



Markus Paattakainen

Uima-altaan lämmitys lämpöpum- pulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

1.6.2022

Tiivistelmä

Tekijä: Markus Paattakainen
Otsikko: Uima-altaan lämmitys lämpöpumpulla
Sivumäärä: 30 sivua
Aika: 1.6.2022

Tutkinto: insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: talotekniikka
Ammatillinen pääaine: LVI-suunnittelu
Ohjaajat: yliopettaja Aki Valkeapää

Tämän insinöörityön tarkoituksena oli selvittää lämpöpumppujärjestelmiä, joita voidaan hyödyntää uima-altaiden lämmittämiseen. Työ toteutettiin keräämällä ja tutkimalla rakentamismääräyskokoelmasta, muista opinnäytetöistä ja tuote-esitteistä löytävää tietoa.

Aluksi työssä käydään läpi lämpöpumpun perustoimintaperiaatteet, uima-altaiden vedenkäsittely ja tehon arvioimiseen käytettäviä arvoja. Seuraavaksi käsitellään erilaisia lämpöpumppuja ja järjestelmiä, joita voidaan hyödyntää uima-altaiden lämmityksessä ja niiden kytkentöjä. Lisäksi tehdään esimerkkiuima-altaan lämmöntarvelaskelma, esimerkkimitoitus sekä tuotevalinta. Esimerkkinä toimii todellinen allas Helsingissä.

Tuloksena saatiin katsaus lämpöpumppujärjestelmistä, joita voidaan käyttää uima-altaan lämmittämiseen, ja esimerkki lämpöpumppujärjestelmän valinnasta. Tuloksia voidaan hyödyntää uima-altaan lämmityksen valinnan apuvälineenä.

Avainsanat: uima-allas, lämmitys, lämpöpumppu

Abstract

Author: Markus Paattakainen
Title: Swimming Pool Heating with Heat Pump
Number of Pages: 30 pages
Date: 1 June 2022

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Design
Supervisors: Aki Valkeapää, Principal Lecturer

The purpose of this final year project was to find out and study heat pump systems that can be used to heat swimming pools. The project was done by reviewing and gathering information from the Finnish National Building Code, other studies and brochures.

This thesis reviewed the basic operating principles of heat pumps, water treatment in swimming pools and values used to evaluate the efficiency of a heat pump system. Furthermore, various heat pump systems that could be used for heating swimming pools were presented. In addition, the heat demand calculation, design and product selection was made for a sample pool, a real pool in Helsinki.

The project resulted in an inclusive overview of heat pump systems that are suitable for heating swimming pools, and example on how to select a heat pump and system for swimming pool heating. The results can be used as an aid in selecting a heating system.

Keywords: swimming pool, heat pump, heating

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Lämpöpumput	2
2.1	Lämpöpumppujen toimintaperiaate	2
2.2	Kylmäainekierto	2
2.3	COP ja SCOP	3
2.4	Ilma-vesilämpöpumput	4
2.5	Split- ja monoblock-järjestelmät	5
2.6	Maalämpöpumppu	5
3	Uima-altaiden veden käsittely	6
4	Altaiden lämpöpumppujärjestelmät	7
4.1	Altaan vesikiertoon liitettävät lämpöpumput	7
4.2	Uima-altaan lämmitys osana lämmitysverkostoa	9
4.3	Hybridijärjestelmät	13
5	Esimerkkialtaan tiedot	15
6	Lämmityksen ja lämpöpumpun mitoitus	18
6.1	Johtumislämpöhäviön laskenta	19
6.2	Haihtumislämpöhäviön laskenta	20
6.3	Käytönaikainen kokonaistehontarve	24
6.4	Altaan lämmittämiseen kuluva energia ja aika	24
7	Tuotteen valinta	25
8	Yhteenveto	28
	Lähteet	29

Lyhenteet

COP: *Coefficient of Performance*. Lämpöpumpun hyötysuhde. Tuodun työn suhde saatuun lämpöenergiaan.

SCOP: *Seasonal Coefficient of Performance*. Lämpöpumpun vuosihyötysuhde vallitsevissa sääolosuhteissa.

1 Johdanto

Nykyiset päästötavoitteet ja rakennussäännöt ohjaavat käyttämään uusiutuvia energiavaroja ja mahdollisimman energiatehokkaita ratkaisuja. Tämä ja energian hinnan nousu ovat nostaneet kiinnostusta yhä enenevässä määrin suomalaisen rakennuskannan energiankulutukseen ja lämmitysratkaisuihin. Lämpöpumppujen suosio onkin viime aikoina kasvanut lämmitysratkaisuna huomattavasti. Onnistuneen tuotekehityksen ja hyvän energiatehokkuuden ansiosta ne täyttävät hyvin nykypäivän lämmitysjärjestelmälle asetetut vaatimukset.

Uima-altaiden lämmitys voi olla suuri osa lämmitysenergian käytöstä rakennuksissa, joissa sellainen on. Uima-altaita on perinteisesti lämmitetty joko kaukolämmön tai suoran sähkölämmityksen avulla. Nykyään markkinoilta löytyy myös uusi energiatehokkaampia ja ympäristöystävällisempiä ratkaisuja, kuten uima-altaille tarkoitettuja aurinkokeräimiä ja lämpöpumppujärjestelmiä.

Tässä opinnäytetyössä kartoitetaan uima-altaiden lämmittämiseen tarkoitettuja lämpöpumppuratkaisuja. Lisäksi käydään läpi, kuinka uima-altaan lämmitys mitoitetaan ja tehdään esimerkkimitoitus uima-altaan lämmittämiseen tarkoitettulle lämpöpumpulle. (1)

2 Lämpöpumput

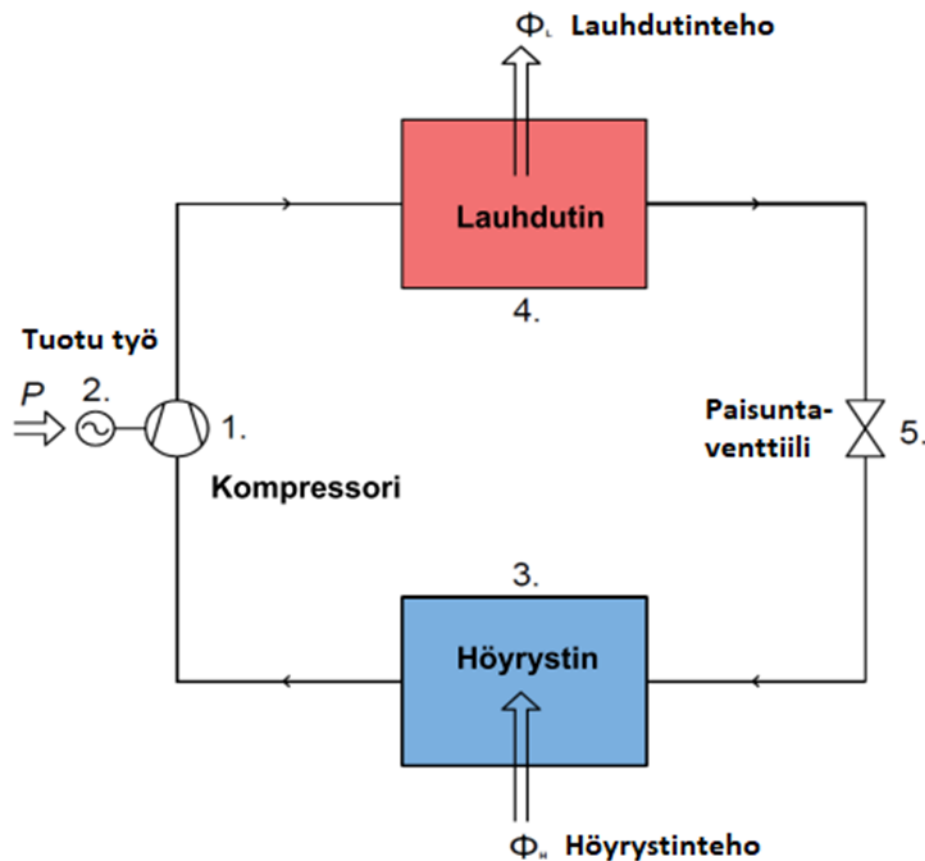
2.1 Lämpöpumppujen toimintaperiaate

Termodynamiikan sääntöjen mukaan lämpö kulkee normaaleissa olosuhteissa aina korkeammasta lämpötilasta alempaan. Carnot´n prosessin mukaan lämpötilaerojen vallitessa voidaan lämpöä muuttaa työksi. Lämpöpumput perustuvat käänteiseen Carnot´n prosessiin, jossa tuomalla prosessiin työtä voidaan lämpöä siirtää matalammasta lämpötilasta korkeampaan. Lämpöpumpulla, joka noudattaisi täydellisesti käänteistä Carnot´n prosessia, voitaisiin siirtää suurin mahdollinen määrä lämpöä tuotuun työhön nähden jollakin lämpötilavälillä. Prosessissa lämpö siirtyy lämmönlähteestä kylmäaineeseen ja kylmäaineesta lämmitettävään aineeseen isotermisesti. Työllä aikaan saatu puristus ja paisunta ovat isentrooppisia, joten prosessiin puristuksen aika tuotu työ palautuu kokonaisuudessaan paisunnan aikana. Tällaista lämpöpumppua ei kumminkaan voida käytännössä rakentaa, joten se toimii vain laskennallisena vertailuarvona ja suunnittelun apuvälineenä. [1; 2.]

