



Hasan Simsek

Energiaa säästävien ratkaisujen edistäminen järkevällä ja tarkoituksenmukaisella suunnittelulla



Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

6.5.2023

Tiivistelmä

Tekijä:	Hasan Simsek
Otsikko:	Energiaa säästävien ratkaisujen edistäminen järkevällä ja tarkoituksen mukaisella suunnittelulla
Sivumäärä:	49 sivua
Aika:	6.5.2023
Tutkinto:	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	talotekniikka
Ammatillinen pääaine:	LVI-suunnittelu
Ohjaajat:	lehtori Aamos Lemström LVI-pääsuunnittelija Kai Tarvainen

Teollisuuskiinteistöissä ja niiden toiminnoissa on suurta vaihtelua. Teollisuusprosessit käyttävät suuria määriä energiaa. Energiatehokkaalla suunnittelulla voidaan hyödyntää hukkaenergiaa ja säästää huomattavia määriä energiaa ja vähentää päästöjä. Energiatehokkaalla suunnittelulla on suuri merkitys päästöjen vähentämisessä. Suunnitteluvaiheessa on otettava huomioon rakenteet, eristeet ja talotekniikka.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia energiansäästövaikutuksia ja -ratkaisuja teollisuuskohteissa. Tutkimusmenetelminä käytin kirjallisuustutkimusta ja haastattelututkimusta, jolla yritin saada kokonaisvaltaisen käsityksen energiatehokkaista suunnitteluratkaisuista ja niiden hyödyntämisestä. Tutkimuksen painopiste oli teoriassa, mutta tuin tutkimusta myös haastattelututkimuksella. Tavoitteena oli tuoda esiin energiansäästöön vaikuttavia tekijöitä ja ratkaisuja, joilla voidaan parantaa LVI-energiatehokkuutta teollisuuskiinteistöissä.

Tutkimuksen tulokset osoittivat, että energiatehokkaan suunnittelun ja energiasäästöratkaisujen avulla voidaan merkittävästi vähentää energiankulutusta ja päästöjä teollisuuskiinteistöissä.

Avainsanat: energiatehokkuus, LVI-suunnittelu, energiansäästö, energiankulutus, hukkaenergia

Abstract

Author: Hasan Simsek
Title: Promoting Energy-saving Solutions through Sensible and Purposeful Planning
Number of Pages: 49 pages
Date: 6 May 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Design
Supervisors: Aamos Lemström, Senior Lecturer
Kai Tarvainen, HVAC Chief Design Engineer

The objective of this final year project was to explore and identify energy-saving effects of and solutions for HVAC design in industrial settings. The study was mainly based on literature research, supported by an interview study conducted with experts on the field.

The final year project focused on energy efficiency of buildings and energy-saving solutions in HVAC design from an industrial perspective. The project emphasized the importance of energy-efficient design and looked into several important concepts such as energy certificates, E-values, energy-surveys, and energy options in HVAC design that have the potential of helping industrial companies save energy while, at the same time, reducing the environmental impacts of their operations.

The result of the project show that the impact of energy-efficient design is crucial in reducing energy consumption in industrial buildings significantly.

Keywords: HVAC design, energy saving, industry

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn taustaa	1
1.2	Työn tavoitteet ja rajaus	1
1.3	Tutkimuksen rakenne	2
2	Rakennusten energiatehokkuus	2
2.1	Energiatehokas suunnittelu	2
2.2	Energiatodistus	3
2.3	E-luku	4
2.4	Energiaselvitys	6
2.5	Energiatehokkuusvaatimukset	7
2.5.1	Kaavoituslaki ja rakentamislaki	7
2.5.2	EN-standardit	8
2.5.3	EPBD-direktiivi	8
2.6	Rakennuksen ilmast selvitys	9
2.6.1	Vähähiilisuuden arviointi	10
2.6.2	Hiilijalanjälki	10
2.6.3	Hiilikädenjälki	12
2.6.4	Ilmast selvitys	13
3	LVI-suunnittelun energiasäästö vaihtoehdot	14
3.1	Höyry- ja lauhdejärjestelmä	15
3.2	Paineilmajärjestelmä	16
3.3	Puhallinjärjestelmät	18
3.4	Pumppausjärjestelmä	19
3.5	Ylijäämälämpö	20
3.6	Lämmönsiirto	21
3.7	Lämpöpumput	21
3.7.1	Maalämpöpumppu	23
3.7.2	Ilma-vesilämpöpumppu	25
3.7.3	Poistoilmalämpöpumppu	26
3.7.4	Ilmalämpöpumppu	27

3.8	Lämmöntalteenotot	28
3.8.1	Levylämmönsiirrin	29
3.8.2	Pyörivä lämmöntalteenotto	30
3.8.3	Nestekiertoinen lämmöntalteenotto	31
4	Teollisuuden energiatehokas LVI-suunnittelu	32
4.1	Ilmanvaihto	32
4.1.1	Hukkaenergian hyödyntäminen	33
4.1.2	Hukkaenergian käyttö lämpöpumpulla	33
4.1.3	Hukkaenergian käyttö lämmönvaihtimella	33
4.1.4	Energiatehokas ilmanvaihtojärjestelmä teollisuudessa	34
4.2	Lämmitys	34
4.2.1	Hukkaenergian hyödyntäminen	35
4.2.2	Energiatehokas lämmitysjärjestelmä teollisuudessa	35
4.3	Jäähdytys	35
4.3.1	Jäähdytysnesteen uudelleen käyttö	36
4.3.2	Hukkaenergian käyttö lämpöpumpulla	37
4.3.3	Hukkaenergian käyttö lämmönvaihtimella	37
4.3.4	Vapaajäähdytys	37
4.3.5	Energiatehokas jäähdytysjärjestelmä teollisuudessa	38
4.4	Käyttövesi	39
4.4.1	Hukkaenergian hyödyntäminen	39
4.4.2	Tehokas käyttövesijärjestelmä teollisuudessa	39
5	Haastattelututkimus	40
5.1	Suunnittelijan haastattelu	40
5.1.1	Toimintamallit	40
5.1.2	Haasteet	41
5.2	Haastattelututkimus asiakkaan näkökulmasta	42
5.2.1	Haastattelu asiakkaan kanssa	42
5.2.2	Haastattelun tulokset	43
6	Tulokset ja päätelmät	44
7	Yhteenveto	44
	Lähteet	46

Lyhenteet

- CEN: *European Committee for Standardization*. Eurooppalainen standardisointijärjestö.
- EPBD: *Energy Performance of Buildings Directive*. Energiatohokkuusdirektiivi.
- ILP: ilmalämpöpumppu
- LCA: *Life cycle assessment*. Tuotteen ja palvelun sen koko elinkaaren ympäristövaikutusten tutkimusta.
- PILP: poistoilmalämpöpumppu
- TWh: terawattitunti

1 Johdanto

1.1 Työn taustaa

Energiansäästö on nykypäivänä erittäin tärkeää, sillä tiukentuneet määräykset ja lait ovat pakottaneet laitokset ja laitevalmistajat tuottamaan itse tarvitsemansa energian. Energian kallistuva hinta puolestaan lisää kiinnostusta energiansäästöratkaisuihin ja energiatehokkuuteen. Suomessa rakennuksissa käytetään noin 40 prosenttia kaikesta energiasta, joten huolellinen suunnittelu on tarpeen energiatehokkaan rakennuksen toteuttamiseksi. LVI-järjestelmillä on suuri vaikutus energiankulutukseen, sillä noin puolet käytetystä energiasta kuluu lämmitys-, ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmiin. Hyvä LVI-suunnittelu, toteutus ja oikeat materiaali- ja laitevalinnat voivat vaikuttaa energiankulutukseen ja hiilijalanjälkeen. Tämän työn tarkoituksena on selvittää energiatehokkaan LVI-suunnittelun perusteita ja miten LVI-suunnittelussa tehtävät ratkaisut vaikuttavat rakennuksen energiatehokkuuteen ja energiankulutukseen.

1.2 Työn tavoitteet ja rajaus

Tämä opinnäytetyö on suunnattu LVI-suunnittelijoille ja sen tarkoituksena on toimia heidän apuvälineenä energiatehokkaan suunnittelun parissa, erityisesti teollisuuskiinteistöjen osalta. Opinnäytetyön tilaajana toimii AFRY Finland Oy, joka on kansainvälinen suunnittelu- ja konsulttiyritys. (1) Opinnäytetyössä keskitytään LVI-järjestelmien energiatehokkuuteen. Aiheesta on rajattu pois sähkön ja automaation osuudet. Työssä tutkitaan erilaisia ratkaisuja energiansäästön saavuttamiseksi LVI-suunnittelussa. Tarkoituksena on löytää oikeanlaisia ja järjestelmällisiä LVI-suunnitteluratkaisuja, jotka johtavat tuottavampiin ja energiatehokkaampiin rakennuksiin. Lisäksi työssä selvitetään suunnittelijoiden vaikutusmahdollisuuksia energiatehokkuuden parantamiseen.

1.3 Tutkimuksen rakenne

Tutkimusmenetelminä käytetään kirjallisuustutkimusta ja haastattelututkimusta. Työssä ensin käsitellään rakennusten energiatehokkuutta ja siihen liittyviä vaatimuksia. Tämän jälkeen tarkastellaan erilaisia LVI-suunnittelun keinoja energiansäästön saavuttamiseksi. Kirjallisuustutkimuksen tulosten perusteella suoritetaan haastattelu yhden suunnittelijan kanssa, jossa tarkastellaan suunnittelijan toimenpiteiden vaikutuksia rakennuksen energiatehokkuuteen. Lisäksi haastatellaan yhtä AFRY:n asiakasta, joka käsittelee teollisuusrakennusten energiakulutusta.

2 Rakennusten energiatehokkuus

Rakennus muodostuu rakenteista, taloteknisistä järjestelmistä, laitteista ja tilojen käyttäjistä. Rakennuksessa energiankulutus koostuu lämmityksestä ja jäädytyksestä sekä sähkölaitteiden ja valaistuksen energiankäytöstä. Energiankulutusta on mahdollista vähentää erilaisilla energiatehokkuustoimilla. Teollisuusrakennuksissa kannattavimmaksi energiatehokkuustoimeksi nousee usein käytötottumusten muuttuminen. Muita tuottavia energiatehokkuustoimia ovat esimerkiksi kulutuksen ohjaaminen tarpeen mukaisesti ja hukkalämmön hyödyntäminen. Myös laite- ja järjestelmäratkaisut ovat tärkeässä asemassa energiatehokkuustoimissa. (2)

2.1 Energiatehokas suunnittelu

Energiatehokas suunnittelu on tärkeä osa kestävästä rakentamisesta ja ympäristöystävällisyyttä. Energiatehokas suunnittelu tarkoittaa rakennusten suunnittelua ja toteutusta siten, että niiden energiankulutus on mahdollisimman vähäistä ja että niiden ympäristövaikutukset ovat mahdollisimman pienet. Energiatehokkaassa suunnittelussa otetaan huomioon rakennuksen sijainti, aurinkoenergian hyödyntäminen, eristys, ilmanvaihto, lämmitysjärjestelmät, jäähdytysjärjestelmät, valaistus ja muut tekijät, jotka vaikuttavat rakennuksen energiankulutukseen. Tärkeä osa energiatehokasta suunnittelua on myös käyttää uusiutuvaa

energiaa, kuten aurinko- tai tuulienergiaa, jos se on mahdollista ja järkevää. Energiatehokkaassa suunnittelussa huomioidaan myös rakennusmateriaalien valinta ja niiden vaikutus rakennuksen energiankulutukseen. Energiatehokkaan suunnittelun avulla voidaan vähentää rakennusten energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä, mikä auttaa hidastamaan ilmastonmuutosta. Samalla se voi myös säästää merkittävästi kustannuksia energialaskuissa ja parantaa rakennusten käyttäjien viihtyvyyttä ja terveyttä. Taulukosta 1 voidaan tarkistaa, mitkä ovat yleissuunnitteluvaiheen merkittävät suunnittelualueet, joihin pitäisi kiinnittää huomioita, jotta saadaan energiaterohkas rakennus. (3)

Taulukko 1. Keskeiset suunnittelualueet energiaterohkasta rakennusta suunniteltaessa.

Arkkitehtisuunnittelu	Sijainti, muoto, suuntaukset, hallitsemattoman ilmanvaihdon minimointi, tilojen mitoitus ja sijoittelu
Rakennetekninen suunnittelu	Vaipan eristystaso, tiiveys
Energianhankintasuunnittelu	Energiamuotojen optimointi elinkaarivaikutukset ja -kustannukset huomioiden
LVI-tekkninen suunnittelu	Tarpeiden optimointi, järjestelmäratkaisun valinta, lämmöntalteenotto, mitoitus, tarpeenmukaisuus
Sähkötekkninen suunnittelu	Valaistuksen tarpeen optimointi, päivänvalo ja tarpeenmukaisuus. Käyttäjien energiaterohkaat laitteet,

Rakennuksen keskeisimmät ympäristövaikutukset liittyvät yleensä sen energiankulutukseen ja kasvihuonekaasupäästöihin. Käyttämällä hyväksi uusiutuvia energialähteitä, esimerkiksi aurinkoenergiaa sekä lämpöpumpuilla talteenotettua maa- ja ilmalämpöenergiaa, voidaan vaikuttaa rakennuksen hiilidioksidipäästöihin. Näin voidaan pienentää ostosähkön määrää sekä pienentää rakennuksen energiankuluja. Suomessa käytettävistä uusiutuvista energiamuodoista tärkeämpiä ovat bioenergia, vesivoima, tuulivoima ja maalämpö. (4)

2.2 Energiatodistus

Energiatodistus on dokumentti, joka sisältää tiedot rakennuksen energiaterohkuudesta ja energiankulutuksesta. Energiatodistuksen laatiminen perustuu rakennuksen energiaterodistuslakiin, ja sen tavoitteena on edistää rakennusten

energiatehokkuutta sekä tarjota tietoa rakennusten energiatehokkuudesta eri osapuolille, kuten rakennuksen omistajille, ostajille, vuokraajille ja asukkaille. (5)

Energiatodistus vaaditaan käytännössä kaikilta rakennuksilta, jotka ovat tarkoitettuja pysyvään oleskeluun tai, joita käytetään yleisölle avoimena rakennuksena. Poikkeuksia ovat esimerkiksi alle 50 m²:n kerrosalan rakennukset, lomiasunnot, joissa ei harjoiteta majoituselinkeinoa, sekä teollisuus- ja korjaamorakennukset. (5)

Energiatodistusta tulee pyytää rakennuslupaa haettaessa. Se on pakollinen olemassa oleville rakennuksille myynnin ja vuokrauksen yhteydessä. Energiatodistuksen avulla voidaan vertailla rakennuksen energiatehokkuutta muihin rakennuksiin sekä antaa tietoa energiatehokkuudesta rakennuksen omistajille ja käyttäjille. (5)

Todistus on voimassa 10 vuotta sen antopäivästä. Jos rakennus kuitenkin muutetaan merkittävästi tai sen energiatehokkuutta parannetaan, voidaan uusi energiatodistus ennen 10 vuoden voimassaoloajan päättymistä. (5.)

