

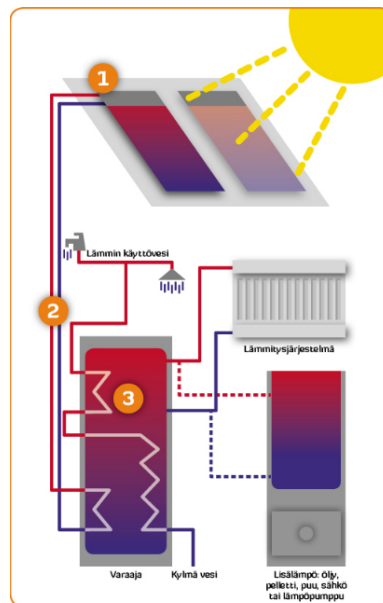
Aurinkolämpö, lämpöpumput ja lämmön varastointi

Tero Ahonen, Lappeenrannan teknillinen yliopisto, tero.ahonen@lut.fi

Aurinkolämpö

Aurinkokeräin muuntaa aurin-
gon säteilyä teknisesti käyttö-
kelpoiseksi lämmöksi. Aurinko-
keräinten avulla voidaan lämmit-
tää asukkaiden käyttövettä, teol-
lisuuden prosessivettä sekä
rakennuksia. Suomessa on otol-
liset olosuhteet aurinkolämmön
hyödyntämiseksi, koska lämmintä vettä tarvi-
taan tasaisesti ympäri vuoden. Tilojen lämmi-
tykseen aurinkolämpöä voi hyödyntää kevääs-
tä syksyyn, kosteissa pesu- ja kellaritiloissa
pidetään lämmitystä päällä yleensä myös ke-
säisin.

*Aurinko- ja maa-
lämpö muodosta-
vat toisiaan tuke-
van lämmitysrat-
kaisun*



Kuva 1. Aurinkolämpöjärjestelmän pääosat (Sundial).

Aurinkolämpöjärjestelmien hintataso

Aurinkoenergian kannattavuutta kannattaa arvioida vertailemalla voimalan tuottaman lämmön hintaa muiden vaihtoehtoisten energialähteiden kokonaiskustannuksiin. Aurinkolämmön tuotantohinnat ovat vuoden 2014-2015 järjestelmähintojen perusteella ilman korkoja ja tukia (sis. alv):

- pienissä 4 – 20 keräinneliön kohteissa, kuten pientaloissa 46–114 €/MWh
- keskisuurissa 20 – 100 keräinneliön kohteissa, kuten asunto-osakeyhtiöissä ja maataloilla 45 – 84 €/MWh
- suurissa 100 – 1000 keräinneliön kohteissa, kuten aluelämpöverkoissa ja teollisuudessa 35 – 55 €/MWh (Finsolar 2015).

Lämpöpumput

Lämpöpumppu mahdollistaa joko ilmassa tai maaperässä olevan lämpöenergian talteenottamisen sekä hyödyntämisen tilojen ja veden lämmityksessä. Aurinkolämpöjärjestelmään verrattuna lämpöpumpun tehtävänä on muuttaa sähköä lämmöksi pakastimen toimintaperiaatetta vastaavalla tavalla (lämpö haetaan maaperästä/pakastimesta keruuputkistoon ja siirretään edelleen ympäristöön). Kotitalouksissa lämpöpumput ovat normaalisti joko seinäasentaisia ilmalämpöpumppuja tai lämminvesivaraajaan liitettyjä maalämpöjärjestelmiä.

Koska lämpöpumppu vaatii toimiakseen sähköä, sen toimintaa kuvataan COP-kertoimella, joka kuvaa tuotetun lämmön ja sähkönkulutuksen välistä suhdetta. COP-

kerroin riippuu mm. ympäristön ja lämmönsiirtonesteen lämpötiloista, ollen esim. 5 lattialämmitysjärjestelmään kytketyllä maalämpöpumpulla.