2.2 Kylmäainekierto

Lämpöpumput ovat hermeettisiä eli suljettuja systeemeitä, joissa aine pysyy systeemissä mutta energiaa pääsee liikkumaan sisään ja ulos. Lämpöpumppujen toiminta perustuu kylmäaineen höyrystymiseen ja lauhtumiseen, eli faasimuutoksiin. Lämpöpumpun pääkomponentit ovat höyrystin, lauhtutin, kompressor ja paisuntaventtiili. Putkistossa kiertävä nestemäinen kylmäaine johdetaan höyrystimelle. Höyrystin kerää lämpöä järjestelmän lämmönlähteestä kylmäaineeseen, joka saa kylmäaineen höyrystymään. Höyrystynyt kylmäaine jatkaa matkaansa putkistoa pitkin kompressorille. Saapuessaan kompressorille kylmä aineen tulee olla täysin höyrystynyt. Kompressor puristaa kylmäainehöyryn korkeaan paineeseen. Paineen noustessa kylmäaineen kiehumispiste nousee ja kylmäaine höyry kuumenee. Tämän jälkeen kylmäaine johdetaan lauhtuttimelle, jossa kylmäaineen lämpö siirretään haluttuun lämmitysjärjestelmään. Kylmäaineen luovuttaessa lämpöä se nesteytyy. Nestemäinen kylmäaine

jatkaa matkaansa paisuntaventtiilille. Venttiili syöttää kylmäainetta hiljalleen höyrystimelle, näin yllä pitäen paine eroa höyrystimen ja lauhduttimen välillä. Kylmäaineen paineen laskiessa sen ohitettua paisuntaventtiiliin myös lämpötila ja kiehumispiste laskevat. Tämän jälkeen kylmäainekierto alkaa uudestaan. [1; 2.] Esimerkki lämpöpumpun kylmäainekierrosta esitetään kuvassa 1.



Kuva 1. Yksinkertaistettu esimerkki lämpöpumpun toiminnasta [3].

2.3 COP ja SCOP

COP-luku on kerroin, joka ilmaisee lämpöpumpun energiatehokkuutta tietyssä lämpötilassa. Mitä suurempi on COP-arvo, sitä enemmän tehoa saadaan käytettyyn tehoon verrattuna. Lämpöpumpun valmistaja tulee ilmoittaa lämpöpumpun COP-luku. Se on saatu testaamalla pumpun toimintaa SFS-EN 14511 -standardin määrittämässä olosuhteissa, joten sitä ei tule pitää laitteen todellisenä hyötysuhteena käytön aikana. COP-arvo voidaan kaavan (1) avulla.

$$COP = \frac{\phi_{anto}}{P_{otto}} \quad (1)$$

COP on lämpöpumpun hyötysuhde

P_{otto} on lämpöpumpun ottoteho, W

ϕ_{anto} on lämpöpumpun antoteho, W

Toinen lämpöpumpun energiatehokkuutta ilmaiseva arvo, jota valmistajilta nyky-päivänä vaaditaan, on SCOP. Toisin kuin COP se ilmaisee koko lämmityskau-den hyötysuhteen. Siitä on helpompi päätellä lämpöpumpun todellista energia-tehokkuutta käytössä. SCOP-arvoa tarkastellessa tulee ottaa huomioon, minkä maan olosuhteissa se on mitattu. Esimerkiksi Keski-Euroopan olosuhteissa SCOP-arvo on korkeampi kuin esimerkiksi Helsingin olosuhteissa. [1; 2.]

2.4 Ilma-vesilämpöpumput

Ilma-vesilämpöpumpussa lämmönlähteenä toimii ilma. Ilmaa puhalletaan höyrystimen läpi puhaltimen avulla ja kylmäaine saadaan höyrystymään. Kylmäai-neen lauhtuessa lauhduttimessa lämpö siirtyy lämmitysverkostossa kiertävään veteen. Lämpöpumppujen hyötysuhde on riippuvainen lämmönlähteen lämpöti-lasta, joten ulkoilman lämpötilavaihtelut vaikuttavat ilma-vesilämpöpumpun energiatehokkuuteen. Mitä alhaisempi on ilman lämpötila, sitä vähemmän läm-mönlähteestä saadaan kerättyä lämpöä. Lämmön keräämisen hankaloituessa kompressori joutuu tekemään enemmän töitä, ja ottotehon tarve kasvaa. Kovilla pakkasilla saattaa ilmalämpöpumppu lakata lämmittämästä kokonaan. Vesi-il-malämpöpumpun rinnalle onkin suositeltavaa ottaa jokin toinen lämmitystapa, jolla voidaan kattaa kylmimpien päivien lämmöntarve. Ilma-vesilämpöpumppu-jen kehitys on ollut viime vuosina kiivasta, ja osan pumpuista luvataan toimivan aina -28 °C :seen asti. Kylmillä pakkasilla tulee myös ottaa huomioon höyrysti-men kondenssiveden jäätyminen, joka voi estää lämpöpumpuntoiminnan. Tä-män vuoksi kylmissä olosuhteissa olisi hyvä valita pumppu, jossa on sulatustoi-minto. [1; 2.]

2.5 Split- ja monoblock-järjestelmät

Vesi-ilmalämpöpumput voidaan jakaa kahteen ryhmään. Toinen näistä on monoblock-laitteisto, jossa koko lämpöpumpppu-prosessi tapahtuu yhden yksikön sisällä. Ulos sijoitettava lämpöpumpppuyksikkö siis sisältää kaiken lämpöpumpun kylmäainekierron kannalta tarpeellisen tekniikan, ja lämmitettävä vesi johdetaan suoraan yksikölle. Jos kylmäainekiertoa laajentamalla voidaan lämpöpumppu jakaa useampaan yksikköön, on kyse jaetusta eli niin sanotusta split-laitteistosta. Tällaisessa järjestelmässä höyrystin ja lauhdutin on jaettu eri yksiköihin ja kylmäainekierto tapahtuu näiden yksiköiden välillä. Tällaisella ratkaisulla voidaan välttää lämmitettävän veden vieminen ulos. [1]

2.6 Maalämpöpumppu

Maalämpöpumpun lämmönlähteenä käytetään maa- ja kallioperään varastoitunutta lämpöenergiaa. Lämmön lähteenä maalämpö on suhteellisen vakaa, sillä vuoden aikojen lämpötilan vaihtelu ei juuri vaikuta maanalaiseen lämpötilaan.

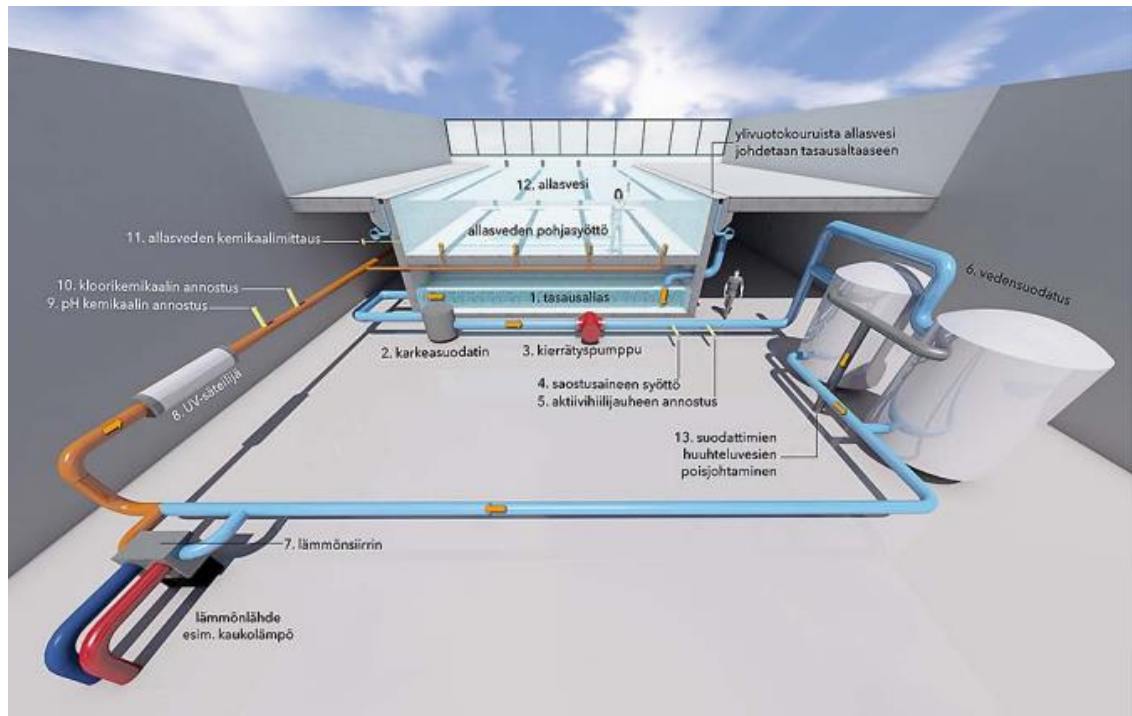
Maalämpöpumppu kerää lämpöä maasta lämmönkeruuputkistolla, jossa kiertää lämmönkeruuneste. Lämmönkeruunesteenä käytetään vesietanoliseosta. Putkisto voidaan asentaa sille porattuun lämpökaivoon, tai vaihtoehtoisesti maahan voidaan kaivaa lämmönkeruukenttä, johon lämmönkeruuputkisto asetetaan vaakatasossa. Lämpö johdetaan vesietanoliseoksen mukana lämpöpumpulle, jossa lämpö siirtyy kylmäaineeseen höyrystimessä. Lämpöpumpun sisäisessä kylmäainekierrossa lämpö sitten siirretään lauhduttimen avulla lämmitysverkostoon.