2.3 E-luku

E-luku on rakennuksen energiatehokkuuden mittari, joka kertoo rakennuksen vuotuisen energiankulutuksen vakioitua käyttöä kohden. E-luvussa otetaan huomioon kaikki rakennuksen energiankuluttavat järjestelmät, kuten esimerkiksi lämmitys, ilmanvaihto ja valaistus. E-luku lasketaan energiamuotojen kertoimilla painotettuna, jolloin eri energiamuotojen käyttö vaikuttaa E-lukuun eri tavalla. (6.)

E-luvun laskennassa huomioidaan myös rakennuksen ominaisuudet ja tekniset järjestelmät. Esimerkiksi rakennuksen eristyskyky vaikuttaa E-lukuun, sillä hyvin eristetty rakennus kuluttaa vähemmän lämmitysenergiaa kuin huonosti eristetty rakennus. Ikkunoiden ja ovien tiiviys, ilmanvaihdon lämmöntalteenottojärjestelmä ja valaistuksen energiatehokkuus vaikuttavat myös E-lukuun. (6)

Taulukossa 2 on esitetty valtioneuvoston asetuksissa määritelty käytettävien energiamuotojen kertoimet, joilla E-luku lasketaan. Energiamuotojen kertoimet huomioivat energian tuotantoon ja kuljetukseen liittyvät häviöt ja ympäristövai-
kutukset.

Taulukko 2. Valtioneuvoston asetuksessa 788/2017 määritetyt energiamuotojen kertoimet. (7)

Energiamuoto	kerroin
Sähkö	1,2
Kaukolämpö	0,5
Kaukojäähdytys	0,28
Fossiiliset polttoaineet	1,0
Rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet	0,5

E-luku on tärkeä mittari rakennusten energiatehokkuuden arvioinnissa, ja se on usein mukana esimerkiksi rakennuksen energiatodistuksessa. Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen on tärkeää ympäristön kannalta, jonka myötä voidaan säästää merkittävästi energiakustannuksia rakennuksen elinkaaren aikana. E-luvulle on myös asetettu enimmäisraja-arvot rakennuksen eri käyttötarkoituksiluokille (taulukko 3). (7)

Taulukko 3. E-luvun enimmäisraja-arvot eri käyttötarkoituseräluokille valtioneuvoston asetuksen 788/2017 mukaan. (7)

Käyttötarkoituseräluokka	E-luvun raja-arvo kWh _E /(m ² a)
Luokka 1) Pienet asuinrakennukset: a) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A _{netto}) on 50–150 m ² b) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A _{netto}) on enemmän kuin 150 m ² kuitenkin enintään 600 m ² c) Erillinen pientalo ja ketjutalon osana oleva rakennus, joiden lämmitetty nettoala (A _{netto}) on enemmän kuin 600 m ² d) Rivitalo ja asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia enintään kahdessa kerroksessa	200–0,6 A _{netto} 116–0,04 A _{netto} 92 105
Luokka 2) Asuinkerrostalo, jossa on asuinkerroksia vähintään kolmessa kerroksessa	90
Luokka 3) Toimistorakennus, terveyskeskus	100
Luokka 4) Liikerakennus, tavaratalo, kauppakeskus, myymälärakennus lukuun ottamatta päivittäistavarakaupan alle 2000 m ² yksikköä, myymälähalli, teatteri, ooppera-, konsertti- ja kongressitalo, elokuvateatteri, kirjasto, arkisto, museo, taidegalleria, näyttelyhalli	135
Luokka 5) Majoitusliikerakennus, hotelli, asuntalo, palvelutalo, vanhainkoti, hoitolaitos	160
Luokka 6) Opetusrakennus ja päiväkot	100
Luokka 7) Liikuntahalli lukuun ottamatta uimahallia ja jäähallia	100
Luokka 8) Sairaala	320
Luokka 9) Muu rakennus, varastorakennus, liikenteen rakennus, uimahalli, jäähalli, päivittäistavarakaupan alle 2000 m ² yksikkö, siirtokelpoinen rakennus	ei raja-arvoa

2.4 Energiaselvitys

Energiaselvitys on tärkeä osa rakennuslupahakemusta. Sen tarkoituksena on varmistaa, että rakennus täyttää energiatehokkuusvaatimukset sekä varmistaa sitä, että energiankulutus pysyy kohtuullisena. Energiaselvityksessä selvitetään muun muassa rakennuksen lämpöhäviöt ja -tarpeet, ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho sekä arvio kesäaikaisesta huonelämpötilasta. Tämä antaa meille kokonaiskuvan rakennuksen energiankulutuksesta ja mahdollistaa energiatehokkuuden parantamisen suunnittelun. Energiaselvitys voi myös olla tarpeen luvanvaraisen korjauksen tai käyttötarkoituksen muutoksen yhteydessä. Tällöin selvitetään, miten muutokset vaikuttavat rakennuksen energiankulutukseen ja mahdollisesti tarvittaviin energiatehokkuustoimenpiteisiin. (5)

2.5 Energiatehokkuusvaatimukset

Rakentamisen vaikutus ympäristöön ja ilmastonmuutoksen on merkittävä. Rakennusten energiankulutus ja hiilidioksidipäästöt ovat suuri osa maailmanlaajuisista kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärää, minkä takia rakentamisen kestävyys on panostettava entistä enemmän. (8)

Erilaisilla säädöksillä, määräyksillä ja ohjeilla pyritään ohjaamaan rakentamista kestäväan suuntaan ja edistämään energiatehokkuutta sekä uusiutuvan energian käyttöä. Esimerkiksi Suomessa rakennusten energiatehokkuutta koskee rakentamismääräyskokoelma, jossa määritellään rakennusten energiatehokkuutta koskevat vaatimukset. Rakentamismääräyksiä päivitetään säännöllisesti vastaamaan ympäristön ja yhteiskunnan kehitystä ja muutoksia. (8)

Euroopan unioni on asettanut tavoitteita rakennusalan kestävyydelle, kuten energiatehokkuutta koskeva direktiivi, joka velvoittaa jäsenmaita asettamaan energiatehokkuusvaatimuksia rakennuksille. EU:lla on tavoitteena parantaa rakennusten hiilijalanjälkeä, jolla pyritään tukemaan uusiutuvan energian käyttöönottoa rakennusalalla. (8)

2.5.1 Kaavoituslaki ja rakentamislaki

Hallitus on päättänyt maankäyttö- ja rakennuslain sekä asetuksen uusiutuvan. Esitys uudesta laista toimitettiin eduskuntaan käsittelyyn syksyllä 2022. Valtioneuvosto hyväksyi esitykset ja rakennuslain on tarkoitus astua voimaan 1.1.2024. Uudessa muutoksessa rakentamislaki ja kaavoituslaki ovat eriytettyjä toisistaan. (9)

Uuden rakentamislain tavoitteena on edistää kestäväa kehitystä rakentamisessa ja vähentää sen ympäristövaikutuksia. Tämä toteutetaan muun muassa asettamalla teknisiä vaatimuksia rakennuksille, joiden tarkoituksena on edistää niiden energiatehokkuutta sekä vähentää niiden kasvihuonekaasupäästöjä. Lisäksi laki pyrkii vähentämään raaka-aineiden turhaa kulutusta rakentamisessa.

Tällä tarkoitetaan rakennusten purkamista ja uudelleenrakentamista tulee välttää mahdollisuuksien mukaan ja rakentamisessa tulee pyrkiä käyttämään kierätettyjä tai uusiutuvia materiaaleja. Tämä voi myös tarkoittaa sitä, että rakentamisen aikana jätettävän jätteen määrää pyritään vähentämään. Uusi laki edellyttää myös rakennusten elinkaarta tarkastelua kokonaisvaltaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa otetaan huomioon niiden elinkaaren eri vaiheet, kuten käyttöikä ja purkaminen, ja pyritään varmistamaan, että rakennukset ovat kestäviä, helposti korjattavia ja uusittavia. (9)

Kaiken kaikkiaan uusi rakentamislaki on merkittävä askel kohti kestävämpää ja ympäristöystävällisempää rakentamista. Laki tulee vaikuttamaan niin rakennusalan yrityksiin, suunnittelijoihin kuin rakentajiinkin. Sen avulla voidaan edistää kestävä kehityksen tavoitteita rakennetun ympäristön osalta.

2.5.2 EN-standardit

Standardi EN-15978 on Euroopan standardisoimisjärjestön (CEN) julkaisema standardi, joka määrittelee yhtenäisen laskentatavan rakennusten elinkaaren aikaisen ympäristövaikutusten arvioinnille ja hiilijalanjäljen laskemiselle. Laskentatapa perustuu elinkaariarviointiin (*Life Cycle Assessment, LCA*) ja jakaa rakennuksen elinkaaren eri vaiheisiin, kuten raaka-aineiden hankintaan, rakennusvaiheeseen, käyttöön ja purkamiseen. (10)

Standardin tavoitteena on edistää rakennusten ympäristövaikutusten ja resursien käytön läpinäkyvyyttä sekä helpottaa rakennusten ilmasto- ja ympäristövaikutusten vertailua eri rakennusten välillä. Standardi auttaa rakennusalan toimijoita, kuten suunnittelijoita ja rakennuttajia, tekemään kestävämpiä päätöksiä rakennusten suunnittelussa ja rakentamisessa. (10)

2.5.3 EPBD-direktiivi

Suunnitelma Euroopan laajuisesta ilmastoneutraaliudesta vuoteen 2050 mennessä on yksi Euroopan unionin keskeisistä tavoitteista ilmastonmuutoksen

torjunnassa. Energiatehokkuusdirektiivi (EPBD) on yksi keino, jolla voidaan edistää tätä tavoitetta rakennusten energiatehokkuuden parantamisen kautta.

(11)

EPBD:ssä säädetään useita toimenpiteitä, joilla edistetään rakennusten energiatehokkuutta, vähennetään niiden energiankulutusta ja kasvihuonekaasupäästöjä. Direktiivissä edellytetään, että jäsenmaat määrittävät kansallisia energiatehokkuustavoitteita ja että rakennusten energiatehokkuutta parannetaan erityisesti uusien rakennusten rakentamisen yhteydessä. Direktiivissä säädetään myös vaatimuksia rakennusten energiatehokkuuden mittaamiselle ja raportoinnille. EPBD:n avulla pyritään edistämään myös älykkään teknologian käyttöä rakennusten energiatehokkuuden parantamisessa. Tällä tarkoitetaan älykkäiden lämmitys- ja valaistusjärjestelmien käyttöä, joilla voidaan ohjata ja säätää tehokkaasti energiankulutuksen minimointia. (11.)

2.6 Rakennuksen ilmastaselvitys

Ympäristöministeriö on tehnyt päätöksen rakennuksen ilmastaselvityksen laatimisesta säädettäväksi uuden rakentamislain nojalla. Rakennuksen ilmastaselvityksen laadinta on tärkeä askel kohti kestävästä rakentamisesta ja ilmastomuutoksen torjumista. Ilmastaselvityksen avulla voidaan arvioida rakennuksen vaikutuksia ympäristöön ja ilmastoon, löytää keinoja vähentää sen hiilijalanjälkeä sekä kasvihuonepäästöjä. (12, s. 1.)

Ilmastaselvityksen asetukset määrittelevät, miten ilmastaselvitys tulee laatia, mitkä asiat selvityksessä tulee huomioida ja miten selvityksen tulokset tulee esittää. Selvitys auttaa rakennuttajaa, suunnittelijoita ja muita rakennushankkeessa mukana olevia tekemään tietoisia päätöksiä rakennuksen ympäristövaikutuksista. (12, s. 1.)

2.6.1 Vähähiilisyiden arviointi

Asetuksessa määritellään tarkasti tekijöitä, joita tulee arvioida vähähiilisyiden näkökulmasta uuden rakennuksen tai peruskorjatun rakennuksen suunnittelussa. Arvioinnissa tulee ottaa huomioon ilmastaselvityksen sisältämä hiilijalanjälki ja hiilikädenjälki, käyttäen asetuksessa määriteltyä laskentatapaa ja laajuutta. Hiilijalanjälki ja -kädenjälki tulee arvioida koko rakennuksen elinkaaren ajalta, mukaan lukien rakenteiden maanpäälliset osat, talotekniset järjestelmät, sekä osat, jotka sijaitsevat maan alla. (12, s. 1.)

Arvioinnissa on jätetty pois muutamat rakennuspaikan tekijät, kuten kasvillisuus ja raivaus, maaperän puhdistustyöt, purettavat rakennukset rakennuspaikalla sekä telineet ja suojaukset. Arviointijakso on 50 vuotta uuden rakennuksen tai laajamittaisesti korjattavan rakennuksen osille. Ajanjakso ei kuitenkaan sisällä rakentamiseen ja purkamiseen kohdistuvaa aikaa. Sitä tulee huomioida erikseen. Asetuksessa määritellään myös, että arvioinnissa tulee käyttää kansallisen päästötietokannan perustuvaa hiilijalanjäljen ja -kädenjäljen tietoja. (12, s. 2.)

2.6.2 Hiilijalanjälki

Hiilijalanjälki tarkoittaa yksilön, organisaation tai tuotteen elinkaaren aikana syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Se sisältää suoraan energiankulutuksen lisäksi myös epäsuorat päästöt, kuten tuotteiden valmistuksen, kuljetuksen ja hävittämisen aiheuttamat päästöt. Kaava 1 ilmoittaa rakennuksen elinkaaren hiilijalanjäljen laskentatavan. Kaavassa lasketaan yhteen eri tekijöiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt ja poistumat.

$$\begin{aligned}
 C_{\text{jalanjälki}} = & \quad GWP_{\text{valmistus}} + GWP_{\text{vaihdot}} + GWP_{\text{jätteenkäsittely}} \\
 & + GWP_{\text{loppusijoitus}} + GWP_{\text{kuljetukset}} + GWP_{\text{työmaa}} \\
 & + GWP_{\text{käyttöenergia}}
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

jossa,

GWPvalmistus	rakennustuotteiden raaka-aineiden hankinnasta niiden kuljetuksesta ja valmistuksesta aiheutuva kasvihuonepäästö
GWPvaihdot	rakennustuotteiden vaihdosta aiheutuva päästö
GWPjätteenkäsittely	jätteiden käsittelyn aiheuttamat kasvihuonepäästöt
GWPloppusijoitus	purkujätteen loppusijoituksesta aiheutuva kasvihuonepäästö
GWPkuljetukset	rakennusmateriaalien kuljetusten aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt
GWPtyömaa	työmaatoiminnan aiheuttamat kasvihuonepäästöt
GWPkäyttöenergia	rakennuksen käytön aikaiset kasvihuonepäästöt

Kaavan avulla lasketaan siis rakennuksen elinkaarenaikaiset kasvihuonekaasupäästöt eri tekijöiden osalta. Eri tekijöiden päästöarvot ja poistumarajat tulee määrittellä kansallisen päästötietokannan perusteella. Tämän jälkeen suunnittelijat voivat laskea kaavan avulla rakennuksen hiilijalanjäljen ja siten arvioida rakennuksen vaikutusta ilmastoon sen koko elinkaaren aikana.

