_energia\\_suomessa](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/uusiutuva_energia_suomessa)> Luettu 8.4.2017.
- 4 Aurinkolämpöjärjestelmän sijoittelu. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/hankinta\\_ja\\_asennus/aurinkolampojarjestelman\\_sijoittelu](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/hankinta_ja_asennus/aurinkolampojarjestelman_sijoittelu)> Luettu 8.4.2017
- 5 Aurinkolämpöjärjestelmien perusteet, mitoitus ja käyttö. 2006. Verkkoaineisto. Solpros Ay. <<http://www.kolumbus.fi/solpros/reports/OPAS.pdf>> Luettu 10.12.2016.
- 6 Aurinkolämmön kytkeminen öljylämmitykseen. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/kytkenta\\_muihin\\_lammitysjarjestelmiin/oljylammitys](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/kytkenta_muihin_lammitysjarjestelmiin/oljylammitys)> Luettu 8.4.2017.
- 7 Matalaenergiatalo. 2017. Verkkoaineisto. www.energiatehokaskoti.fi <[http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva\\_tietaa/matalaenergiatalo](http://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/matalaenergiatalo)> Luettu 22.12.2017.
- 8 Puhdasta ja terveellistä sisäilmaa. 2018. Verkkoaineisto. Uponor Oy. <<https://www.uponor.fi/tuotejarjestelmat/ilmanvaihto>> Luettu 22.2.2018.
- 9 Tasokeräimet. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva\\_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset\\_keraimet/tasokeraimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolampojarjestelmat/nestekiertoiset_keraimet/tasokeraimet)> Luettu 8.4.2017.
- 10 Sisäilmaopas. 2018. Verkkoaineisto. Allergia- ja Astmaliitto ry ja Hengityслиitto ry <<https://www.hengityслиitto.fi/sites/default/files/oppaat/sisailmaopas.pdf>> Luettu 22.2.2018.
- 11 Auringosta lämpöä ja sähköä. 2016. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/files/13518/Auringosta\\_lampoa\\_ja\\_sahkoa\\_2016.pdf](https://www.motiva.fi/files/13518/Auringosta_lampoa_ja_sahkoa_2016.pdf)> Luettu 22.2.2018.

- 12 Lämpöä kotiin keskitetysti. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <[https://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa\\_kotiin\\_keskitetysti\\_Kaukolampo.pdf](https://www.motiva.fi/files/7963/Lampoa_kotiin_keskitetysti_Kaukolampo.pdf)> Luettu 22.2.2018
- 13 Lattialämmityksen asennus- ja käyttöohje. 2010. Verkkoaineisto. Uponor Oy. <[http://www.taloon.info/pdf/uponor\\_lattialammitys\\_asennus\\_kaytto.pdf](http://www.taloon.info/pdf/uponor_lattialammitys_asennus_kaytto.pdf)> Luettu 22.2.2018