Lämpökaivon poraaminen tai lämpökentän kaivaminen pelkän uima-altaan lämmittämiseen voi olla hieman liian suuri ja kallis projekti useissa tilanteissa. Maalämpöä kannattaakin hyödyntää koko kiinteistön lämmittämiseen ja mitoittaa lämpöpumppu kattamaan laajemmin koko kiinteistön lämmön tarvetta. Uima-altaan lämmitys voidaan sitten liittää osaksi muuta lämmitysjärjestelmää. [1]

3 Uima-altaiden veden käsittely

Uima-altaiden vettä tulee käsitellä, jotta altaan käyttömukavuus säilyy. Altaiden vettä käsitellään altaan vesikierron avulla. Vesikierrolla tarkoitetaan putkistoa ja siihen liitettyä laitteistoa, joka kierrättää ja käsittelee allasvettä. Vesikierto huolehtii muun muassa veden puhtaudesta, lämpötilasta ja oikeasta kemikaalien määrästä. Altaan veden käsittelyn ja vesikiertoon liitettyjen laitteiden määrä vaihtelee altaan koon, käyttöasteen ja tarkoituksen mukaan.

Altaan vedenkäsittely voi esimerkiksi olla seuraavanlainen. Vesi päätyy vesikiertoputkistoon uima-altaasta roiskekourun ja uima-altaan poistosuuttimien kautta. Suuremmissa altaissa vesi kerätään tasausaltaisiin, josta vettä pumpataan vesikiertoon. Tuloputkessa on kovasuodatin, joka estää haitallisten suurten hiukkasten ja lian pääsyn vedenkäsittelyjärjestelmään. Putkistossa on altaan koosta ja käyttöasteesta riippuen yksi tai useampi kiertovesipumppu, joka kierrättää vettä putkistossa. Kiertopumpun jälkeen veteen voidaan lisätä tarvittavat saostusaineet ja aktiivihili. Tämän jälkeen vettä pumpataan hiekkasuodattimeen, joka puhdistaa altaan vettä. Hiekkasuodattimen jälkeen paluuputkeen liitetään lämmönvaihdin, joka lämmittää vettä haluttuun käyttölämpötilaan. Lämmönvaihdin asennetaan siten, että sen kautta kiertävän veden määrää voidaan säätää ohitusventtiilillä. Lämmitystä säädellään lämpötila-antureilla. Säättävä anturi asennetaan vesikierron tuloputkeen. Toinen lämpötila-anturi asennetaan lämmönsiirtimen jälkeen paikkaan, jossa veden lämpötila pääsee nousemaan myös kiertopumppujen sammuttua. Tämä toimii rajoittavana anturina. Ennen veden johtamista takaisin altaaseen voidaan kiertoputkistoon asentaa UV-säteilijä ja tarvittavien kemikaalien annostelu. Kemikaalien annostelu voidaan hoitaa pienissä altaissa myös altaassa kelluvan annostelijan avulla. Vesi palautuu tämän jälkeen takaisin altaaseen paluusuuttimien kautta. Suuttimet sijaitsevat yleensä altaan pohjassa. [4] Kuvassa 2 on esimerkki suuren altaan veden käsittelystä.



Kuva 2. Suuren altaan vedenkäsittelylaitteisto [4].

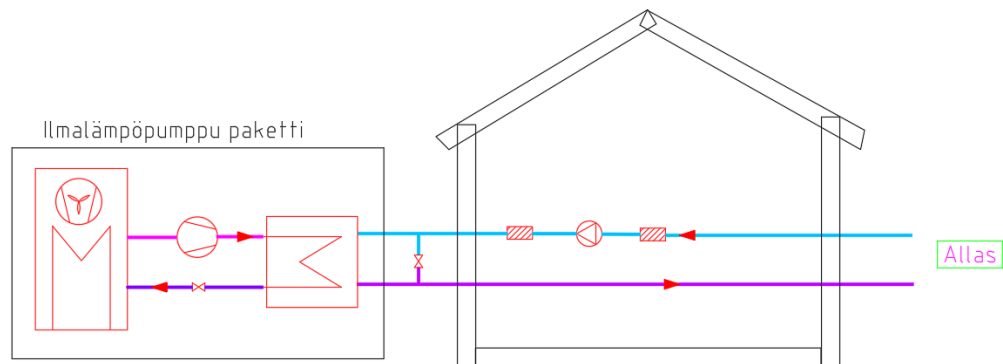
4 Altaiden lämpöpumpputjärjestelmät

4.1 Altaan vesikiertoon liitettävät lämpöpumpput

Markkinoilla on ilma-vesilämpöpumpputjärjestelmiä, joissa lämpöpumpun lauhdutin voidaan liittää suoraan uima-altaan vesikiertoon. Koska ilma-vesilämpöpumpulla lämmitetään vain ja ainoastaan allasvettä, tällaisten järjestelmien ohjaus ja automaatio on hyvin yksinkertaista. Tarvittava automaatio ja veden lämpötilojen mittaus sisältyy tämänlaisissa lämpöpumpuissa usein lämpöpumpputpakettiin. Lämpöpumpun toimintaa voidaan säätää pumpussa olevasta ohjauspaneelistä.

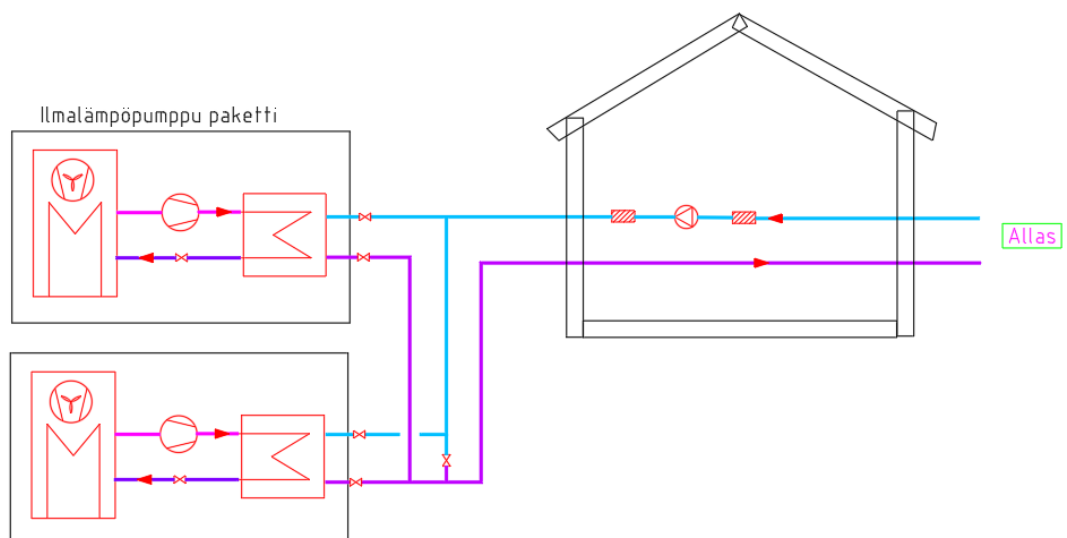
Kuvassa 3 on esitetty esimerkki suoraan vesikiertoon asennetusta monoblock-järjestelmästä. Koska usein uima-altaan vesikierrossa vedenvirtaus ei ole jatkuvaa, tämänkaltainen järjestelmä soveltuu altaan lämmittämiseen vain lauhoissa

olosuhteissa. Kylmissä olosuhteissa putkistossa seisova vesi luo suuren jääty-
misriskin. Tämänkaltaisia ratkaisuja suositellaan lähinnä ulkoaltaiden lämmittä-
miseen kesäkuukausien aikana. [5]



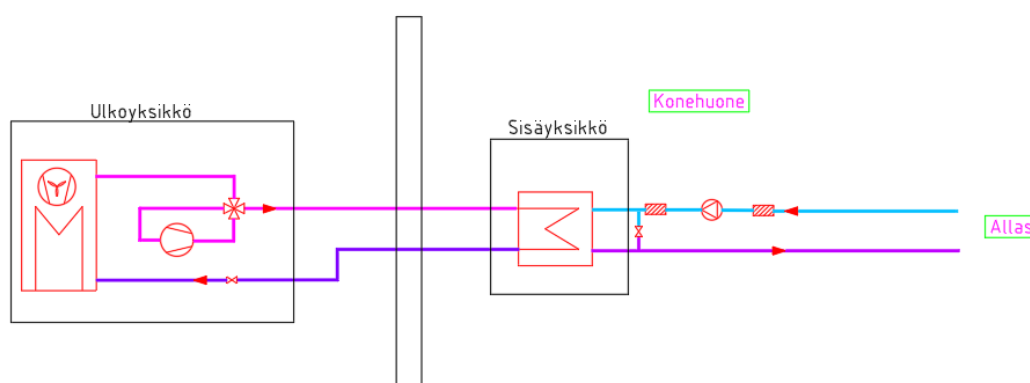
Kuva 3. Esimerkki suoraan altaan vesikiertoon liitetystä monoblock-laitteistosta. [5]

Tällaisia lämpöpumppuja voidaan asentaa useampi rinnan, jos lämmitystehoa
tarvitaan enemmän. Tällä tavoin voidaan lämmittää isojakin altaita. [5]



Kuva 4. Kuva useasta rinnan kytketystä monoblock-laitteistosta [5].