Global warming potential (GWP) on arvo, jolla kuvataan tuotteen tai palvelun aiheuttamaa kasvihuonekaasupäästöjen kokonaismäärä. GWP ottaa huomioon

kaikki kasvihuonekaasupäästöt, eikä pelkästään hiilidioksidipäästöjä. Yksikkö GWP-arvolle on (kgCO₂e). Rakennuksen ilmastaselvityksessä käytettävät GWP-arvot lasketaan käyttämällä erilaisia kaavoja ja määritelmiä, jotka on kuvattu ympäristöministeriön asetuksessa ”rakennuksen ilmastaselvitys”. Nämä kaavat ja määritelmät sisältävät muun muassa tietoja eri kasvihuonekaasuista, niiden elinkaaresta ja vaikutuksesta ilmastomuutoksen. (12, s. 1–6.)

2.6.3 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjälki on ihmisen toiminnasta syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä ja niiden vaikutusta ilmastomuutokseen. Hiilikädenjäljen arvioinnissa tarkastellaan rakennuksen koko elinkaarta suunnitteluvaiheesta rakennuksen käytön ja ylläpidon kautta aina sen purkamisen saakka. Tavoitteena on löytää tapoja vähentää rakennuksen aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä ja siten pienentää sen ympäristövaikutuksia. (12, s. 6–9.)

Kaavassa 2 lasketaan vältetyt ja poistetut kasvihuonekaasupäästöt, joita ei olisi syntynyt ilman kyseistä rakennushanketta. Ympäristöministeriön asetus ”rakennuksen ilmastaselvitys, luonnos” sisältää tarkempia määritelmiä ja kaavoja hiilikädenjäljen arvioinnin suorittamiseksi. (12, s. 6–9.)

$$\begin{aligned}
 C_{\text{kädenjälki}} = & \quad GWP_{\text{uudelleenkäyttö ja kierrätys}} + GWP_{\text{vkierrätyspolttoaine}} & (2) \\
 & + GWP_{\text{polttolaitos}} + GWP_{\text{uusiutuva energia}} + GWP_{\text{khiilivarasto}} \\
 & + GWP_{\text{karbonatisoituminen}}
 \end{aligned}$$

jossa

GWP _{kierrätyspolttoaine}	materiaalin hyödyntämisellä vältetty kasvihuonepäästö (uusiutuva polttoaine)
GWP _{polttolaitos}	vältetty kasvihuonepäästö, kun materiaali on hyödynnetty polttolaitoksessa, jonka energiatehokkuuden hyötysuhde on yli 65 %

GWPuusiutuva energia	rakennuksessa tai tontilla tuotettu ylimääräisellä energialla vältetty kasvihuonepäästö
GWPhiilivarasto	eloperäisen tai teknisen hiilivaraston kautta vältetty kasvihuonepäästö esim. puuhun sitoutunut hiili
GWPkarbonatisoituminen	sementtipohjaisten materiaalien karbonatisoitumisella (sitoutuminen materiaaliin) vältetty kasvihuonepäästö

2.6.4 Ilmastaselvitys

Rakentamislain 196 §:n soveltamisalan mukaisesti ilmastaselvitys tulee laatia kaikille uudis- ja laajennuskohteille, joiden rakennusala on yli 1000 neliometriä tai käytetään yli 5000 megajoulea vuodessa energiaa. Ilmastaselvityksen tarkoituksena on arvioida rakennuksen ympäristövaikutuksia koko sen elinkaaren ajan, aina rakentamisesta purkamiseen asti. (12, s. 9–10.)

Ilmastaselvityksen tulee käsitellä muun muassa rakennusmateriaalien valintaa, energiankulutusta, jätehuoltoa ja muita ympäristövaikutuksia. Tavoitteena on löytää kestäviä ratkaisuja, jotka vähentävät rakennuksen ympäristövaikutuksia ja edistävät kestävää kehitystä. (12, s. 9–10.)

Mikäli toteutusvaiheessa ilmastaselvityksessä ilmenee muutoksia, on päivitettävä ilmastaselvitystä ennen rakennuksen käyttöönottoa. Rakennusvaiheen vastuuhenkilön tehtävänä on merkitä rakennustyöntarkastusasiakirjaan yhteenveto siitä, että rakennustyö vastaa ilmastaselvitystä. Tämän avulla voidaan varmistaa, että rakennus vastaa kestävä kehityksen vaatimuksia ja ympäristövaikutuksia on arvioitu koko rakennuksen elinkaaren ajalta. (12, s. 9–10.)

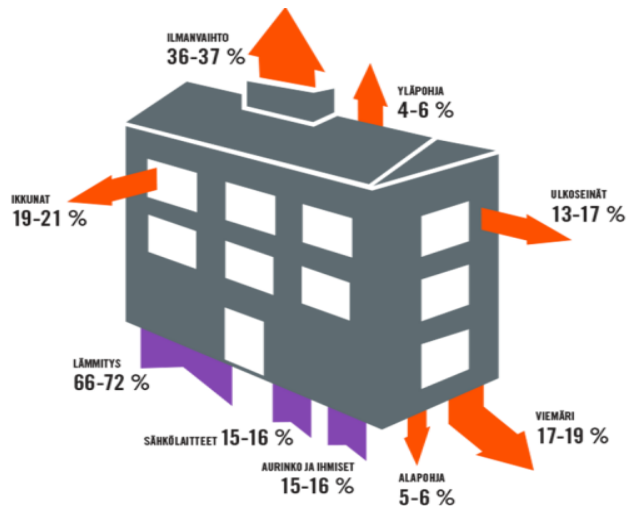
Asetuksessa on kerrottu mitä ilmastaselvitykseen tulee sisältymään. Ilmastaselvityksessä tulee käydä ilmi vähintään taulukossa 4 olevat asiat. Yleensä taulukkoa käytetään selventämään rakennuksen perustietoja. (12, s. 9–10.)

Taulukko 4. Ilmastaselvityksen sisältö (12, s. 9–10.)

1.	vähähiilisuuden arvioinnin tulokset
2.	rakennuksen tunnus
3.	rakennuksen käyttötarkoituusluokka tai -luokat
4.	uuden rakennuksen tai laajamittaisen peruskorjauksen toimenpide alueen lämmitetty huoneala (netto)
5.	rakennuksen laskennallinen ostoenergiankulutus (E-luku)
6.	käytettyjen arviointijaksojen pituudet
7.	uudisrakennuksen kantavien rakenteiden pääasiallinen materiaali
8.	rakennuksen tavoitteellinen käyttöaika (esim. 100 vuotta)
9.	arvioinnissa käytetyt laskentaohjelmat
10.	ilmastaselvityksen päiväys
11.	selvityksen laatijan nimi ja titteli

3 LVI-suunnittelun energiasäästövaihtoehdot

Nykyään yhä useampi pyrkii säästämään energiaa monilla eri osa-alueilla. Energiansäästö voidaan saavuttaa monilla eri tavoilla, ja se kattaa useita eri aloja. Energiansäästö voidaan toteuttaa esimerkiksi oikeanlaisella suunnittelulla ja toteutuksella rakennusten lämmityksessä tai sähköenergian kulutuksessa. Rakennusten lämmityksessä energiansäästöä voidaan saavuttaa esimerkiksi laskemalla huonelämpötiloja tai vähentämällä lämpimän käyttöveden käyttöä. Sähköenergian kulutuksen osalta energiansäästö voi tarkoittaa valaistuksen vähentämistä tai ilmanvaihdon tehokkuuden parantamista rakennuksen käyttöajan ulkopuolella.



Kuva 1. Lämpöenergian haihtumiskanavat rakennuksesta. (13)

LVI-alalla, kuten monilla muilla aloilla, pyritään kehittämään energiansäästöratkaisuja. Tärkeimpänä tavoitteena on toteuttaa tarkoituksenmukainen LVI-suunnittelu ja toteutus, jolla saavutetaan korkea energiatehokkuus esimerkiksi lämmitysenergian kulutuksessa mahdollisimman pienellä sähkönkulutuksella. Yksi tapa vähentää lämmitysenergian kulutusta on hyödyntää lämmön talteenottolaitteistoja, joita käytetään yleensä ilmanvaihdon yhteydessä. Ilmanvaihto voi vaikuttaa jopa puoleen kiinteistön lämpöhäviöistä, joten lämmön talteenotto on erittäin tärkeää. Erityisesti vanhemmissa rakennuksissa lämmön talteenottojärjestelmät voivat olla puutteellisia tai jopa olemattomia, mikä johtaa hukkalämmön hyödyntämättä jättämiseen. Yleisin tapa hyödyntää poistoilmasta talteen otettua lämpöä on esilämmittää rakennuksen tuloilmaa tai käyttövettä. Jäteveden lämmön talteenottoa voidaan myös käyttää lämmitysveden lämmittämiseen. Jopa 30 % rakennuksen lämpöhäviöistä voidaan saada talteen johdattamalla lämpimän käyttöveden viemäriin. (kuva 1). (13)

3.1 Höyry- ja lauhdejärjestelmä

Höyry- ja lauhdesiirtojärjestelmä eli höyryn tuotannon ja käyttökohteiden välinen prosessialue. Vaikka höyry on tärkeä käyttöhyödyke tehtaissa, siihen ei kiinnitetä tarpeeksi huomiota. Energiatehokas höyry- ja lauhdejärjestelmä voi pudottaa polttoaineenkulutusta 10–20 prosenttia. Tuotantolaitosten höyry-

lauhdejärjestelmien energiansäästömahdollisuus on 1,9 TWh eli arviolta 3 prosenttia teollisuuden käyttämästä höyrystä, joka taata yhteensä noin 100 000 sähkölämmitteisen omakotitalon vuosikulutusta. (14)

Höyryjärjestelmän suunnittelussa on tärkeää huomioida useita tekijöitä, jotka voivat vaikuttaa sen toimivuuteen ja energiatehokkuuteen. Yksi keskeisimmistä tekijöistä on putkiston mitoitus, joka tulisi suunnitella tarvittavan loppupaineen ja virtausnopeuden mukaan. Liian pieni putki tai virtausnopeus voi aiheuttaa painehäviöitä ja liian suuri putki puolestaan voi johtaa tarpeettomiin kustannuksiin ja energiahukkaan. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää välttää turhia mutkia, venttiileitä ja liitoksia, sillä nämä voivat aiheuttaa lisää painehäviöitä ja mahdollistaa vuotoja. Taulukosta 5 nähdään, kuinka vuodot putkistossa aiheuttavat turhia kustannuksia. (14)

Taulukko 5. Vuodot putkistossa aiheuttavat turhia kustannuksia. (14)

Vuotoaukon halkaisija	Höyryvuoto					
	3,5 bar(g)			7,0 bar(g)		
mm	kg/h	tonnia/a	euroa/a	kg/h	tonnia/a	euroa/a
1,5	3	28	630	6	49	1100
3,0	13	110	2500	22	194	4500
4,5	28	248	5700	50	438	10000
6,0	50	441	10000	89	778	18000

Järjestelmässä putket ja komponentit tulisi myös lämpöeristää asianmukaisesti, sillä lämpöhäviöt aiheuttavat energiahukka ja vaikuttavat höyryyn laatuun ja määrään. Lämpöeristys estää myös kondensoitumisen putkistossa ja vähentää mahdollisuutta korroosiolle. Lisäksi vuotojen esiintyessä, ne tulisi korjata mahdollisimman pian. Vuodot voivat myös aiheuttaa energiahukkaa ja heikentää höyryn laatua, mikä vaikuttaa prosessin tehokkuuteen ja laatuun. (14)

3.2 Paineilmajärjestelmä

Paineilman tuottaminen kuluttaa paljon sähköä, ja paineilmajärjestelmän hyötysuhde on huono. Siksi on tärkeää vähentää paineilman käyttöä ja huoltaa

järjestelmää säännöllisesti, jotta sen toiminta on mahdollisimman energiatehokasta. Paineilmakompressorin sijoituksella on myös merkitystä energiatehokkuuteen. Imuilman tulisi olla mahdollisimman kylmää, jotta kompressorin ei tarvitsisi käyttää ylimääräistä energiaa ilman jäähdyttämiseen. Paineilmakompressoreiden paineenpudotuksella ja muilla säädöillä saadaan muutaman prosentin säästöä sähköstä vuosittain. Taajuusmuuttajakäyttöinen kompressorin toimii sillä teholla, mille kulloinkin on tarvetta. (15)

Vuotoreiän halkaisija mm	Vuotomäärä 8 bar l/min	Kustannukset euroa/vuosi
1 ●	75	290
1,5 ●	150	580
2 ●	260	1 000
3 ●	600	2 320
4 ●	1 100	4 260
5 ●	1 700	6 580

Kuva 2. Vuodon kustannukset vuositasona.

Pienikin reikä tai vuoto paineilmaverkostossa voi johtaa merkittäviin kustannuksiin. Kuten kuvasta 2 huomataan, muutaman millimetrin kokoinen reikä paineilmaverkostossa voi aiheuttaa useiden tuhansien eurojen lisän sähkölaskuun, joten on tärkeää tehdä säännöllisiä tarkastuksia ja korjauksia tarvittaessa. (15)

Paineilmajärjestelmän suunnittelu on tärkeä osa energiatehokkaan paineilmajärjestelmän luomista. Tärkeimmät huomioitavat seikat suunnittelussa ovat

1. Tarpeen mukainen kompressorin koko, sillä liian pieni tai suuri kompressorin aiheuttaa tehottomuutta ja suurempia kustannuksia.

2. Paineilmajärjestelmän paine tulisi suunnitella mahdollisimman alhaiseksi, joka kuitenkin riittää käyttökohteiden tarpeisiin.
3. Putkiston mitoitus
4. Laitteiden energiatehokkuus
5. Säätojärjestelmät, kuten paineensäätimet ja taajuusmuuttajat ovat tärkeitä, sillä ne mahdollistavat energiatehokkaan toiminnan ja vähentävät energiahukkaa. (15)

3.3 Puhallinjärjestelmät

Puhallinjärjestelmät ovat olennainen osa monia teknisiä järjestelmiä, kuten ilmanvaihto-, jäähdytys-, lämmitys- ja paineilmaprosesseja. Puhallinjärjestelmä koostuu yleensä puhaltimesta, kanavistosta, säätölaitteista ja suodattimista. Puhaltimia on erityyppisiä, kuten aksiaali-, keskipako-, poikittaisvirtaus- ja puoliaksiaalipuhaltimia. Puhaltimen toiminta perustuu siihen, että moottori kääntää siipipyörää, joka puolestaan vaikuttaa ilmavirtaan ja kasvattaa sen painetta ja virtausnopeutta. (16, s. 147.)

Puhallinjärjestelmien suunnittelu edellyttää huolellista ilmavirran laskentaa ja kanaviston mitoituksen huomioimista. Ilmanvaihtojärjestelmissä on tärkeää varmistaa riittävä ilmanvaihto tilan käyttäjien terveyden ja viihtyvyyden takaamiseksi. Lisäksi puhallinjärjestelmiin tulee asentaa sopivat suodattimet, jotta ilmavirtaan ei kulkeudu epäpuhtauksia, kuten hiukkasia tai bakteereita. Puhaltimien nopeutta ja painetta voidaan säätää erilaisilla säätölaitteilla, kuten taajuusmuuttajilla, jotka mahdollistavat energiatehokkaamman käytön. (17, s. 174.)

Puhallintyyppinä on useita, mutta keskipakopuhallin on yleisimmin käytetty puhallintyyppi teollisuudessa. Keskipakopuhaltimilla on hyvä paineenkorotus, tilavuusvirta ja epäpuhtauksien käsittelykyky. Niiden toiminta perustuu siihen, että ilma virtaa puhaltimeen imuaukosta puhaltimen yhdensuuntaisesti, josta

puhaltimen lavat siirtävät ilmaseoksen kanavaan tai vapaaseen tilaan kohtisuorasti akselilta. (18).

Teollisuusprosesseissa paineilmaprosessissa puhaltimet tuottavat paineilman ja kuljettavat sen tarvittaviin kohteisiin. Puhallinjärjestelmän toimivuus on tärkeää varmistaa jatkuvan tuotannon takaamiseksi. Puhaltimien käytössä on myös huomioitava energiatehokkuus ja ympäristöystävällisyys, ja erilaisia energiansäästötoimia voidaan toteuttaa puhallinjärjestelmissä, kuten ilmavirran säätö, käyttöasteen optimointi ja korkean hyötysuhteen puhaltimen käyttö.

3.4 Pumppausjärjestelmä

Pumppu on mekaaninen laite, jolla siirretään väliaineita kuten nesteitä, kaasuja ja lietteitä. Pumpulla saadaan muutettua nesteelle annettu liike-energia paineenergiaksi, minkä avulla neste saadaan prosessin osalta tarvittavaan tilaan. Pumpputyyppejä on useita, mutta keskipakopumppu on yleisemmin käytetty pumpputyyppeistä teollisuudessa. (19, s. 361.)

Pumput kuluttavat noin 10 % maailman sähkönkulutuksesta, joten säästöpotentiaali energiatehokkaalla pumppauksella on suuri. Parantamalla pumppausta päästään säästämään jopa 4 % koko maailman sähkönkulutuksesta kustannustehokkaasti. (20)

Pumppausjärjestelmiä käytetään tuotantolaitoksessa aina, kun halutaan siirtää nestettä. Prosessissa käytettävä nesteen määrä on todella paljon, jonka takia pumppujen sekä pumppausjärjestelmien tarve on suuri. Pumput sopivat erilaisten nesteiden pumppaamiseen aina jätevedestä öljynjalostusprosesseihin ja kemianteollisuuden tarpeisiin. (20)

Pumppuja vaaditaan monissa tuotanto- ja yhdyskuntasovelluksissa, varsinkin erilaisten tuotteiden valmistusprosesseissa, jossa pumput kuluttavat sähköenergiaa huomattavasti. Metsäteollisuudessa sekä kemikaaliteollisuudessa pumppujen kuluttaman energianosuus on erityisen suuri laitosten toiminnan kannalta.

Pumppujen osuus laitosten sähkönkulutuksesta voi olla erilainen samalla teollisuuden alalla, koska siihen voi vaikuttaa esimerkiksi pumppujen tehokkuus, luotettavuus ja säätötavat. (20)

Pumppausjärjestelmän energiatehokkuuteen vaikuttaa moni tekijä, kuten putkiston energiatehokkuus, pumpun mitoitus, pumppauksen ohjaus ja pumppujen moottorit. Pumppujen mitoitus on erityisen tärkeää, sillä ne on mitoitettava siten, että ne toimivat mahdollisimman hyötysuhteellisesti prosessin kannalta. Jos pumput ovat ylimitoitettuja suhteessa prosessin tarpeisiin, se vähentää koko järjestelmän energiatehokkuutta, vaikka pumput olisivat muuten tehokkaita. Siksi suunnittelijan ja ylläpitäjän tehtävänä on suunnitella pumppausjärjestelmä oikein ja toteuttaa pumppaustoiminnot tehokkaasti. (20)

3.5 Ylijäämälämpö

Teollisesta tuotannosta vapautuu erittäin paljon lämpöä, jonka hyötykäyttöä on mahdollista lisä noin 4 TWh vuodessa. Hukkalämpöä pystyy käyttämään hyväkseen lämmön talteenotolla, koska se parantaa energiansäästöä ja tehokkuutta sekä pienentää polttoaineiden tarvetta ja kasvihuonepäästöjä. Tuotannossa lämpöä on mahdollista saada talteen prosessi- ja savukaasuista, jäte- ja jäähdytysvesistä sekä poistohöyryistä. Eniten ylijäämälämpöä syntyy energiavaltaisilla teollisuudenaloilla, kuten elintarvike-, metsä-, metalli- ja kemianteollisuudessa. (21)

Ylijäämälämpöä syntyy teollisuuslaitoksissa erilaisissa muodoissa ja ominaisuuksissa. Jokainen ylijäämälämpökohde ja sen hyödyntäminen tarvitsee yksilöllisen tarkastelun. Hukkalämmön käytännön hyödyntämismahdollisuudet johtuvat useista tekijöistä kuten esimerkiksi, lämpötilatasosta, lämpötehon suuruudesta, lämpövirran väliaineesta ja väliaineen puhtaudesta. Yhdenkin tekijän ollessa haitallinen, lämmön hyödyntäminen saattaa muuttua mahdottomaksi tai kannattamattomaksi. Jos ylijäämälämmössä on suuri potentiaali, mutta sen käyttäminen todetaan kannattamattomaksi, on hyötyä selvittää prosessiketjua taaksepäin eli selvittää voitaisiinko pienellä esimerkiksi prosessin

lämpötilatason muutoksella parantaa kokonaisuuden energiatehokkuutta ja kannattavuutta. (22)

3.6 Lämmönsiirto

Lämmönsiirtokone siirtää energiaa lämpönä kylmemmästä säiliöstä lämpimään ja käyttää tähän siirtoon mekaanista energiaa. Prosessi jäähdyttää kylmäsäiliöstä ja lämmittää lämpösäiliöitä. Tähän toimintaan tarvitaan ulkopuolista energiaa.

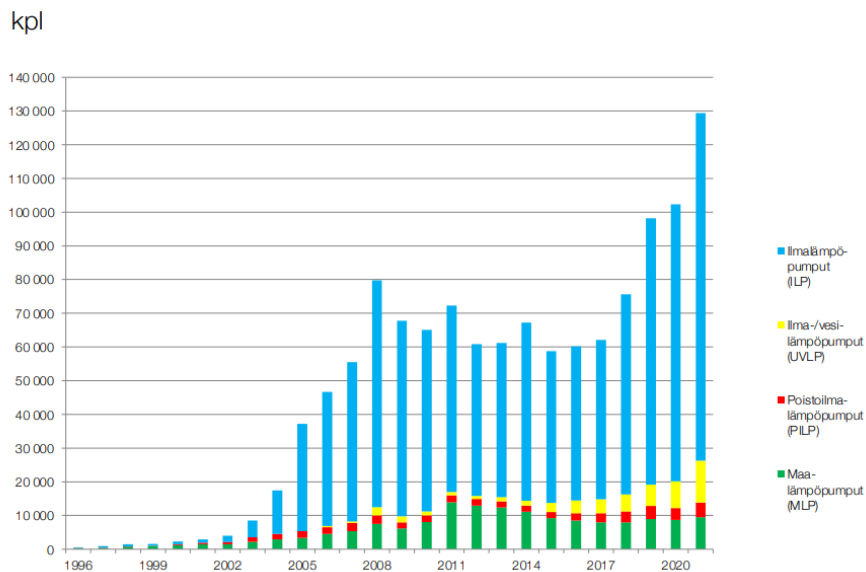
Lämmönsiirtopintojen likaantuminen aiheuttaa energiakustannusten kasvamiinseen. Siinä tapauksessa, kun lämpösiirtokerroin heikkenee, joko kylmä virta ei lämpene tai kuuma virta jäähdy tarpeeksi. Huonosti toimiva lämmönsiirto aiheuttaa lisääjäähdytystä tai -lämmitystä. (23)

Hyvästä lämmönsiirrosta on tehtaalle erittäin paljon hyötyä. Kun lämpö siirtyy halutulla tavalla, prosessi toimii ja energiankäyttö on tehokasta. Lämmönsiirron energiatehokkuutta voidaan parantaa jatkuva mittauksella ja puhdistuksella. Mittaus ja seuranta ovat pakollista, jotta olisi helppoa havaita lämmönsiirron muutoksia ajoissa. Mittauksissa on seurattavaa virtojen lämpötiloja, painehäviöitä ja siirtynyttä lämpötehoa. (23)

3.7 Lämpöpumput

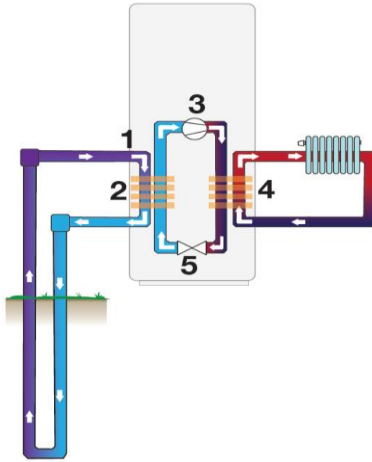
Energiatehokkaita lämmitysjärjestelmiä on olemassa monta. Koska lämmitysenergian tarve laskee energiatehokkuuden myötä, ympäristöystävällisemmät vaihtoehdot ovat entistä suositumpia. Tällaisia ovat muun muassa erilaiset maalämpö ja kaukolämpö. Lisäksi tilojen lämmittämiseen käytetään tukilämmitysjärjestelmiä, kuten lämpöpumppuja, tulisijoja ja aurinkolämmitystä. Suomessa lämmityskäytössä olevat lämpöpumput ovat ilmalämpöpumput, ilma-vesilämpöpumput, poistoilmalämpöpumput ja maalämpöpumput sekä lämpöpumput yleistyvät Suomessa koko ajan (kuva 3). Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavia

tekijöitä ovat esimerkiksi teollisuudentilat, käyttökustannukset, rakennuksen ja tontin antamat mahdollisuudet lämmitysjärjestelmän valinnassa. (24)



Kuva 3. Suomeen myytyjä lämpöpumppeita vuoteen 2021 mennessä.

Lämpöpumppujen prosessi pohjautuu laitteessa kiertävän kylmäaineen höyrystymiseen ja lauhtumiseen. Kylmäaineen höyrystyessä se kiinnittää itseensä lämpöä ympäristöstä ja lauhtuessa vapauttaa lämmön haluttuun kohteeseen. Lämpöpumpun toimintaperiaate perustuu lämmönsiirtimen, paisuntaventtiin ja kompressorin. Kuvasta 3 nähdään lämpöpumpun toimintaa vaiheittain. (24)



Kuva 4. Suomela-oman talon käsikirja (Risto Pekkala).

1. Keruuneste kiertää keruuputkessa ja kerää lämpöenergiaa kalliosta, maasta, ilmasta sekä vedestä alhaisessa lämpötilassa.
2. Höyrystimessä haalea lämmönkeruuneste kohta kylmäaineen, jonka jälkeen kylmäaine lämpenee muutaman asteen ja höyrystyy.
3. Höyrystymisen jälkeen kompressori puristaa ja nostaa kaasumuotoisen kylmäaineen painetta. Paineen kasvaessa, myös lämpötila nousee.
4. Tämän jälkeen lauhdutin siirtää kylmäaineesta lämmön rakennuksen lämmitysjärjestelmään, jolloin lämpötilaa laskee ja kylmäaine muuttuu uudelleen nesteeksi.
5. Kylmäaine jatkaa edelleen kiertämistä lämpöpumpun sisällä. Paisunta-venttiilissä sen paine laskee ja lämpötila alenee sekä kylmäaine muuttuu jälleen jääkylmäksi. Lämpöpumpun toimintaa alkaa alusta, kun kylmäaine kohtaa keruunesteen uudelleen. (25)

3.7.1 Maalämpöpumppu

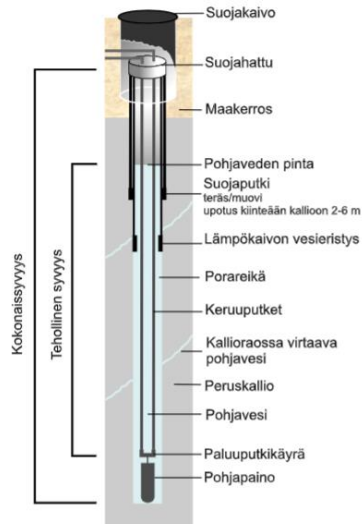
Maalämpö perustuu maahan varastoituu aurinkoenergiaan, joka ottaa maasta lämmönkeruujärjestelmän avulla. Lämmönkeruujärjestelmät voivat olla asennettuina lämpökaivoina tai keruupiireinä, kuten esimerkiksi pintamaassa tai vesistön pohjassa. Keruujärjestelmästä saadaan energiaa, kun lämpötila nostetaan kompressoriteknikalla lämpöpumpussa. Kompressoriteknikan avulla

lämpöpumppu voi nostaa jopa 65-asteista lämpöä vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. (26)

Suurin osa maalämpökohteista tehdään lämpökaivoilla. Kuvassa 5 on esitetty lämpö/energiakaivon rakenne. Lämpökaivojen ulkohalkaisija on 115–165 mm, johon laitetaan putkisto, jossa lämmönkeruuliuos kiertää. Lämpöenergiaa kerätään maaperään tehdyllä lämmönkeruuputkistolla, joka asennetaan vakaatasoon, ilmastovyöhykkeen mukaan, noin metrin syvyyteen, Pohjois- Suomessa syvemmälle. (27)

Veden lämmönsiirto-ominaisuudet ovat paremmat kuin maaperän, minkä ansiosta saadaan suurempia tehoja ja energiamääriä vesistössä olevasta putkituksesta. Suunnittelussa on kuitenkin otettava huomioon veden lämpötila, koska se ei saa pudota putken ympärillä talviaikanakaan alle +1 °C:n. Putkiston asennussyvyyden pitäisikin olla yli kaksi metriä, jotta vesi pääsee talvellakin liikumaan putkiston ympärillä. Virtaavassa vesistössä on veden lämpötila kontrolloitava, sillä virtaavan veden lämpötila voi olla matala. Energiatarpeeltaan isommissa kohteissa vesistöasennus on pienempiä kohteita tuottavampi, koska keruuputken asennus tarvitsee erikoisvalmisteluja ja -kalustoa. (27)

Kallio- ja maaperän rakenne sekä pohjavesiolosuhteet vaikuttavat putkiston mitoitukseen. Lisäksi lämmönjakojärjestelmän lämpötila vaikuttaa laitteiden hyötysuhteeseen ja keruupiirin pituuteen. Suunnittelija on vastuussa energiakaivon mitoituksesta. Suunnittelijan pitää käyttää mitoitukseen tarkoitettuja laskentaohjelmia, joita tarjoavat muun muassa lämpöpumpputoimittajat. Kun tiedetään rakennuksen lämmön- ja jäähdytyksen tarve, valitaan asianmukainen lämpöpumppu ja mitoitetaan maalämpöön eri osat. Mitoituksessa huomioitavia osia ovat keruuputkiston pituus ja määrä, lämpökaivon porareian syvyys sekä porareikien määrä ja niiden välinen etäisyys. Lämpökaivon hyödyntäminen käyttöveden lämmittämiseen ja tilan jäähdytykseen vaikuttavat myös mitoitukseen. Tarkasti mitoitettu keruupiiri maksaa itsensä takaisin hieman paremman lämpökertoimen muodossa. Lämpö- ja energiakaivon alimitoittaminen myös johtaa lämmönlähteen viilenemiseen pikkuhiljaa vuosien varrella. (28)



Kuva 5. Energiakaivon rakenne (28, s. 35).