Uima-altaille myydään myös suoraan vesikiertoon liitettäviä split-ilmalämpöpumppuratkaisuja. Koska tämänlaisissa laitteistoissa kylmäaine hoitaa lämmön siirron höyrystin- ja lauhdutinyksikön välillä, voidaan lauhdutin sijoittaa esimerkiksi sisätiloihin. Näin lämmitettävää vettä ei tarvitse kierrättää ulos. Tämän ansiosta split-laitteistolla ei ole samanlaista jäätymisvaaraa kuin monoblock-ratkaisussa, ja sitä voidaan käyttää läpi vuoden myös sisätilaiden lämmittämiseen. Suomen oloissa ulkoyksikössä kannattaa olla sulatustoiminto, sillä ulkoyksikön kondensoitua vesi voi jäätyessään joko estää laitteen toiminnan tai jopa rikkoa sen. [6]



Kuva 5. Esimerkkikaavio suoraan vesikiertoon liitetystä split-ilmavesilämpöpumpusta [6].

4.2 Uima-altaan lämmitys osana lämmitysverkostoa

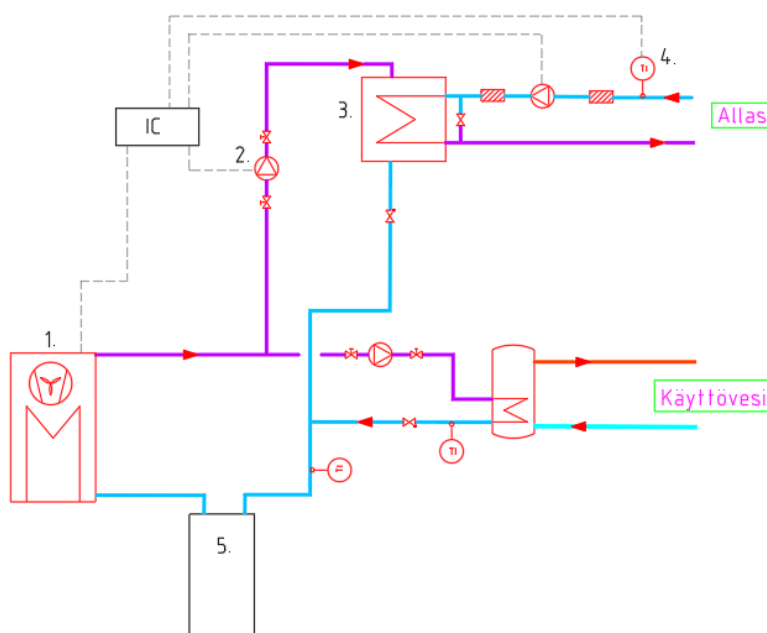
Uima-altaan lämmitys on mahdollista liittää osaksi koko rakennuksen lämmitysjärjestelmää. Lämmitysjärjestelmän vesi ja altaan vesi eivät saa sekoittua toisiinsa, ja kierrot tulee erottaa toisistaan lämmitysvesiverkostoon lisättävällä lämmönsiirtimellä. Näin lämpöpumpulla, jolla katetaan koko rakennuksen lämmitysenergian tarvetta, voidaan myös lämmittää uima-allasta. Koska uima-altaan lämmitys on osa koko lämmitysverkostoa, vaatii tämänlainen ratkaisu oikeanlaisen ohjauksen. Uima-altaan lämmönsiirtimen haara voidaan asentaa moneen paikkaan lämmitysveden jakoputkistoa. Usein haara asennetaan kumminkin ennen muiden lämmityspiirien virtaussuunnasta huolehtivaa laitteistoa. Uima-altaan lämmitysveden virtaus suuntaa hallitaan yleensä suuntaisventtiilillä. [7]

Lämmönlähteenä tämänlaisessa järjestelmässä voidaan käyttää joko jompaa-kumpaa aiemmin mainituista split- ja monoblock-vesi-ilmalämpöpumpuista tai maalämpöpumpua. Koska lämpöpumpulla lämmitetään koko kiinteistöä, on lämmitys veden virtaus lämpöpumpulle jatkuvaa. Tämän vuoksi monoblock-järjestelmissä ei ole samanlaista jäätymsvaaraa kuin pelkkää uima-allasta lämmitettäessä. Ulos vietävät putket tulee kumminkin eristää huolella.

Uima-altaan lämmitys voi olla esimerkiksi osa lämpimän käyttöveden lämmitysvedenkiertoa, kuten kuvassa 6. Järjestelmässä lämmitysputkisto haarautuu niin, että altaan lämmönsiirtimele ja lämminvesivaraajalle on omat haaransa. Molemmissa haaroissa on omat kiertovesipumput, ja veden virtaussuunnasta huolehtivat venttiilit. Altaan vesikierron kiertovesipumpun käynnistyessä alkaa vesikierron tuloveden lämpötila-anturi mitata veden lämpötilaa. Jos veden lämpötila on alle asetusarvon, käynnistyy lämmitysverkoston kiertovesipumppu. [7]

SELITE

1. ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU
2. ALTAAN LÄMMITYSVEDEN KIERTOVESIPUMPPU
3. UIMA-ALTAAN LÄMMÖNSIIRRI
4. ALLASVEDEN PALUUN LÄMPÖTILA-ANTURI
5. PUSKURIVARA AJA



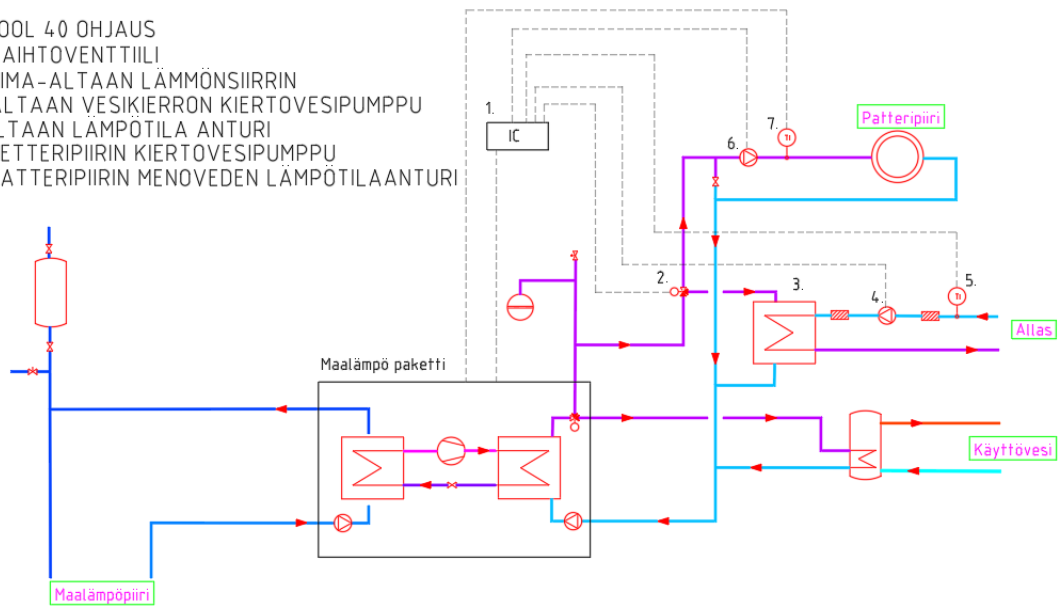
Kuva 6. Esimerkkikaavio altaan lämmityksestä käyttöveden lämmitysveden haara-
rassa [7].

Lämpöpumpulla voidaan lämmittää myös patteriverkostoa ja uima-allas voidaan liittää patteriverkoston puolelle. Tämä kytkentä vaatii ohjausjärjestelmän tai lämpöpumpun, jossa sellainen on jo valmiiksi. Kuvassa 7 on esitetty esimerkki, miten patteriverkoston liitetyn uima-altaan lämmityksen ohjaus hoidetaan uima-altaanohjauksen lisälaitteen Nibe POOL 40 avulla. Lisälaitte on tarkoitettu maalämpöpumpuille, mutta vastaavanlaisia järjestelmiä on myös ilma-vesilämpöpumpuille. Tällainen kytkentä vaatii toimiakseen vaihtoventtiilin ja ylimääräisen kiertovesipumpun lisäämistä patteriverkoston.

Vaihtoventtiili asennetaan lämmitysverkoston ja uima-altaan lämmönsiirtimen vievän menoputken haaraan. Venttiilin ollessa valmiustilassa vesi kulkee normaalisti patteriverkoston. Altaan vesikierron ollessa käynnissä mittaa tuloputken lämpötila-anturi allasveden lämpötilaa. Jos veden lämpötila alittaa asetusarvon, lähettää lämpötila-anturi signaalin POOL 40 -ohjausjärjestelmälle. POOL 40 muuttaa vaihtoventtiin asennon, joka alkaa ohjaamaan lämmitysvedettä altaan lämmönsiirtimelle. Patteriverkoston lisätty kiertovesipumppu käynnistyy, sillä vaihtoventtiin ollessa altaan lämmitysasennossa lämpöpumpun kiertovesipumppu pumppaa vettä vain altaan lämmitykseen. Näin varmistetaan veden virtaus patteriverkostossa ja se, että menoveden lämpötila-anturi toimii oikein. Altaan veden saavuttaessa halutun lämpötilan palaa vaihtoventtiili valmiusasentoon, ja patteriverkoston kiertovesipumppu sammuu.

SELITE

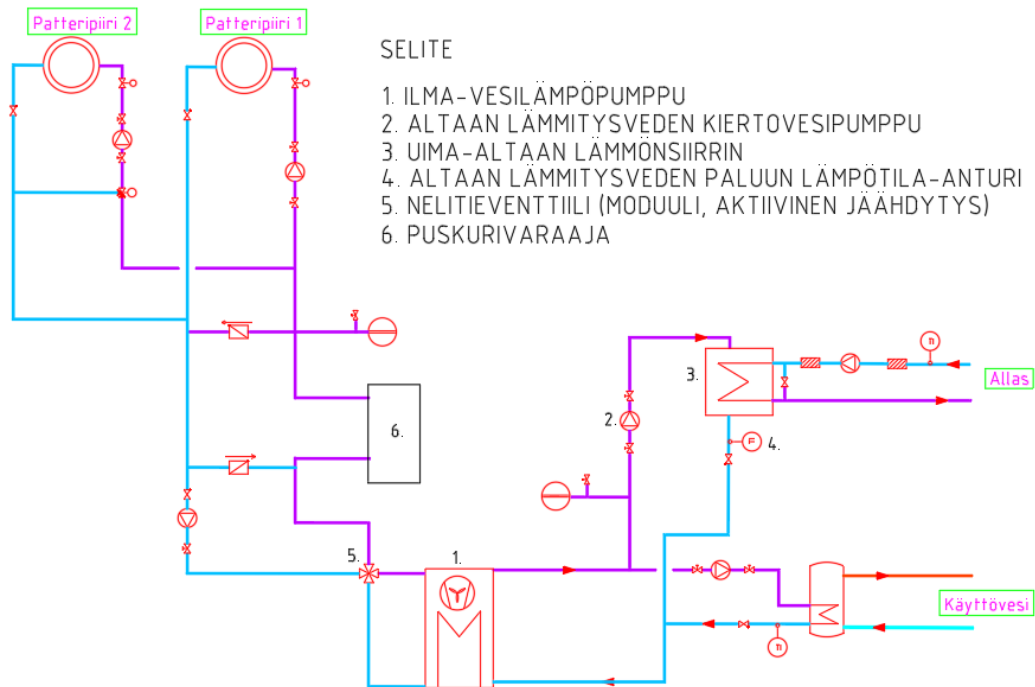
1. POOL 40 OHJAUS
2. VAIHTOVENTTIILI
3. UIMA-ALTAAN LÄMMÖNSIIRRIIN
4. ALTAAN VESIKIERRON KIERTOVIKIPUMPPU
5. ALTAAN LÄMPÖTILA ANTURI
6. PATERIPIIRIN KIERTOVIKIPUMPPU
7. PATERIPIIRIN MENOVEDEN LÄMPÖTILAANTURI



Kuva 7. Yksinkertainen esimerkki maalämpöpumppujärjestelmästä, johon on liitetty uima-altaan lämmönsiirrin patteriverkoston kierron puolelle [8].

Kuvassa 8 on yksinkertaistettu esimerkki hieman erilaisesta kytkennästä, jossa lämmitys ja jäähdytys on hoidettu ilma-vesilämpöpumpulla. Kuvassa on käytetty esimerkkinä Dimplexin LA 35TUR+ -vesi-ilmalämpöpumpun kytkentäkaaviota. Tämä vesi-ilmalämpöpumppu eroaa hieman tavanomaisista lämpöpumpuista, sillä siinä on oma lauhdutin patteri- sekä käyttövesiverkostolle sekä kaksi kompressoria. Tämän vuoksi lämmityspiirille ja käyttövesipiirille on täysin omat lämmitysvesiverkostonsa, minkä ansiosta molempia voidaan lämmittää joko samanaikaisesti tai erikseen. Kytkennässä uima-allas liitetään käyttövesipuolelle, ja lämmitys tapahtuu hyvin samalla tavalla kuin kuvassa 6. Lämpöpumpulla jäähdytettäessä käännetään höyrystimen ja lauhduttimen toiminnat päinvastaiseksi. Lämpö siis siirtyy höyrystimenä käytetyn lauhduttimen kautta kylmäaineeseen ja lauhduttimena käytettävän höyrystimen kautta ulkoilmaan. Koska kuvan 8 järjestelmässä on kaksi lauhdutinta, on mahdollista kääntää vain höyrystimen ja toisen lauhduttimen toiminta. Tämä mahdollistaa jäähdytyksestä saadun lämmön talteenoton, ja sitä on mahdollista käyttää käyttöveden ja uima-altaan lämmitykseen. Kuvassa 8 esitetty järjestelmä on toteutettu ilma-vesilämpöpumpulla, mutta vastaavanlainen järjestelmä on mahdollista toteuttaa myös

maalämpöpumpulla, jolloin ylijäänyt jäähditysenergia voidaan varastoida maatai kallioperään [9]

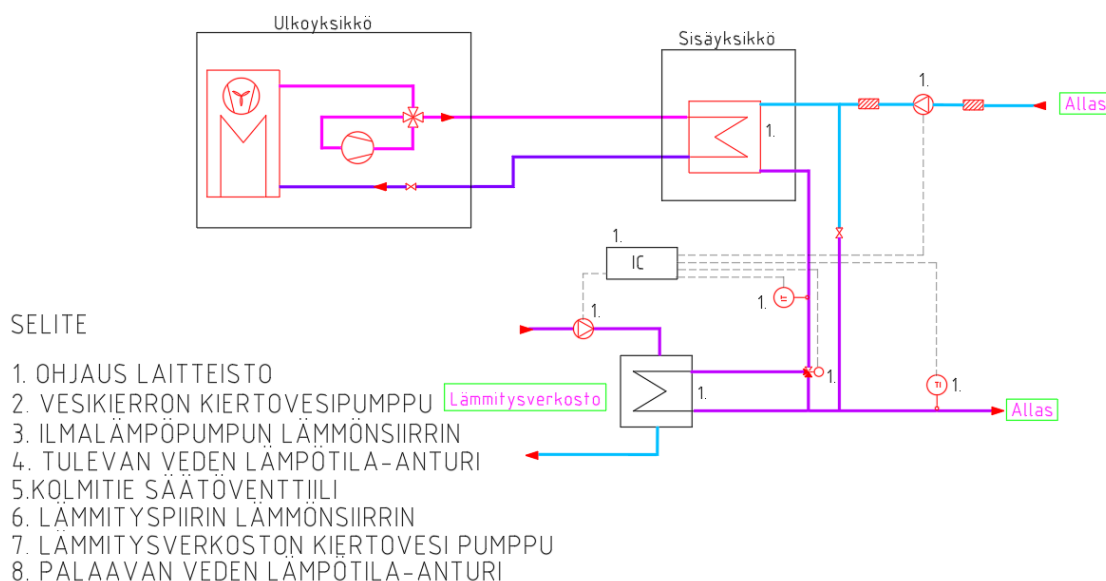


Kuva 8. Esimerkkikaavio lämpöpumpputermostuksesta, jossa mahdollista lämmitteä uima-allasta jäähdityksen lämmöllä [9].