3.7.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilmavesilämpöpumppuja on pääosin kahta tyyppiä, split- ja monoblock-laitteita. Molemmissa periaate on muuten sama, mutta pumppujen käsittelemä kylmäaine tekee työnsä eri paikassa. Monoblockissa kylmäaine siirtää lämmön veden ulkoyksikössä ja splitissä sisällä olevassa varaajassa. Koska ilma-vesilämpöpumpun kyky tuottaa tehoa heikkenee kovilla pakkasilla, tarvitaan tuekseen toisen lämmitysmuodon, varaajajärjestelmän. Laitteen rinnalle kannattaa kytkeä myös suoraan olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään, esimerkiksi öljykattilan tai sähkölämmityksen rinnalle. (29)

Ilmavesilämpöpumpun toimintaa alkaa ulkoyksiköstä, joka imee ulkoilmaa sisäänsä höyrystimeen. Lämpöpumpun suljetussa järjestelmässä on kylmäaine, jonka avulla saadaan kerättyä energiaa. Suljetussa järjestelmässä kylmäaine altistetaan eri paineille sekä lämpötiloille. Sen jälkeen kompressorin avulla saadaan kylmäaineesta muodostettu lämmintä kaasua, jonka voidaan käyttää

pumpun lauhduttimen avuin veden lämmittämiseen. Lämmin vesi hakeutuu pumpun sisäyksikköön, ja se siirtyy rakennuksen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Tämän prosessin yhteydessä kylmäaine palautuu kaasusta takaisin nesteeksi, jolloin sitä käytetään uudelleen ja uudelleen lämmitysprosessissa.

(30)

Rakennuksen vuotuinen energiankulutus ja huipputehontarve lämmityksessä ja lämpimän käyttöveden tuottamisessa ovat lähtökohtana laskettaessa kohteelle sopivaa lämpöpumpun mitoitusta. On tiedettävää, että IVLP voi antaa 50 prosenttia pienemmän tehoa -20 celsiusasteen kelillä kuin $+7$ celsiusasteen lämpötilassa, jossa laitteiden tehot yleensä ilmoitetaan (standardin EN14511 mukaan). Lisäksi laite voi kaikkein kylmimmissä olosuhteissa sammua automaattisesti. Kylmiin olosuhteisiin suunnitellut IVLP-mallit pitävät paremmin tehonsa kovemmillä pakkasilla. (29)

3.7.3 Poistoilmalämpöpumppu

PILP eli poistoilmalämpöpumppu kerää lämmitysenergiaa rakennuksesta poistettavasta ilmasta ilmanvaihtoputkiston avulla. Lämpöenergia siirretään lämpöpumpun kautta tuloilmaan, lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Tässä toiminnassa poistoilmalämpöpumppu vaatii tuloilma- ja poistoilmakanaviston. Poistoilmalämpöpumppua voidaan käyttää myös sisäilmaan viilentämisessä. (31)

Poistoilmalämpöpumppu on hyvä valinta matala- tai passiivitasoisen uudisrakennuksissa, koska uudisrakennuksissa ei vaadita tilojen lämmittämiseen suurta energiamäärää vuositasolla. Lämmönlähteenä käytetään tilasta poistettava sisäilma, jonka lämpötila ei vaihtelee vuoden aikana. PILP:lla ei yleensä voida tuottaa kaikkea rakennuksen tarvitsemaa lämmitysenergiaa koko lämmityskauden yli.

PILP:n avulla saadaan lämpöä vakioteholla (noin 2–3 kW) vuoden ympäri. Kesäaikaan poistoilman lämpötila on kuitenkin hieman korkeampi kuin talvella. Ja

lisäksi korjausrakennuksissa poistoilmalämpöpumppua ei suositella, koska rakennuksen sisätilavuus on suuri suhteessa lämmitystehon tarpeeseen nähden. (32)

PILP:n hyvä puoli on se, että se on käyttäjille erittäin helppohoitoinen, suodattimen puhdistus ja vaihto on tehtävä kerran vuodessa, laitevalmistajan ohjeiden mukaan. Lisäksi PILP korvaa samalla ilmanvaihtokoneen, ja poistaa ilmanvaihtolaitteen tavoin ilmaa myös rakennuksen kosteista tiloista. Rakennuksessa, jossa on poistoilmalämpöpumppua, ei tarvita erillistä ilmanvaihtokonetta eikä LTO-laitetta. Huonoja puolia on, että sen tehon avulla ei voi tuottaa kaikkea rakennuksen tarvitsemaa energiaa. PILP saa ilmaisenergiaa vain silloin, kun rakennuksen sisällä on riittävästi lämmönlähteitä, kuten ihmisiä, kodinkoneita ja tehokas ilmanvaihto. Poistoilmalämpöpumpun toinen hankaluus on sen kompressorin lyhyt käyttöaika, koska poistoilmapumppu toimii pienellä kompressorilla yhdessä ilmanvaihtokoneen kanssa, mikä tarkoittaa kompressori on toistuvasti käynnissä. Kovilla pakkasilla poistoilmalämpöpumppu käyttää sähkövastuksia lisälämpöön, jolloin poistoilmalämpöpumpun lämmityskustannus on paljon enemmän kuin esimerkiksi maalämmön. (32)

3.7.4 Ilmalämpöpumppu

Ilmassa on paljon auringosta lähtöisin olevaa lämpöenergiaa, jonka voidaan käyttää hyödyksi ilmalämpöpumpuilla. Lämpö kulkee lämpimästä kylmempään suuntaan. Käytännöllisesti katsoen pakkasella kiinteistön sisältä lämpö kulkeutuu seinien, ikkunoiden ja ovien läpi sekä ilmanvaihdon mukana ulkoilmaan. Siirrettäessä kylmemmästä ulkoilmasta lämpöä lämpimään sisäilmaan, tarvitaan lämpöpumppua. Ilmasta löytyy aina lämpöä, jos ulkoilmatila on absoluuttisen nollan yläpuolella. (33)

ILP eli ilmalämpöpumppu koostuu ulkoyksiköstä ja yhdestä tai useammasta sisäyksiköstä. Prosessi toimii niin, että laite siirtää lämpöenergiaa ulko- ja sisäyksikön avulla. Ulkoyksikkö kierrättää ulkoilmaa lävitseen jaa jäähdyttää sen, kun laite käytetään lämmityskäytössä. Talteen otettu lämpö johdetaan kompressorin

avulla sisäyksikköön, joka luovuttaa lämmön sisäilmaan. (34) Vastaavasti ilmalämpöpumpuilla saadaan myös viilennettyä sisäilmaa kesäisin. Jäähdytyksen toiminnassa ilmalämpöpumpuissa kylmäaineen toiminta on käänteinen. Sisäyksiköstä tulee höyrystin ja ulkoyksiköstä lauhdutin. Tehtävän siirto suoritetaan nelitieventtiilillä, jolloin höyrystimenä osallistuvalla sisäyksikölle aiheutetaan kompressorilla alipaine. Sisäyksikössä höyrystyneeseen kylmäaineeseen liittyy lämpöä sisäilmasta, jolloin sisäilma kylmenee ja kylmäaine lämpenee. Lauhduttimena toimivalle ulkoyksikölle mennessään kompressori puristaa kylmäaineen nostaakseen lämpötilaan, jossa kylmäaine lauhtuu ja lämpö siirtyy ulkoilmaan.

Ilmalämpöpumppu ei ylipäättäen sovellu yksin rakennuksen lämmityslaitteeksi, koska sen hyötysuhde ja tehontuotto huonontuvat ulkolämpötilan alentuessa, eikä lämpötila usein leviä ilman mukana riittävän tehokkaasti kaikkiin paikkoihin. Ilmalämpöpumppu työskentelee sitä tehokkaammin, mitä pienempi lämpötilaero sisä- ja ulkoilman välillä on. Tasokkaalla lämpöpumpulla voidaan tuottaa rakennuksen tarvitsema lämpö leudon talven aikana, mutta ilmalämpöpumppu tarvitsee rinnalleen myös itsenäisen varalämmitysmuodon, joka käynnistyy tarvittaessa termostaatin ohjaamana. (34)

Mikäli rakennuksessa on käytössä ilmalämpöpumpun rinnalla toinen lämmitysjärjestelmä, sen lämpötilan asetusarvoa kannattaa säätää noin 2–4 astetta ilmalämpöpumpun asetusarvoa matalammalle, jolloin voidaan ilmalämpöpumpun tuottama ilmaisenergia maksimoida. Suomen oloissa ilmalämpöpumpun kannattaa asettaa tarpeen mukaan manuaalisesti joko viilennys- tai lämmitystoiminnolle. Automaattiasetus voi toimia virheellisesti Suomen olosuhteissa. (34)

3.8 Lämmöntalteenotot

Teollisuuden prosesseissa syntyy runsaasti lämpöenergiaa, jonka voidaan käyttää hyödyksi lämmöntalteenoton avulla. Lämmöntalteenoton ja lämmönsiirron takia tuotannon energiatehokkuus kasvaa ja prosessin suorituskyky ja laatu paranevat. Energiatehokkuuden parantuessa uusiutuvan energian osuus lisääntyy ja energiakustannukset laskevat ostoenergian tarpeen pienentyessä.

Lämmöntalteenottoa hyödynnetään monissa teollisuusprosesseissa, kuten esimerkiksi kuivauksessa, jäähdytyksessä ja lämmityksessä. (35)

LTO:n avulla voidaan parantaa prosessin energiatehokkuutta. Energiankäyttö tehostuu, kun talteen otettu energiaa siirretään eri vaiheiden välillä. Esimerkiksi tuotannossa on samassa prosessissa usein sekä lämmitys että jäähdytys. Tässä tapauksessa voidaan yhdistää nämä vaiheet, jonka avulla saadaan merkittäviä parannuksia energiatehokkuudessa ja säästöjä primäärienergian kuluksessa. Lisäksi lämmöntalteenoton avulla pystytään energiansäästön lisäksi myös parantamaan prosessin toiminta, kuten sen läpimenoaika ja laatua. (35)

3.8.1 Levylämmönsiirrin

Levylämmönsiirrin on laite, jota käytetään lämmön siirtämiseen yhdestä aineesta toiseen. Se koostuu useista metallilevyistä, jotka on pinottu päällekkäin ja tiivistetty toisiinsa nippusiteillä tai paineilman avulla. Levylämmönsiirrin mahdollistaa tehokkaan lämmönsiirron pienessä tilassa. (36)

Levylämmönsiirrinten rakenne mahdollistaa sen, että lämmönsiirtoaineet kulkevat vastakkaisiin suuntiin pinottujen levyjen välissä. Tämä mahdollistaa suuren lämmönsiirtopinta-alan ja siten tehokkaan lämmönsiirron. Levylämmönsiirrinten suorituskyky riippuu siitä, kuinka tiiviisti levyt ovat toisiinsa kiinni ja kuinka suuri lämmönsiirtonopeus on. (36)

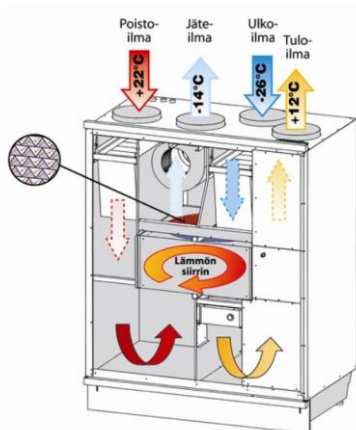
Levylämmönsiirrintä käytetään laajasti eri sovelluksissa, kuten lämmitysjärjestelmissä, ilmastointijärjestelmissä, jäähdytysjärjestelmissä, lämpöpumpuissa ja erilaisissa teollisuusprosesseissa. Levylämmönsiirrinten etuna on niiden korkea tehokkuus, pieni koko ja helppo huollettavuus. Niitä käytetään yleensä korvaamaan suurempia ja tilavampia lämmönvaihtimia, mikä johtaa energiansäästöihin ja kustannustehokkuuteen. (36)

Levylämmönsiirrinten käyttöönotto vaatii yleensä tarkkaa suunnittelua ja huolellista asennusta. Levylämmönsiirrimet on suunniteltu käytettäväksi tietyn

lämmönvaihtotarpeen mukaan, ja niiden valinta riippuu monista tekijöistä, kuten virtausnopeudesta, lämpötilaeroista ja paineesta. Lisäksi levylämmönsiirtimien tehokkuutta on tärkeää ylläpitää säännöllisellä huollolla, joka sisältää esimerkiksi levylämmönsiirtimien puhdistuksen ja tarkastuksen. (36)

3.8.2 Pyörivä lämmöntalteenotto

Pyörivää lämmönsiirrin sopii käytettäväksi kaikkiin kohteisiin, joihin se soveltuu, sillä pyörivällä lämmönsiirtimellä varustettu lämmöntalteenottolaite on melko tehokas. Pyörivällä lämmöntalteenotolla saavutetaan jopa 70 %:n vuosihyötysuhde, ja sen jäätymisriski on matalampi kuin passiivisilla ristivirtalämmönvaihtimilla. Pyörivä lämmönsiirrin toimii myös viileyden talteenottajana ja hidastaa rakennuksen lämpenemistä kuumina kesäpäivinä. Laite soveltuu parhaiten pienempiin kohteisiin, koska se saattaa viedä lämmön myötä myös vähän kosteutta ja epäpuhtauksia poistoilman puolelta tuloilman puolelle. Lämmön siirtymistä voidaan tehostaa lisäämällä pyörimisnopeutta, mutta kiekon pyörimisnopeutta ei voida kuitenkin nostaa paljon, sillä tietyllä nopeudella lämmönsiirtyminen ei enää lisääny. (36). Kuvassa 6 on esitetty pyörivä lämmöntalteenotto.



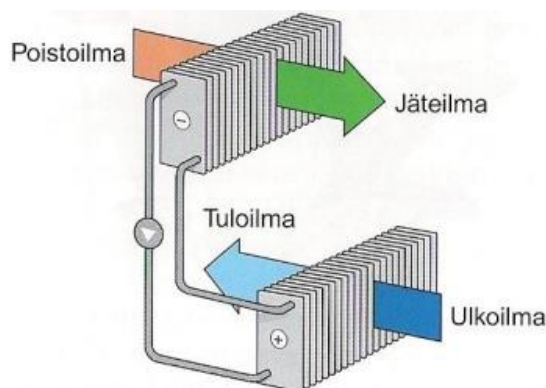
Kuva 6. Pyörivä lämmöntalteenotto (Energiatehokas koti).

Pyörivä lämmöntalteenotossa on pyörivä alumiininen talteenottokiekko, jossa lämmin poistoilma kiertää kiekon yläpuolen läpi ja varaa lämmöllä kiekon lamellit. Energia varastoituu pyörivän kiekon massaan. Kun poistoilma siirtyy kylmän tuloilman puolelle kennot luovuttavat lämpönsä kiekon alapuolen läpi virtaavalle ulkoilmavirrälle. (36).

3.8.3 Nestekiertoinen lämmöntalteenotto

Nestekiertoinen lämmöntalteenotto siirtää lämpöä poistoilmasta tuloilmaan ja järjestelmässä lämpöä siirretään yleensä vesiglykoliseoksen avulla. Kun kyseessä on pienet lämpötilaerot, niin edellyttää paljon lämmönsiirtopinta-alaa. Lämmöntalteenoton patterin koko suurentamalla saadaan korkeampi lämpötilahyötysuhde. (37)

Hyviä ominaisuuksia nestekiertoisella järjestelmällä on, että tulo- ja poistoilmavaihtokoneet voivat sijoittaa eri puolilla rakennusta, jolloin ilmanvaihtokanavia ei tarvitse johtaa samaan paikkaan. Nestekiertoinen lämmöntalteenottojärjestelmä sopii sairaaloihin, teollisuuteen ja laboratorioihin, koska nestekiertoisella lämmöntalteenotolla ilmavirrat eivät sekoitu keskenään. Lämpötila säädetään 3-tieventtiiliä, jonka avulla voidaan säätää virtaava nestettä, jolloin teho vaihtuu patterissa. 3-tieventtiilin säädöllä estetään myös mahdollinen patterin jäähtymistä, tämä tapahtuu säätämällä poistopatterille tulevan liuoksenlämpötilaa. Kuvassa 7 on esitetty nestekiertoinen lämmöntalteenotto. (37)



Kuva 7. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto (37).

Huonoja ominaisuuksia nestekiertoisella lämmöntalteenotolla ovat kuluvien osien lisääminen järjestelmään, pumppaukseen sähkönkulutus sekä hankintahinnat pattereille, putkille ja pumpulle. Myös patterien jäähtyminen ja hyötysuhteen alentuminen on riski järjestelmän toimivuudelle. Lämmöntalteenottojärjestelmistä nestekiertoinen on lämpöhyötysuhteeltaan huonoin, lämpöä saadaan irti 40–60 %, koska siinä tapahtuu lämmönsiirtyminen kaksi kertaa. Nestekiertoisessa lämmöntalteenotossa lämpö siirtyy aluksi poistoilmanvaihtokoneen lämmönsiirtopinnan läpi ilmavirrasta nestevirtaan ja tämän jälkeen tuloilmavaihtokoneessa nestevirrasta lämmönsiirtopinnan läpi tuloilmavirtaan. Muissa LTO-järjestelmissä lämpö siirtyy suoraan poistoilmasta lämmönsiirtopinnan kautta tuloilmaan. Muissa LTO-järjestelmissä lämpöhyötysuhteet ovat noin 70–90 %. (38)

4 Teollisuuden energiatehokas LVI-suunnittelu

4.1 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtojärjestelmä on rakennuksen tai tilan järjestelmä, joka huolehtii sisäilman vaihtumisesta ja puhtaudesta. Ilmanvaihtojärjestelmä koostuu useista eri osista, jotka yhdessä mahdollistavat ilman liikkeen ja ilmalaadun hallinnan. (35)

Ilmanvaihtojärjestelmän keskeisiä osia ovat ilmanvaihtokone, ilmanvaihtokanavat, ilmanjakelujärjestelmä sekä tarvittavat suodattimet, lämmitys-, jäähdytys- ja säätölaitteet. Ilmanvaihtojärjestelmässä ilman liikettä ohjataan mekaanisesti esimerkiksi puhaltimien avulla, jotka voivat puhaltaa tai imeä ilmaa tilan mukaan. (35)

Hyvin toimiva ilmanvaihtojärjestelmä on tärkeä sisäilman laadun kannalta, sillä se mahdollistaa haitallisten aineiden, kosteuden poistumisen sisäilmasta ja tuoreen ilman saapumisen sisätiloihin. Lisäksi tehokas ilmanvaihto voi parantaa sisäilman viihtyisyyttä ja vähentää terveysriskejä. (35)

4.1.1 Hukkaenergian hyödyntäminen

Ilmanvaihtojärjestelmän hukkaenergian hyötykäyttö teollisuudessa on tarpeellinen energiasäästön kannalta. Ilmanvaihtojärjestelmän prosessissa kuluu paljon energiaa, sillä ne pumpaavat ilmaa tilasta toiseen järjestelmässä. Järjestelmässä syntyvä hukkaenergian avulla päästään vähentämään energiakustannuksia. Ilmanvaihtojärjestelmästä talteenotettu hukkaenergia voidaan käyttää rakennuksen lämmitysjärjestelmään tai käyttöveden tuotantoon. Lisäksi talteenotettu lämpöenergiaa voidaan hyödyntää myös prosessilämmityksessä. (39)

4.1.2 Hukkaenergian käyttö lämpöpumpulla

Teollisuuden poistoilma voi sisältää erittäin paljon lämpöenergiaa, jota voidaan hyödyntää lämpöpumpun avulla. Lämpöpumppu ottaa talteen ilmaan varastoinutta lämpöä ja nostaa sen lämmön korkeammalle lämpötilalle, jolloin sitä lämpöä voidaan käyttää esimerkiksi prosessissa tai tilojen lämmittämiseen. Koska teollisuuden puolella lämmitys- ja jäähdytystarve on suuri, tulee hukkaenergiaa hyödyntää. Lämpöpumpun hyödyntäminen ja käyttäminen vaatii tarkkaa suunnittelua LVI-suunnittelijoilta, koska virtausmäärät sekä lämpötilat on mitattava ja laskettava tarkasti, jotta lämpöpumpun mitoitus ja toiminta onnistuisi. (39)

4.1.3 Hukkaenergian käyttö lämmönvaihtimella

Ilmanvaihtojärjestelmän hukkaenergiaa voidaan hyödyntää myös lämmönvaihtimella. Lämmönvaihtimen avulla saadaan siirrettyä hukkalämpöä käyttöveden lämmitykseen tai prosessilämmitykseen. Lämmönvaihdin toimii, siten että järjestelmästä poistuva ilma ja käyttövesi virtaavat vaihtimen eri puolilla, jolloin lämpö siirtyy ilmasta käyttöveteen. Prosessissa tarvitaan kaksi erillistä virtapiiriä, jossa nesteet kiertävät eri suuntiin. Lämmönvaihtimen hyödyntäminen ja käyttäminen vaatii huolellista suunnittelua ja yhdistelyä osaksi teollisuusprosesseja. (39)

4.1.4 Energiatehokas ilmanvaihtojärjestelmä teollisuudessa

Energiatehokas ilmanvaihtojärjestelmä koostuu monesta eri komponentista. Sen toimintaperiaate perustuu ilman liikkeen ohjaamiseen ja lämmöntalteenottoon. Ilmanvaihdon tärkein tehtävä on hallita teollisuusprosessin olosuhteita, kuten lämpötilaa, ilman määrää ja laatua. Energiatehokas järjestelmä hyödyntää lämmöntalteenottoa, jolloin poistoilman lämpöenergiaa siirretään takaisin sisään tulevaan raikkaaseen ilmaan. (38)

Teollisuuden ilmanvaihtojärjestelmä vaatii tarkkaa suunnittelua ja säätöä. Suunnittelijan pitää mitoittaa järjestelmän tarkasti teollisuusprosessin vaatimuksiin ja ilmanvaihdon määrään. Energiatehokas ilmanvaihtojärjestelmä koostuu suunnitelluihin ja energiatehokkaisiin komponentteihin sekä järjestelmän säätöön. (38)

4.2 Lämmitys

Suomessa 30 % primäärienergian käytöstä kuluu rakennusten lämmitykseen. Teollisuudessa lämmityskulutukseen vaikuttavat lämmitettävän paikan pinta-ala, rakennuksen eristys, kohdassa käytettävä lämmitysjärjestelmä, sen hyötysuhde, lämpötilatasot sekä lämpökuormat. Rakennusten lämmitystarve koostuu käyttöveden lämmityksestä, ilmanvaihdosta, johtumislämpöhäviöistä sekä vuotoilman lämmityksestä. (40).

Teollisuudessa kiinteistöjen lämmitykseen käytetään yleisesti kaukolämpöä ja höyryä prosessin lämmityksessä. Teollisuusyritykset saavat joko tuottaa tarvittavan lämmön itse tai osta ulkopuoliselta toimijalta. Teollisuusrakennuksessa voidaan tuottaa oman käyttöön tarvittava lämpöenergiaa käyttämällä uusiutuvaa energiaa, kuten puuta tai pellettiä. Lämmönsiirrossa pumput ovat tärkeässä roolissa, koska energiatehokkaalla pumpulla päästään säästämään huomattavasti sähköä ja kustannuksia. (40).

Lämmitysjärjestelmissä hukkaenergiaa syntyy monesta eri tekijästä. Yleisempiä syitä ovat lämmönlähteiden ylimitoitus, huono eristys, huonosti säädetty säätöjärjestelmä ja prosessin käyttämä energian tehottomuus.

4.2.1 Hukkaenergian hyödyntäminen

Hukkaenergiaa, joka syntyy eri lämmitysjärjestelmissä, voidaan hyödyntää monella tavalla. Yksi tapa olisi käyttää lämmönvaihdinta, joka erottaa lämmön lähteestä ja siirtää sen toiselle järjestelmälle, jossa sitä tarvitaan. Toinen tapa olisi hyödyntää lämpöpumppua, joka voi ottaa talteen esimerkiksi teollisuusprosessin tai maalämmön hukkalämpöä. Molemmilla tavoilla hukkalämpö saadaan tehtaan käyttöön. (39)

4.2.2 Energiatehokas lämmitysjärjestelmä teollisuudessa

Teollisuuden energiatehokkaan lämmitysjärjestelmän toiminnassa tulee huomioida useita eri tekijöitä. Esimerkiksi lämmönlähteiden hyödyntäminen, joita löytyy monista eri prosesseista ja lämmöntalteenoton hyödyntäminen. Myös lämmitysjärjestelmän optimointi on tärkeää, jotta lämmitys tapahtuisi mahdollisimman energiatehokkaasti. Tämä tarkoittaa oikein mitoitettua järjestelmää ja energiatehokkaita pumppuja. (40)

Kokonaisuutena teollisuuden energiatehokkaan lämmitysjärjestelmän tulee olla suunniteltu huolellisesti. Järjestelmän toimintaa on seurattava säännöllisesti, jotta häiriöitä voidaan havaita ja korjata nopeasti. Järjestelmässä tulee hyödyntää erilaisia teknologioita, kuten energiatehokkaita pumppuja ja automaatiojärjestelmiä. (40)

4.3 Jäähdytys

Ilmastointijärjestelmien energiatehokkuus on erityisen tärkeää rakennuksissa, joissa käytetään ilmanvaihto- tai muita jäähdytysjärjestelmiä. Teollisuuslaitoksissa jäähdytystarve on jatkuva ja tehontarpeet ovat suuria, joten

jäähdytysjärjestelmien suunnittelussa ja valinnassa on tärkeää kiinnittää huomiota energiansäästöön. Vapaajäähdytyksen hyödyntäminen on kannattavaa energian säästämiseksi. (41)

Teollisuuskohteen jäähdytysjärjestelmän suunniteltaessa pitää ottaa huomioon monia asioita, kuten tilan käyttötarkoitus, jäähdytystehon tarve, käyttöaste sekä järjestelmän rakennus- ja käyttökustannukset. Jäähdytystehontarpeen laskennassa pitää ottaa huomioon auringon, ulkoilman ja tilan sisäisten kuormien vaikutus tilaan lämpötilaan. Tiloja on suunniteltava ja rakennettava siten, että tilat eivät lämpene haitallisesti. (41)

Jäähdytysjärjestelmässä hukkaenergia syntyy prosessin aikana, kun lämmön-siirto tapahtuu jäähdytettävän kohteen ja jäähdytysnesteen välillä. Prosessissa lämpöä siirretään pois jäähdytettävästä kohteesta ja se siirtää sen jäähdytysnesteeseen. Neste siirtyy jäähdytysjärjestelmän läpi ja vapauttaa lämmön ulkoilmaan. Vapautunutta lämpöenergiaa on hukkaenergiaa, jonka voidaan hyödyntää esimerkiksi lämmitysjärjestelmässä tai muissa prosesseissa. Hukkaenergiaa syntyy myös järjestelmän käynnistyessä tai sammuttaessa sekä jäähdytysjärjestelmän ylläpidon ja huollon aikana. (39)

4.3.1 Jäähdytysnesteen uudelleen käyttö

Jäähdytysnesteen uudelleenkäyttö on tapa hyödyntää järjestelmän hukkaenergiaa teollisuudessa. Nestettä käytetään teollisissa prosesseissa, joissa sen tarkoitus on poistaa lämpöä ja alentaa lämpötilaa. Kun nestettä käytetään jäähdytysjärjestelmässä, sen lämpötila nousee ja se muuttuu käyttökelvottomaksi kyseisessä prosessissa. Käyttökelvottomaksi muuttunutta nestettä voidaan käyttää uudelleen jäähdytyksen toisessa osassa tehdasta tai siirtää se muihin prosesseihin käyttöön. Uudelleenkäyttöä varten on varmistettava nesteen laatua ja puhdistusta. Tämän avulla saadaan vähennettyä nesteen kulutusta ja jäähdytysjärjestelmän energiankulutusta. (42)

4.3.2 Hukkaenergian käyttö lämpöpumpulla

Jäähdytysjärjestelmään kytketty lämpöpumpppujärjestelmä voi ottaa talteen hukkalämpöä, joka voidaan käyttää uudelleen. Lämpöpumpulla voidaan esimerkiksi ottaa jäähdytysjärjestelmästä poistuvan nesteen lämmön talteen, nostaa sen lämpötilan ja siirtää sen uudelleen käytettäväksi.