4.3 Hybridijärjestelmät

Jos lämpöpumpun teho ei ole riittävä, halutaan tehostaa olemassa olevaa lämmitysjärjestelmää tai pudottaa lämmityskustannuksia, voidaan lämpöpumpua käyttää myös yhdessä altaan lämmittämiseen muiden lämmitysmuotojen kanssa. Tällaista monta eri lämmitysmuotoa hyödyntävää järjestelmää kutsutaan hybridijärjestelmäksi. Jos hybridijärjestelmällä halutaan tehdä energiasäästöjä, ohjauksessa tulee ottaa huomioon, että haluttua päälämmitysjärjestelmää käytetään ensisijaisesti ja toista lämmitysmuotoa vain täydentävänä. Näin järjestelmästä saadaan mahdollisimman paljon hyötyä irti. [10]

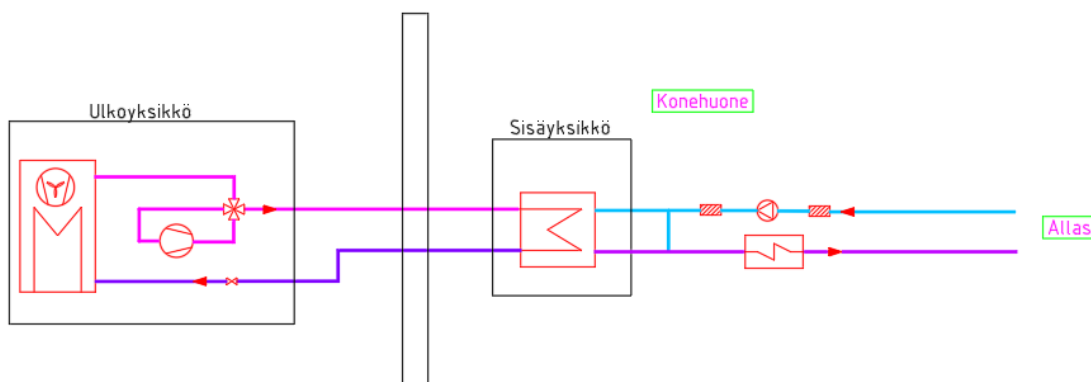
Esimerkiksi jos kiinteistöä lämmitetään kaukolämmöllä ja uima-allas on liitetty rakennuksen lämmitysverkostoon, voidaan uima-altaanvesikiertoon kytkeä saraan vesi-ilmalämpöpumppu vähentämään uima-altaan lämmittämiseen kuluva kaukolämmön määrää. Kuvan 9 esimerkikykennässä lämmitetään uima-altaan vettä ensisijaisesti vesi-ilmalämpöpumpun avulla. Jos lämpöpumpun teho ei jostain syystä riitä altaan veden lämmittämiseen voidaan käyttää vesi-ilmalämpöpumpun jälkeen vesikierrossa sijaitsevaa lämmitysverkoston lämmönsiirintä veden lämmittämiseen haluttuun lämpötilaan. Altaaseen palaavaa vettä mitataan lämpötila-anturilla. Jos lämpötila lämpöpumpun jälkeen ei ole haluttu, lämpötila anturin signaali käynnistää lämmitysverkoston kiertovesipumpun ja aukaisee kolmitieventtiilin, jotta vesivirtaa myös lämmitysverkoston lämmönsiirtimelle. [10; 11; 12.]



Kuva 9. Esimerkikykentä kaukolämmön ja ilma-vesilämpöpumpun rinnankytkennästä [muokattu, 10; 11; 12].

Usein jos allasta halutaan käyttää ympäri vuoden ja sen lämmitys tapahtuu suoraan altaan vesikiertoon liitettyllä vesi-ilmalämpöpumpulla, kannattaa altaaseen hankkia jokin toissijainen lämmitystapa lämpöpumpun rinnalle. Kovilla pakkasilla ilmalämpöpumppujen teho voi laskea, eikä teho riitä altaan lämmitykseen. Onkin hyvin tavallista ja suositeltavaa, että tällaisessa tilanteessa vesi-

ilmalämpöpumpun rinnalle on kytketty sähkövastus. Sähkövastus voidaan kytkeä päälle tarvittaessa manuaalisesti, ajastimella tai sitä voidaan ohjata automaatiolla. Esimerkiksi kuvan 10 lämpöpumpun ohjaava lämpötila-anturi on normaalisti allaskierron tuloputkessa. Tämän lisäksi sähkövastukselle on asennettu lämpöpumpun jälkeen oma ohjaava lämpötila-anturi, joka mittaa veden lämpötilaa lämpöpumpun jälkeen. Jos veden lämpötila ei ole haluttu pumpun jälkeen, käynnistyy sähkövastus. Sähkövastus sammuu vastaavasti, kun sille saapuva vesi on saavuttanut halutun arvon. Sähkövastuksessa on virtausvahti, joka estää vastuksen käynnistymisen, kun kiertovesipumppu ei ole päällä. [7; 14.]



Kuva 10. Yksinkertainen esimerkkikuva ilmalämpöpumpun ja sähkövastuksen rinnankytkennästä [muokattu, 13; 6].

5 Esimerkkialtaan tiedot

Esimerkkinä käytettävä allas (kuva 11) sijaitsee helsinkiläisen vuonna 1990 valmistuneen omakotitalon kellarikerroksessa, joka on osittain ympäröivän maanpinnan alapuolella. Samassa allastilassa sijaitsee myös poreallas. Talon perustukset on louhittu kallioon. Allas on 8,13 metriä pitkä ja leveimmillään 2,65 metriä. Altaan päät ovat erisyyvyisiä. Matala pääty on syvyydeltään 1,2 metriä ja syvä pääty 2 metriä syvä. Altaan tilavuus on 25 m³, ja se on pinta-alaltaan 15,7 m². Altaan mitat on saatu talon arkkitehtipiirustuksista. Allasvettä pidetään 23–24 °C:n lämpötilassa ja allastilaa kaksi astetta korkeammassa lämpötilassa.

Altaan halutaan lämpiävän käyttölämpötilaan enintään kahden päivän kuluessa altaan täytöstä. Allas on yksityinen, joten se on vain talossa asuvien käytössä.



Kuva 11. Esimerkkiallas.

Lämpövastus ja uima-altaan muu tekniikka sijaitsee matalassa konehuoneessa (kuva 12) uima-altaan vieressä. Konehuone on erotettu allastilasta väliseinällä. Altaan vesikierron putkisto on uusittu ja suuttimien sijaintia on muutettu vuonna 2015 vuotoepäilyn vuoksi. Uima-altaan vesikierron lisäksi konehuoneesta on porattu reikä lattian alla kulkeville porealtaan ja käytöstä poistetun vastavirtalaitteen putkille.



Kuva 12. Altaan konehuone.

Altaasta on useampi pintaventtiili ja yksi pohjaventtiili, josta on johdettu putket konehuoneeseen. Altaan vesi virtaa kovien suodattimien läpi kiertovesipumpulle. Pumppu pumpkaa vettä monitoimiventtiilille, jota säätämällä voidaan altaan vettä joko tyhjentää kaivoon tai hiekkasuodattimeen. Hiekkasuodattimesta vesi johdetaan sähköisen lämpövastuksen kautta takaisin altaaseen. (kuva 13) Altaan lämmitys on tällä hetkellä hoidettu suorasähkölämmityksellä. Olemassa olevan lämpövastuksen teho on 9 kW. Altaan kierrossa on ollut liitettynä kemikaaliannostin, jonka avulla tarvittavia kemikaaleja on lisätty uimaveteen. Tämä on kuitenkin poistettu käytöstä, ja kemikaalit lisätään nykyään altaassa kelluvan annostelijan avulla. [14]



Kuva 13. Altaan vesikiertolaitteisto.

6 Lämmityksen ja lämpöpumpun mitoitus

Uima-altaan lämmitystä suunniteltaessa mitoittavana tekijänä toimii lämmitys tehontarve. Uima-altaissa tehontarpeen määrittelee korvausveden lämmittämiseen tarvittava energia ja lämpöhäviöistä johtuva lämmitystehon tarve. RT-kortin 103233 mukaan täytön yhteydessä tarvittavaa lämmitystehon tarvetta ei tarvitse yleensä ottaa lämmönsiirtimen mitoituksessa huomioon, sillä altaan muut lämpöhäviöitä aiheuttavat tekijät eivät ole silloin yhtä suuria. [15; 16.]