Lämpöpumpppujärjestelmien käyttöönotto jäähdytysjärjestelmissä voi huomattavasti pienentää energiankulutusta ja säästää kustannuksia, sillä hukkalämmön talteenotto ja sen uudelleenkäyttö vähentää tarvetta lämmitykseen sekä sähköenergian käyttöä. Lämpöpumput ovat ympäristöystävällisempiä kuin perinteiset lämmitysjärjestelmät, koska ne käyttävät uudelleen olemassa olevaa energiaa sen sijaan, että tuottaisivat uutta energiaa. (43)

4.3.3 Hukkaenergian käyttö lämmönvaihtimella

Lämmönvaihtimen avulla saadaan siirrettyä lämpöä aineesta toiseen. Jäähdytysjärjestelmän hukkalämmön talteenotto voidaan tehdä suunnittelemalla lämmönvaihdin jäähdytysjärjestelmän ja lämmitysjärjestelmän väliin, jolloin jäähdytysjärjestelmän hukkalämpö siirtyy lämmitysjärjestelmään. Prosessissa lämmön siirto tapahtuu lämmönvaihtimessa virtaavien eri aineiden välillä, esimerkiksi jäähdytysnesteen ja ilman välillä.

Teollisuudessa lämmönvaihtimet ovat tehokkaita ja yleisiä laitteita, sillä niitä voidaan käyttää monenlaisissa lämmönsiirtotarkoituksissa. Lämmön siirto onnistuu eri lähteistä, kuten höyrystä, kaasusta, öljystä ja nesteestä. Lisäksi lämmönvaihtimet voidaan suunnitella olemassa oleviin järjestelmiin. (39)

4.3.4 Vapaajäähdytys

Vapaajäähdytyksen käyttö on tehokas tapa säästää energiaa teollisuudessa. Suomessa on hyvät olosuhteet vapaajäähdytyksen käyttöön, sillä maassa on kylmä ilmasto ja runsaat vesistöt, jotka tarjoavat erinomaiset mahdollisuudet

vapaajäähdytyksen hyödyntämiseen. Tämän avulla voidaan teollisuuslaitoksissa käyttää jäähdytysjärjestelmiä, jotka hyödyntävät ympäröivää ilmaa tai vettä jäähdytysprosessissa, mikä johtaa merkittäviin energiasäästöihin. (44)

Vapaajäähdytys perustuu jäähdytysveden viilentämiseen ulkoilman avulla. Ulkoilman viileys riittää usein jäähdytyksen tarpeisiin, mutta joskus kompressoripohjaista jäähdytyslaitetta on käytettävä täydentämään jäähdytysprosessia. Liuoslauhdutteisella vedenjäähdytyslaitteella voidaan hyödyntää vapaajäähdytystä käyttämällä koneiston nestejäähdytintä ja vapaajäähdytys siirintä, jotka kylmentävät jäähdytysvettä. Tämä mahdollistaa sekä kompressoripohjaisen jäähdytyksen että vapaajäähdytyksen käytön samanaikaisesti. (44)

Vapaajäähdytyksen hyödyntäminen edellyttää ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelua ja toteutusta siten, että jäähdytys voidaan toteuttaa tehokkaasti. Vapaajäähdytys voidaan yhdistää myös muihin energiansäästötoimenpiteisiin, kuten lämpöpumppuihin ja aurinkopaneeleihin, jolloin sisätilojen energiankulutusta voidaan pienentää. (44)

4.3.5 Energiatehokas jäähdytysjärjestelmä teollisuudessa

Teollisuuden tehokas jäähdytysjärjestelmä vaatii tarkkaa suunnittelua ja toimivien komponenttien yhteistyötä. Suunnittelussa on otettava huomioon teollisuusprosessien jäähdytystarpeet sekä olosuhteet, kuten kosteus ja lämpötila. Komponentit, kuten jäähdyttimet, pumput ja putkistot, on valittava huolella, jotta ne ovat toimintavarmoja ja tehokkaita. Myös järjestelmän säätö on tärkeää, jotta saadaan energiategokas jäähdytysjärjestelmä, joka kuluttaa vain tarvittavan määrän energiaa. Säätö tulee tehdä siten, että jäähdytysjärjestelmä toimii tarvittaessa täydellä teholla, mutta säätömahdollisuudet ovat riittävät, jotta energiaa ei kulu turhaan. (40)

4.4 Käyttövesi

Käyttöveden tarkoituksena on toimittaa puhdasta ja turvallista juomavettä kaikkiin rakennuksen tarvitsemiin kohtiin. Järjestelmän suunnittelussa ja toteutuksessa on tärkeää huomioida monia tekijöitä, esimerkiksi käyttöveden kulutus, putkiston materiaalit, putkiston mitoitus, rakennuksen korkeus ja käyttötarkoitus. (40)

4.4.1 Hukkaenergian hyödyntäminen

Teollisuusprosessit kuluttavat paljon energiaa, ja samalla ne tuottavat jätevettä, joka sisältää suuria määriä lämpöenergiaa. Jätevesi sisältää lämpöenergia, jota voidaan hyödyntää monin eri tavoin teollisuudessa. Sen talteenotto voi huomattavasti vähentää teollisuusprosessien energiankulutusta ja kustannuksia. (39)

Käyttövesijärjestelmässä syntyvää hukkaenergiaa voidaan talteen ottaa ja hyödyntää uudelleen käyttöveden esilämmityksessä tai rakennuksen lämmitysjärjestelmän tukemisessa. Talteenotto tapahtuu joko lämmönvaihtimella tai lämpöpumpulla. Kun käyttövesi virtaa hanasta tai suihkusta, se on lämpötilaltaan korkea. Veden valumisen myötä viemäriin, lämpötila laskee, jolloin hukkaenergia vapautuu. Lämmönvaihtimessa hukkaenergia siirtyy erilliseen keräysputkeen, jossa oleva neste kuljettaa energian talteenottolaitteistoon. Lämpöpumpulla hukkaenergia kerätään talteenottolaitteistoon kytketyllä kylmäainekierrolla, joka ottaa vastaan hukkaenergian lämpötilan alenemisen. Tämän jälkeen kylmäaineen höyrystin muuttaa sen kaasuksi, joka siirtyy lämpöpumpun kompressoriin. Kompressorin avulla kylmäaineen lämpötila nousee, ja se aine siirtyy takaisin talteenottolaitteistoon, jossa se siirtää kerätyn lämpöenergian käyttöveteen. Näiden prosessien avulla voidaan säästää energiaa ja vähentää kustannuksia. (39)

4.4.2 Tehokas käyttövesijärjestelmä teollisuudessa

Teollisuuden energiatehokkaan käyttövesijärjestelmä vaatii huolellista suunnittelua ja toteutusta. Suunnittelussa on tärkeää kiinnittää huomiota

lämmöntalteenottoon, lämmönjakeluun, veden käsittelyyn ja putkistojen mitoitukseen. Toteutuksen aikana pitää varmistaa, että asennustyöt ovat suunnitelmien mukaan. (40)

5 Haastattelututkimus

Haastattelututkimuksessa haastateltiin kahta henkilöä teollisuuden energiatehokkaan LVI-suunnittelun teemalla. Yksi haastateltavista oli AFRY:n LVI-pääsuunnittelija ja toinen AFRY:n asiakas. Haastattelussa suunnittelijalta tiedusteltiin AFRY:n käyttämiä toimintamalleja energiatehokkaan LVI-suunnittelun kehittämiseksi ja LVI-järjestelmistä, jotka vaikuttavat teollisuuden energiatehokkuuteen. Asiakkaan kanssa keskusteltiin heidän energiakulutuksestaan ja säästöratkaisuistaan.

Ennen haastattelua muodostettiin kysymykset, joita esitettiin erikseen suunnittelijalle ja asiakkaalle. Tutkimus pyrkii selvittämään, millaisia ratkaisuja ja käytäntöjä AFRY käyttää energiatehokkaan LVI-suunnittelun kehittämiseksi sekä millaisia kokemuksia asiakkaalla on teollisuuskohteiden energiatehokkuudesta ja sen parantamisesta.

5.1 Suunnittelijan haastattelu

Suunnittelijalta kysyttiin haasteita liittyen teollisuuskohteiden energiatehokkuudesta ja miten LVI-suunnittelija voi auttaa parantamaan teollisuuskohteen energiatehokkuutta. Lisäksi tiedusteltiin, millaisia uusia teknologioita tai innovaatioita voidaan hyödyntää energiatehokkuuden parantamiseksi.

5.1.1 Toimintamallit

AFRY käyttää erilaisia toimintamalleja energiatehokkuuden parantamiseksi, kun suunnittelee ja toteuttaa LVI-järjestelmiä. Toimintomalleihin kuuluu vapaajäähdytyksen hyödyntäminen, jäähdytysjärjestelmän lauhdelämmön hyödyntäminen, ympäristöystävällisten kylmäaineiden käyttö, energiatehokkaat laitteet, kuten

taajuusmuuttajaohjatut puhaltimet ja pumput sekä mittaukset, joiden avulla energiankulutusta voidaan seurata ja tarvittaessa säätää.

Suunnittelijan mukaan AFRY suunnittelee LVI-järjestelmiä siten, että ne ovat tarpeenmukaisia järjestelmän sopivia. eikä laitteita ylimitoiteta. Tämä vähentää turhaa energiankulutusta ja säästää kustannuksia. Samalla huomioidaan kuitenkin mahdolliset järjestelmän laajennukset tulevaisuudessa ja tarvittaessa sovi-taan laajennustarpeet erikseen asiakkaan kanssa.

LVI-järjestelmän ohjausjärjestelmään suunnitellaan riittävästi mittauksia, jotta energiankulutusta voidaan seurata ja tarvittaessa säätää. Tämä mahdollistaa LVI-järjestelmän optimaalisen toiminnan ja energiatehokkuuden varmistamisen. Tarpeenmukaisen ilmanvaihdon ja lämmityksen varmistamiseksi määritellään LVI-järjestelmää ohjaava suure, joka huomioi tuotantoprosessin vaatimukset. LVI-järjestelmän säätö- ja ohjaus tapahtuu esimerkiksi sisälämpötilan, kosteuden ja pitoisuuden mukaan. Näiden toimintamallien avulla AFRY pyrkii parantamaan energiatehokkuutta ja vähentämään ympäristön kuormitusta LVI-järjestelmiä suunnitellessaan ja toteuttaessaan.

5.1.2 Haasteet

Teollisuuskohteiden LVI-suunnittelussa energiatehokkuuden parantamiseen liittyy useita haasteita. Yksi haaste on LVI-järjestelmien energiankulutuksen erottaminen prosessin energiankulutuksesta, sillä LVI-järjestelmien lämpö- ja sähköenergian kulutusta ei ole mahdollista mitata erikseen. Tämä voi johtaa siihen, että asiakas ei ole kiinnostunut LVI-järjestelmän energiankulutuksesta, koska se on vain pieni osa kokonaisenergiankulutuksesta. Toisaalta suurimmat energia-säästämahdollisuudet löytyvät usein prosessilaitteista.

Toinen haaste on energiatehokkuuteen liittyvien investointien takaisinmaksu-ai-kojen pituus. Asiakkaat haluavat, että investoinnin tulisi maksaa itsensä vain muutamassa vuodessa. Lisäksi kaikissa laitoksissa ei välttämättä ole omaa vas-tuhenkilöä, joka pystyisi ottamaan kantaa LVI-järjestelmien

energiakulutukseen ja edistämään LVI-järjestelmien energiatehokkuutta omassa organisaatiossa.

Kolmas haaste liittyy uusiin investointikohteisiin, joissa projektin toteuttava organisaatio saattaa olla eri kuin se, joka tulee käyttämään prosessia. Toteuttava organisaatio ei välttämättä ole kiinnostunut LVI-järjestelmien elinkaarikustannuksista, mikä voi johtaa energiatehokkuuden laiminlyömiseen. Näiden haasteiden saavuttaminen vaatii LVI-suunnittelijoilta vahva osaamista energiatehokkuuden edistämiseksi sekä hyvää yhteistyö asiakkaiden ja eri organisaatioiden kanssa.

5.2 Haastattelututkimus asiakkaan näkökulmasta

Haastattelututkimuksessa tarkasteltiin yhden AFRY:n asiakkaan näkökulmasta teollisuuden energiatehokkuutta. Haastatteluissa selvitettiin, käytetäänkö teollisuuskohteessa energiatehokkaita laitteita ja teknologioita, ja onko energiankulutus seurattavissa ja kulutusdataa saatavilla, onko käytössä energianhallintajärjestelmä, joka auttaa tunnistamaan energiakulutukseen piikkejä ja säästö mahdollisuuksia

Haastattelututkimuksen osallistui AFRYN: asiakas, joka edusti teollisuudenalaa. Haastateltava oli perehtynyt energiatehokkuuskysymyksiin ja oli vastuussa teollisuuskohteen energiankulutuksesta ja sen seurannasta

5.2.1 Haastattelu asiakkaan kanssa

Teollisuuskohteiden energiatehokkuus on tärkeä aihe, joka herättää yhä enemmän kiinnostusta ympäristö- ja kustannussyistä. Haastattelussa keskusteltiin energiatehokkaiden laitteiden ja teknologioiden käytöstä teollisuuskohteessa, ja haastateltava totesi, että vaikka jo käytetään energiatehokkaita laitteita ja teknologioita, niiden käyttöaste ei ole vielä täysin optimaalinen. Tämä korostaa tarvetta kiinnittää huomiota siihen, miten energiatehokkaita laitteita käytetään teollisuudessa ja varmistaa, että ne ovat käytössä mahdollisimman tehokkaasti.

Toinen keskustelunaihe liittyi energiankulutuksen seurantaan ja kulutusdatan saatavuuteen. Vaikka haastateltava ei osannut vastata kysymykseen, on tärkeää huomata, että kulutusdatan kerääminen ja seuranta ovat avainasemassa energiatehokkuuden parantamisessa. Reaaliaikainen kulutusdatan saatavuus auttaa havaitsemaan energiankulutuksen piikkejä ja tunnistamaan mahdollisia säästömahdollisuuksia.