6.1 Johtumislämpöhäviön laskenta

Altaasta johtuu jatkuvasti lämpöä sitä ympäröiviin rakenteisiin, maaperään ja tiloihin. Lämmönsiirtymiseen vaikuttavia asioita ovat ympäröivien rakenteiden paksuus, lämmönläpäisykerroin, ympäröivän aineen ja allas veden lämpötilaero sekä kosketus pinta-alat. Johtumislämpöhäviöitä voidaan laskea kortissa RT-103233 esitetyllä kaavalla (2). [15; 16.]

$$\phi = \sum U_i * A_i * (T_s - T_u) \quad (2)$$

ϕ on johtumislämpöteho altaan rakenteiden läpi, W

$\sum U_i$ on altaan rakenteiden lämmönläpäisykerroin, W/m²K

A_i on altaan pohjan ja seinien pinta-ala, m²

T_s on allasveden lämpötila, °C

T_u on maaperän vuotuinen keskilämpötila, °C

Maanpohjan vuotuinen keskilämpötila voidaan arvioida tai se voidaan laskea ympäristöministeriön Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskentaoppaasta löytyvällä kaavalla (3).[17]

$$T_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (3)$$

$T_{maa,vuosi}$ on alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C

$T_{u,vuosi}$ on ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C

$\Delta T_{maa,vuosi}$ on alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C

Maan ja ulkoilman vuotuisena lämpötila erona käytetään arvoa 5 °C. Vuotuisen ulkoilman keskilämpötiloja alueittain on esitetty ympäristöministeriön asetuksen 1010/2017 uuden rakennuksen energiatehokkuudesta liitteessä 1. [18]

Jos altaan rakennetiedot ovat vajaat, on rakenteiden paksuus ja lämmönjohtavuus arvioitava. Ympäristöministeriön Energiatehokkuusoppaan liitteestä löytyy tyypillisiä olemassa olevien rakennusten suunnitteluarvoja rakennus vuosittain, jota voi käyttää apuna rakenteiden arvioinnissa. Esimerkkialtaan mitoituksessa käytetään altaan piirustuksista esitettyjä lämmönläpäisykertoimia arkkitehtikuvista laskettua pinta-alaa. Rakennekuvien mukaan altaan seinien ja pohjan lämmönläpäisykerroin on 0,28 W/m²K. Rakennuksen alapohjan alaisen maan keskilämpötilan käytetään kaavasta (3) saatua lämpötilaa, joka on 10,57 °C. [16; 17; 20.]

$$0,28 \frac{W}{m^2K} * 15,7m^2 * (24^{\circ}C - 10,57^{\circ}C) = 148W$$

6.2 Haihtumislämpöhäviön laskenta

Veden haihtuminen on yksi lämmitystehontarpeeseen vaikuttava tekijä. Veden haihtuessa altaasta se täytyy korvata uudella, joka laskee altaan lämpötilaa. Lämmitystehon tarpeen lisäksi haihtuva vesi rasittaa suuresti ilmanvaihtoa ja voi aiheuttaa vahinkoa rakenteille. Veden haihtumista tulee yrittää hallita esimerkiksi altaan veden ja huoneen lämpötiloilla. Allastilan ilman lämpötilan tulisi olla korkeampi kuin veden lämpötilan, jotta vettä ei pääsisi haihtumaan altaasta liian suurina määriä. RT-kortissa 103059 suositellaan 2 °C:n lämpötilaeroa huonelämpötilan ja veden lämpötilan välillä. Ulkoaltaissa haihtumista voidaan vähentää esimerkiksi peittämällä allas käytön ulkopuolella. Veden haihtumisvirtauksen laskemiseen on RT-kortissa 103233 annettu kaksi eri kaavaa. Ensimmäinen kaava (4) on Saksassa käytössä olevaan VDI 2089 -standardiin perustuva kaava (4). [15;16]

$$q_{mv} = A \frac{B_p}{RT} (p_v - p_i) \quad (4)$$

q_{mv} on haihtuvan veden massa virta, kg/h

A on altaan pinta-ala, m²

B_p on kokemusperäinen haihtumiskerroin, m/h

R on vesihöyryn kaasuvakio, 461,52J/kg K

T on ilman ja veden lämpötilojen keskiarvo, K

p_v on tilan ilman vesihöyryn osapaine allasveden lämpötilassa, Pa

p_i on tilan ilman vesihöyryn osapaine, Pa

Haihtumiskertoimia erilaisille altaille esitetään taulukossa 1.

Taulukko 1. Kokemusperäisiä haihtumiskertoimia [16]

Allastyyppi	B_p , m/h
peitetty	0,7
ei käyttäjiä	7
yksityisallas	21
syvyys yli 1,35 m	28
syvyys alle 1,35 m	40
aaltoallas aaltokäytöllä	50

vesiliukumäki ja vesiliukumäen alastuloallas	50
--	----

Lasketaan esimerkkialtaan haihtumisvirtaus VID 2089:n kaavalla. Lähtötietoja varten on laskettu altaan pinta-alaksi 15,7 m². Haihtumiskerroin valitaan taulukosta 1.

$$15,7m^2 * \frac{21 m/h}{461,52 \frac{J}{kgK} * 295,65K} * (2982Pa - 2486Pa) = 1,198 \frac{kg}{h}$$

Toista kertassa esitettyä kaavaa kutsutaan yksinkertaistetuksi kaavaksi (5). Se on nimensä mukaisesti yksinkertaistettu versio VID 2089:n kaavasta. Kaavasta (5) on poistettu yleinen kaasuvakio ja virtausta lasketaan ilman vesisisällön avulla osapaineiden sijaan. [15; 16.]

$$q_{vm} = A * B_x * (x_v - x_i) \quad (5)$$

q_{vm} on haihtuvan veden massa virta, kg/s

A on altaan pinta-ala, m²

B_x on kokemusperäinen haihtumiskerroin, kg/m²s

x_v on kylläisen ilman vesisisältö allasveden lämpötilassa, kg/kg

x_i on ilman vesisisältö, kg/kg

Tähän kaavaan sopivia haihdutuskertoimia on esitetty taulukossa (2).

Taulukko 2. Kokemusperäisiä haihtumiskertoimia [16]

Allastyyppi	B_x , kg/m ² s
-------------	-----------------------------

peitetty	0,00022
ei käyttäjiä	0,0022
yksityisallas	0,0066
syvyys yli 1,35 m	0,0087
syvyys alle 1,35 m	0,0125
aaltoallas aaltokäytöllä	0,0156
vesiliukumäki ja vesiliukumäen alastuloallas	0,0156

Sijoitetaan esimerkkialtaan tiedot kaavaan (5).

$$15,7m^2 * 0,0022 \frac{kg}{m^2s} * \left(0,19 \frac{kg}{kg} - 0,0145 \frac{kg}{kg}\right) * 3600 = 1,679 \frac{kg}{h}$$

Allasta mitoitettaessa on kannattavaa laskea haihtuvan veden määrä molemmilla kaavoilla mahdollisimman tarkan tuloksen saavuttamiseksi. Esimerkkialtaan mitoituksessa suurempi haihtumisvirtaus saadaan yksinkertaistetulla kaavalla, joten käytän sitä mitoituksessa varmistaakseni riittävän lämmitystehon. [15; 16.]

Kun altaasta haihtuva vesivirta on saatu laskettua, voidaan laskea korvausveden lämmittämiseen tarvittava energia seuraavalla RT-kortissa esitetyllä kaavalla (6). [15; 16.]

$$\phi = q_v * c_p * (T_a - T_k) \quad (6)$$

ϕ on korvausveden lämmittämiseen tarvittava teho, W

q_v on haihtuvan veden massavirta, l/s

c_p on veden ominaislämpökapasiteetti, kJ/kg K

T_a on allasveden lämpötila, °C

T_k on korvausveden lämpötila, °C

Esimerkkialtaan tiedoilla saadaan haihtumislämpöhäviön arvoksi:

$$\phi = 0,000466 \frac{kg}{s} * 4180 \frac{kJ}{kgK} * (24^{\circ}C - 10^{\circ}C) = 175 W$$

6.3 Käytönaikainen kokonaistehontarve

Altaan kokonaistehon tarve saadaan laskemalla yhteen aiemmin lasketut johtumis- ja haihtumislämpöhäviöt. Näin saadaan selville käytön aikainen kokonaistehon tarve.

$$175,3 W + 148,02 W = 323W$$

6.4 Altaan lämmittämiseen kuluva energia ja aika

Uima-altaan lämmitys käyttölämpötilaan ei tapahdu yleensä hetkessä. Lämmönsiirtimen teho vaikuttaa halutun käyttölämpötilan saavuttamiseen kuluvaan aikaan. Tehokkaalla lämmönsiirtimellä haluttu käyttölämpötila saavutetaan nopeammin, mutta saattaa nostaa lämmityskustannuksia. Lämmönsiirtimen lisäksi haluttu lämpötila ja veden lähtölämpötilan ero vaikuttaa altaan lämmitykseen kuluvaan aikaan. Altaan lämmitykseen kuluva ajasta sovitaan yleensä tilaajan kanssa. [15; 16.]