Lopuksi keskusteltiin haasteista teollisuuskohteen energiatehokkuuden parantamisessa. Haastateltava mainitsi, että investointikustannukset ja laitevalinnat ovat tärkeimmät haasteet energiatehokkuuden parantamisessa. Lisäksi välittömät kustannukset energiankulutuksesta ovat tärkeä tekijä, joka vaikuttaa energiatehokkuuden parantamiseen.

5.2.2 Haastattelun tulokset

Tämä opinnäytetyö perustuu kirjallisuusselvitykseen ja haastattelututkimukseen, joita tehtiin selvittääkseen teollisuuskohteiden energiatehokkuuteen liittyviä näkökulmia suunnittelijoiden ja asiakkaiden välillä. Tutkimuksessa huomattiin, että molemmat osapuolet korostivat laitevalintojen merkitystä energiatehokkuudessa.

Haastattelujen perusteella selvisi, että energiatehokkaan teollisuuskohteen suunnittelu ei ole pelkästään tarkkaa suunnittelua, vaan vaatii yhteistyötä kaikkien suunnittelijoiden ja asiakkaan välillä. Suunnittelijoiden tehtävänä on myös todistaa elinkaarilaskelmilla, että energiatehokas suunnittelu on kannattavaa. Kuitenkin asiakkaat haluavat usein investoinnin maksavan itsensä nopeasti takaisin, mikä voi aiheuttaa haasteita suunnittelijan ja asiakkaan välille.

Hyvä yhteistyö on kuitenkin avainasemassa energiatehokkaan teollisuuskohteen suunnittelussa. Suunnittelijoiden ja asiakkaiden tehdessä yhteistyötä, voidaan saavuttaa hyviä tuloksia energiatehokkuudessa. Lopuksi voidaan todeta, että energiatehokkaan teollisuuskohteen suunnittelu on monimutkainen prosessi, joka vaatii yhteistyötä ja järkevää suunnittelua. Suunnittelijoiden ja

asiakkaiden on tärkeää ymmärtää toistensa näkökulmia, jotta voidaan saavuttaa tavoitteena energiatehokas ja kustannustehokas lopputulos.

6 Tulokset ja päätelmät

Teollisuuden energiansäästö ja ympäristövaikutusten vähentäminen ovat todella tärkeitä keinoja edistää kestävästä kehitystä. Tein tutkimuksen opinnäytetyössäni ja haastattelin alan ammattilaisia. Haastattelun tuloksista päätellen energiatehokas LVI-suunnittelu, energiatehokkaiden tuotteiden ja materiaalien käyttö sekä laitteiden valinta ovat erittäin tärkeitä keinoja vähentää teollisuuden energiankulutusta. Tärkeä osa energiansäästöä on myös erilaisten säästötapojen ja hukkaenergian hyödyntämisen huomioiminen, jotta päästään vähentää päästöjä ja edistää energiatehokkuutta. Tärkeä on myös suunnittelijoiden ja asiakkaiden yhteistyö kestävästä kehityksen näkökulmasta.

Kaikkien näiden asioiden yhteisvaikutus on erittäin tärkeä merkittävien säästöjen ja ympäristövaikutusten aikaansaamiseksi. Teollisuusyrityksille on tärkeää, että ne tekevät kestäviä ratkaisuja ja ottavat huomioon kestävästä kehityksen näkökulman tulevaisuuden elinkelpoisen ympäristön turvaamiseksi. Energiansäästö ja energiatehokas LVI-suunnittelu edellyttävät monipuolista lähestymistapaa, jotka kattavat erilaisia energiansäästöratkaisuja, energiatehokkaita tuotteita ja materiaaleja, laitevalintoja, suunnittelijoiden, asiakkaiden yhteistyötä sekä erilaisia säästötapoja.

7 Yhteenveto

Opinnäytetyö käsittelee rakennusten energiatehokkuutta ja LVI-suunnittelun energiansäästöratkaisuja teollisuuden näkökulmasta. Työssä keskitytään tarkastelemaan energiatehokkaan suunnittelun merkitystä ja käymään lävitse useita tärkeitä käsitteitä, kuten energiatodistus, E-luku, energiaselvitys ja energiatehokkuusvaatimukset. Lisäksi työssä käsitellään erilaisia energiansäästövaihtoehtoja LVI-suunnittelussa, jotka voivat auttaa teollisuuden yrityksiä säästämään energiaa ja samalla vähentämään ympäristövaikutuksia.

Opinnäytetyö sisältää myös haastattelututkimuksen, jossa suunnittelijalta ja asiakkaalta kysytään näkemyksiä energiatehokkaasta LVI-suunnittelusta ja sen haasteista. Tämä on erittäin mielenkiintoinen osa työtä, sillä se antoi minulle mahdollisuuden saada arvokasta tietoa siitä, millaisia näkemyksiä ja haasteita LVI-suunnittelijat ja asiakkaat kohtaavat energiatehokkuuden parantamisessa.

Kaiken kaikkiaan tämä opinnäytetyö on tärkeä ja ajankohtainen, sillä ympäristövaikutusten vähentäminen ja energiansäästö ovat keskeisiä haasteita nykypäivän teollisuudelle. Tämän opinnäytetyön avulla voidaan edistää energiatehokkaampia ratkaisuja ja auttaa yrityksiä vähentämään hiilijalanjälkeään.

Lähteet

- 1 ÅF Pöyry changes brand name to AFRY. 2019. Verkkoaineisto. AFRY Oy. <<https://afry.com/en/newsroom/press-releases/af-poyry-changes-brand-name-afry>>. Luettu 5.12.2022
- 2 Lämpöpumput. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput>. Päivitetty 21.12.2022. Luettu 8.2.2023
- 3 Matalaenergiarakentamien Toimitilat. 2012. Verkkoaineisto. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. < Matalaenergiarakentamien, toimitilat. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto>. Luettu 3.1.2023
- 4 Rakentaminen. Rakennettu ympäristö. 2022. Verkkoaineisto. Ymparisto.fi. <https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus>. Luettu 3.1.2023
- 5 Mikä on energiatodistus? Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus>. Päivitetty 21.12.2022. Luettu 8.1.2023
- 6 Näin luet energiatodistusta. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/mika_on_energiatodistus/nain_luet_energiatodistusta>. Päivitetty 21.12.2022. Luettu 9.1.2023
- 7 Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2018. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <<https://www.rt.fi/globalassets/toimialat/tuoteteollisuus/rm-jaosto/pekka-kalliomaki-19042018.pdf> >. Luettu 12.1.2023
- 8 Rakentaminen ja maankäyttö. Vastuualueet. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/rakentamismaarayset>>.
- 9 Maankäyttö- ja rakennuslain uudistuksen jatkosta linjaus: uusi rakentamislaki sekä alueidenkäytön digitaalisuus eduskuntaan syksyllä. 2022. Verkkoaineisto. Valtioneuvosto. <<https://valtioneuvosto.fi/-/1410903/maankaytto-ja-rakennuslain-uudistuksen-jatkosta-linjaus-uusi-rakentamislaki-seka-alueidenkayton-digitaalisuus-eduskuntaan-syksylla>>. Luettu 16.1.2023
- 10 Rakennuksen vähähiilisyyden luonnos lausuntokierrosta varten. 2021. Verkkoaineisto. Helsinki: Ympäristöministeriö. <<https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>>. Luettu 17.1.2023

- 11 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi rakennusten energiatehokkuudesta. 2021. Verkkoaineisto. Euroopan komissio. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52021PC0802>>. Luettu 19.1.2023
- 12 Luonnos Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ilmastaselvityksestä. 2021. Verkkoaineisto. Helsinki: Ympäristöministeriö. <<https://www.lausuntopalvelu.fi/FI/Proposal/Participation?proposald=0b297461-cdee-4657-9a4e-d2791315257d>>. Luettu 20.1.2023
- 13 Jokela, Heikki. 2016. Poistoilman LTO:n tuottama energiansäästö. Insinööriyö. Mikkelin Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 14 Energiatehokas höyryn ja lauhteen siirto. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/yritykset/ohjeita_ja_vinkkeja_tehokkaaseen_energian-_ja_materiaalien_kayttoon/hoyry-_ja_lauhdejarjestelmat>. Päivitetty 12.10.2017. Luettu 25.1.2023
- 15 Energiatehokas paineilmajärjestelmä. Verkkoaineisto. Motiva Oy. Päivitetty 18.10.2017 <https://www.motiva.fi/yritykset/ohjeita_ja_vinkkeja_tehokkaaseen_energian-_ja_materiaalien_kayttoon/paineilmajarjestelma>. Luettu 27.1.2023
- 16 Sandberg, Esa. 2016. Ilmastointilaitoksen mitoitus, osa 2. Tampere. Talotekniikka julkaisut
- 17 Sandberg, Esa. 2014. Ilmastointilaitoksen mitoitus, osa 1. Tampere. Talotekniikka julkaisut.
- 18 Teollisuuspuhaltimet. Verkkoaineisto. Ahutek Oy. <<https://www.ahutek.fi/teollisuuspuhaltimet/>>. Luettu 3.2.2023
- 19 Ryti, Henrik. 1976. Koneoppi Osa 1. Staattiset koneet. Espoo.
- 20 Energiatehokkaat pumput. 2011. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/5343/Energiatehokkaat_pumput.pdf>. Luettu 7.2.2023
- 21 Tuotannon ylijäämälämpö hyödyksi. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/yritykset/ohjeita_ja_vinkkeja_tehokkaaseen_energian-_ja_materiaalien_kayttoon/tuotannon_ylijaamalampo_hyodyksi>. Päivitetty 11.12.2017. Luettu 9.2.2023
- 22 Ylijäämälämmön taloudellinen hyödyntäminen. 2017. Verkkoaineisto. Motiva Oy.

- <https://www.motiva.fi/files/13515/Ylijaamalammon_taloudellinen_hyodyntaminen_Ylijaamalampoenergia-analyysit.pdf>. Luettu 15.2.2023
- 23 Energiatehokas lämmönsiirto. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/yritykset/ohjeita_ja_vinkkeja_tehokkaaseen_energian_ja_materiaalien_kayttoon/lammonsiirto>. Päivitetty 9.5.2017. Luettu 19.2.2023
- 24 Tuotannon hukkalämpö hyödyksi. 2014. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/8501/Tuotannon_hukkalampo_hyodyksi.pdf>. Luettu 23.2.2023
- 25 Pekkala, Risto. 2012. Suomela-oman talon käsikirja. Lämpöpumppujen toimintaperiaate. Verkkoaineisto. Helsinki. <<https://www.suomela.fi/lampopumpun-toimintaperiaate-tutustu/>>. Luettu 25.2.2023
- 26 Maalämpö. Verkkoaineisto. Techeat Oy. <<https://www.techeat.fi/maalampo/>>. Luettu 2.3.2023
- 27 Maalämpöpumppu (MLP). Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/maalampopumppu>. Päivitetty 21.12.2022. Luettu 5.3.2023
- 28 Juvonen, Janne & Lapinlampi, Toivo. 2013. Energiakaivo. Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Helsinki: Ympäristöministeriö.
- 29 Ilma-vesilämpöpumppu (IVLP). Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/ilma-vesilampopumppu>. Päivitetty 21.12.2022. Luettu 8.3.2023
- 30 Ilma-vesilämpöpumpun toiminta. Verkkoaineisto. Lämpöpartio Oy. <<https://lampopartio.fi/blogi/miten-ilma-vesilampopumppu-toimii-lue/>>. Luettu 11.3.2023
- 31 Poistoilmalämpöpumppu (PILP). Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/lammitysmuodot/poistoilmalampopumppu>. Päivitetty 20.12.2022. Luettu 15.3.2023
- 32 Poistoilmalämpöpumppu. Verkkoaineisto. Techeat Oy. <<https://www.techeat.fi/lampopumput/poisto-ilma-lampopumppu/>>. Luettu 18.3.2023
- 33 Perälä, Rae & Perälä, Osmo. 2013. Lämpöpumput. 3. painos. Helsinki

- 34 Ilmalämpöpumppu (ILP). Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologia/ilmalampopumppu>. Päivitetty 21.12.2022. Luettu 22.3.2023
- 35 Ilmanvaihto. 2021. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. Päivitetty 11.6.2021 <<https://talotekniikkainfo.fi/sisailmasto-ja-ilmanvaihto-opas/8-ilmanvaihto>>. Luettu 23.3.2023
- 36 Erilaiset lämmöntalteenotto ratkaisut. 2019. Verkkoaineisto. Pyörivä lämmöntalteenotto. <<https://ilmanvaihtojailmastointitekniikka.blogspot.com/2019/09/labrahamarjoitus-3-erilaiset.html>>. Luettu 24.3.2023
- 37 Sandberg, Esa. 2014. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Tampere. Talotekniikka julkaisut.
- 38 Energiatehokas ilmanvaihto. 2012. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/6147/Energiatehokas_ilmanvaihto2012.pdf>. Luettu 24.3.2023
- 39 Hukkaenergia hyödyksi. 2018. Verkkoaineisto. Cafela Oy. <<https://hukkaenergiahyodyksi.com/2018/03/29/tietamattomyys-on-syyna-sille-ettei-teollisuus-hyodynna-lahes-ilmaista-energiaa/>>. Luettu 26.3.2023
- 40 Energiatehokas teollisuuskiinteistö. 2012. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/files/5847/Energiatehokas_teollisuuskiinteisto.pdf>. Luettu 27.3.2023
- 41 Energiatehokas ilmastointi ja jäähdytys. Verkkoaineisto. Motiva Oy. <https://www.motiva.fi/yritykset/ohjeita_ja_vinkkeja_tehokkaaseen_energian_ja_materiaalien_kayttoon/ilmastointi_ja_jaahdytys>. Päivitetty 5.10.2021. Luettu 1.4.2023
- 42 Uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 2017. Verkkoaineisto. Helsinki: Ympäristöministeriö. <[file:///C:/Users/cai497/Downloads/YMa%20uuden%20rakennuksen%20energiatehokkuudesta%20%20luonnos%2016.2.2017%20p%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/cai497/Downloads/YMa%20uuden%20rakennuksen%20energiatehokkuudesta%20%20luonnos%2016.2.2017%20p%20(1).pdf)>. Luettu 3.4.2023
- 43 Sisäilmasto ja ilmanvaihto -opas. Verkkoaineisto. Talotekniikkainfo. <<https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/2022-02/4.%20Talotekniikkainfo%20Sis%C3%A4ilmasto%20ja%20ilmanvaihto%20-opas%20C%20p%C3%A4ivitetty%2011.6.2021.pdf>>. Päivitetty 11.6.2021. Luettu 6.2023
- 44 Seppänen, Olli. 2008. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Espoo: Suomen LVI-yhdistysten liitto.