Altaan veden lämmittämiseen kuluva energia voidaan laskea seuraavalla kaavalla (7). Kaavassa ei oteta huomioon lämmityksen aikana mahdollisesti tapahtuvia johtumis- tai haihtumislämpöhäviöitä. [15; 16.]

$$Q = \frac{m \cdot c_p \cdot (T_s - T_u)}{3600 \text{ kJ/kWh}} \quad (7)$$

Q on veden lämmittämiseen tarvittava energia, kWh

m on veden massa, kg

c_p on veden ominaislämpökapasiteetti, kJ/kg K

T_s on veden lämpötila ennen lämmitystä, °C

T_u on haluttu veden lämpötila, °C

Esimerkkialtaan tiedot sijoittamalla yhtälöön saadaan seuraava lopputulos.

$$\frac{25\,000 \text{ kg} \cdot 4,18 \text{ kJ/kgK} \cdot (24^\circ\text{C} - 10^\circ\text{C})}{3600 \text{ kJ/kWh}} = 406 \text{ kWh}$$

Kun veden lämmittämiseen tarvittava energia on saatu laskettua, voidaan siitä laskea altaan lämmittämiseen kuluva aika tai tarvittava teho. Esimerkkiallas halutaan lämpimäksi kahden päivän aikana eli 48 tuntia täytöstä, joten jaetaan saatu energia ajalla tehon saamiseksi

$$\phi = \frac{406,39 \text{ kWh}}{48 \text{ h}} = 8,5 \text{ kW}$$

7 Tuotteen valinta

Sopivaa lämpöpumppua valittaessa tulee ottaa huomioon tarvittava teho, käytötarkoituksen ja ympäristön asettamat vaatimukset. Lämpöpumpulle tulee

löytyä riittävästi tilaa ja sopiva lämmönlähde. Altaan vesikiertoon asennettavan lämmön siirtimen tulee olla valmistettu materiaalista, joka kestää veden käsitteilyyn käytettäviä kemikaaleja, esimerkiksi titaanista tai haponkestävästä ruostumattomasta teräksestä valmistettu lämmönsiirrin.

Esimerkkikohteen talossa on suora sähkölämmitys, joten talossa ei ole olemassa olevaa patteriverkostoa. Tämän vuoksi maalämpöön siirtyminen olisi suuri ja kallis projekti. Järkevämmäksi vaihtoehdoksi mielestäni osoittautuu vesi-ilmalämpöpumppu, joka on suoraan kytkettävissä uima-altaan vesikiertoon. Monoblock-järjestelmä on tässä tilanteessa ongelmallinen, sillä altaan vesikierron putket täytyisi asentaa kokonaan uudestaan, jotta altaan vesikierto voitaisiin viedä suoraan lämpöpumpulle. Lisäksi allasta halutaan pitää lämpimänä ympärivuoden, joten mielestäni split-järjestelmällä toimiva lämpöpumppu olisi sopivin vaihtoehto. Tarvittavalle ulkoyksikölle löytyy paikka heti uima-allastilan ulkopuolelta, ja sisäyksikkö saataisiin helposti sijoitettua konehuoneeseen. Käytöstä poistetun vastavirtalaitteen putkistolle rakennetun lattian alaisen putkikotelon mahdollisuutta käyttää kylmäainekierron viemisessä ulkoyksikölle kannattaa myös mielestäni selvittää. Riittävän tehokkaita sisäaltaan lämmittämiseen tarkoitettuja split-mallisia vesi-ilmalämpöpumppuja on markkinoilla, mutta mielestäni olemassa oleva sähkövastus voitaisiin jättää lämpöpumpun rinnalle mahdollisia kylmiä talvikuukausia varten.

Esimerkkilaskuissa saatiin altaan käytön aikaisiksi lämpöhäviöiksi noin 323 W. Allas halutaan lämpimäksi kahden päivän aikana, mihin tarvitaan 8,5 kW, joka vastaa suurin piirtein nykyisen 9 kW:n lämpövastuksen tehoa ja on suurin samanaikainen tehontarve, joten se toimii mitoittavana. Pumpun halutaan lämmitävän allasta mahdollisimman hyvin läpi vuoden, joten tulee valita pumppu, joka toimii mahdollisimman hyvin myös Etelä-Suomen talviolosuhteissa.

Esimerkiksi altaaseen voitaisiin asentaa Gullberg & Jansson Oy:n valmistama S-sarjan split-lämpöpumppu. S-sarjan lämpöpumput on tarkoitettu uima-altaille, ja niissä on titaaninen lämmönsiirrin. Lämpöpumpussa on sulatustoiminto, ja valmistaja lupaa, että lämpöpumppua voi käyttää aina -15 °C :seen asti. Sopiva

malli voisi olla 8,8 kW:n S30-OU, jonka COP on 4,5. COP on mitattu ulkoilman lämpötilassa +15 °C, ja 70 %:n suhteellisella ilman kosteudella allasveden tulo- lämpötilan ollessa +26 °C.



Kuva 14. Kuva ehdotetusta lämpöpumpusta [6]

8 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää erilaisia ratkaisuja lämpöpumppujen hyödyntämiseen uima-altaiden lämmittämisessä ja tehdä esimerkki uima-altaan lämmitystarpeen laskennasta ja tehdä tuotevalinta esimerkialtaalle.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin mielestäni hyvä katsaus altaiden lämmitykseen ja siihen, kuinka lämpöpumppuja voidaan siinä hyödyntää. Työhön löydettiin useita erilaisia kytkentä mahdollisuuksia erilaisille lämpöpumpuille. Lisäksi saatiin tehtyä esimerkkimitoitus ja tuote ehdotus esimerkialtaalle.

Uima-altaan lämmittäminen lämpöpumpun avulla on mielestäni harkitsemisen arvoinen vaihtoehto. Vaihtoehtoisia ratkaisuja löytyy niin uusille rakennettaville altaille kuin vanhojen altaiden remontoitiin. Lämpöpumpulla voidaan lämmittää koko kiinteistöä tai vain uima-allasta.

Itselleni työn tekeminen oli hyvinkin opettavainen. Opin paljon uima-altaiden lämmityksestä ja veden käsittelyprosessista sekä muunkin allastilojen LVI-tekniikan mitoituksista ja suunnittelusta. Lisäksi opin paljon lämpöpumppujen kytkennöistä ja käytöstä lämmönlähteenä. Siten ainakin oman oppimiseni kannalta opinnäytetyö on onnistunut.

Lähteet

- 1 Perälä, Rae. 2013. Lämpöpumput, suomalainen käsikirja aikamme lämmitysjärjestelmästä. Helsinki: Alfamer Oy.
- 2 Petriläinen, Kimmo. 2016. Ilmalämpöpumppu. Opinnäytetyö. Saimaan ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 3 Luoranen, Juho. Teollisuuskokoluokan lämpöpumppukoneikon tekniikka ja talous. Diplomityö. Aalto-yliopisto. Aalto.doc-tietokanta.
- 4 Uimahallien suunnittelu. 2019. RT-103059. Rakennustieto Oy.
- 5 Invertointitoiminolla varustetun uima-altaan lämpöpumpun käyttöohje. Lyfco. Verkkoaineisto. Netrauta. <https://www.netrauta.fi/attachments/products/out1/OUT-103-12-1/Kayttoohje_OUT-103-12-1.pdf>. Luettu 1.3.2022.
- 6 Asennus- ja huolto-ohje S-sarja. 2016. Verkkoaineisto. Gullberg Jansson Oy. <http://www.gullbergjansson.no/fileadmin/user_upload/Dokument/manualer/S-serien/Finska_S-serien egen fil.pdf>. Luettu 2.3.2022.
- 7 Onlinesuunnittelija. Verkkoaineisto. Dimplex Oy. <https://www.dimplex-partner.de/fi/ammattilaisille/onlinesuunnittelija.html>. Luettu 20.3.2022
- 8 POOL 40 asennus ohje. Verkkoaineisto. NIBE Oy. <https://ammattilaiset.nibe.fi/tuotteet/lisatarvikkeet/NIBE-POOL-40/#downloads>. Luettu 1.3.2022.
- 9 LA 35TUR+ asennus- ja käyttöohje. Verkkoaineisto. Dimplex Oy. https://www.dimplex-partner.de/media/Montageanweisung_SYS/1_Luft/dimplex_la35tur_fd8909_fi.pdf. Luettu 31.3.2022.
- 10 Peltola, Tiia. 2014. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien hybridiratkaisut. Opinnäytetyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 11 Toivonen, Sami. 2018. Teknisesti laadukkaan asuinkerrostalon käyttöön-oton seuranta ja dokumentointi -Maalämmön ja -kylmän hyödyntäminen kaukolämpöenergian rinnalla. Opinnäytetyö. Turun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 12 Ouman EH-800/EH-800B Lämmönsäädin käyttöohje. Verkkoaineisto. Ouman Oy. https://ouman.fi/wp-content/uploads/2021/11/XM1198B_EH-800-kayttoohje_v.3.1.3_FIN_PRINT.pdf#page=. Luettu 5.3.2022

- 13 Flowline 2 pool heater Installation & operation manual. 2020. Verkkoaineisto. Elecro engineering Oy. < <https://www.elecro.co.uk/wp-content/uploads/2020/01/MANE31-EN-Flowline-2-Manual-V1-01.01.2020-Elecro.pdf>>. Luettu 30.3.2022
- 14 Niiva, Eero. Esimerkkialtaan omistaja. Esimerkkialtaan piirustukset ja suullinen tiedoksianto. 5.3.2022
- 15 Rosin, Samuel. Suunnitteluohje Kerrostalojen uima-allasastojen LVI-suunnitteluun. Insinööriyö. Metropolia ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 16 Uimahallien LVIA-suunnittelu. 2020. RT103233. Rakennustieto Oy
- 17 Ympäristöministeriö- Rakennusten energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohje. 2018. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 18 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2017. 1010/20.12.2017.
- 19 Tyypillisiä olemassa olevan rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. 2018. Energiatodistusoppaan liite. Helsinki: ympäristöministeriö.