Lämpöpumput osana alueellista järjestelmää

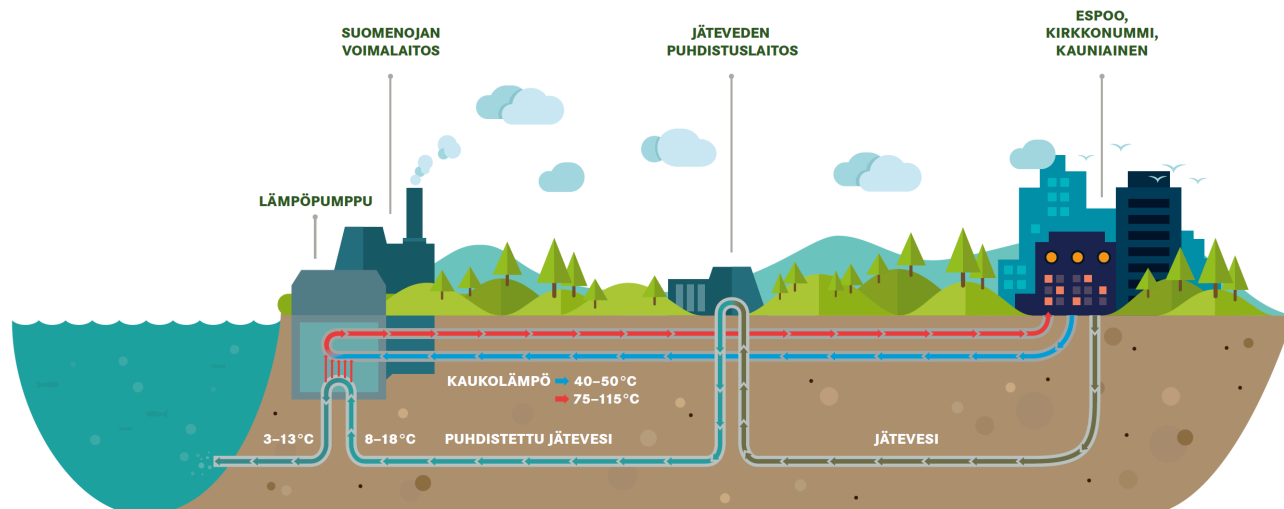
Isossa mittakaavassa (>10MW) lämpöpumppuja käytetään jäteveden lämmönkeruussa, jolloin lämpö johdetaan kaukolämpöverkkoon. Käytännön esimerkkinä Turun Käkolanmäen jätevedenpuhdistamon yhteyteen on rakennettu vuonna 2009 lämpöpumppulaitos, jossa jäteveden sitoutuneesta lämpöenergiasta otetaan osa talteen ja siitä tuotetaan kaukolämpöä. Lämpöpumpussa jäähtyneestä vedestä taas tuotetaan kaukojäähdytystä. Lämpöpumppulaitoksen teho on 42 MW kaukolämpöä ja 29 MW kaukojäähdytystä (Turun seudun puhdistamo). Vertailun vuoksi Helsingissä sijaitsevan Katri Valan lämpöpumppulaitoksen tuotanto on 90 MW kaukolämpöä ja 60 MW jäähdytystä, ollen maailman suurin jäteveden lämpöenergiaa hyödyntävä lämpöpumppuvoimala.

Lämmön varastointi

Erityisesti kaukojäähdytykseen käytettävät lämpöpumppuvoimalat pitävät sisällään usein

varastointikapasiteettia, eli kallioperään varastoitua kylmää vettä, joka tasoittaa kaukojäähdytysjärjestelmien toimintaa. Lämmitessään tätä varastokapasiteettia voidaan vastaavasti käyttää myös lämpövarastona: tästä esimerkkinä toimii Arlandan lentokenttä, jossa maailman suurin maanalainen vesivarasto, "aquifer", tuottaa lähes kaiken lentokentän kesällä tarvitseman jäähdytysenergian. Vesivaraston lämpöenergiaa käytetään talvella lentokoneiden pysäköintipaikkojen sulattamiseen ja rakennusten tuloilman esilämmitykseen (Retermia 2016).

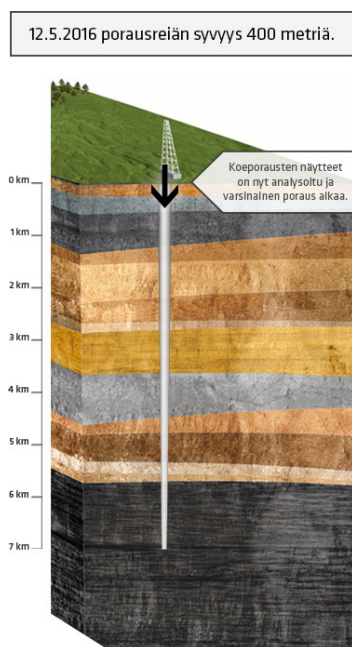
Toinen suuren luokan esimerkki on Kanadassa on aurinkolämpövoimalaan kytketty 52 pientalon asuinalue. Aurinkolämpöä käytetään tilojen ja käyttöveden lämmitykseen. Aurinkolämpöä kausivarastoidaan lämpökaivojen kautta syvälle kiintokallioon. Päivätasolla aurinkoenergiaa varastoidaan kunkin talon autotallissa sijaitsevaan vesivaraajaan. Auringonlämpöä varastoidaan 144 lämpökaivoon, jotka ovat noin 37 metriä syviä. Kesäpäivänä aurinkolämpöjärjestelmän teho nousee enimmillään 1 500 kilowattiin jolloin suurin osa tuotetusta aurinkolämmöstä siirretäänkin lämpökaivojen kautta kiintokallioon kausivarastointiin (Motiva 2016).



Kuva 2. Espeen Suomenojan lämpöpumppulaitos (Fortum 2015).

Geoterminen lämpö

Jäteveden ja maalämmön hyödyntämisen lisäksi geoterminen lämpö voi olla yksi vaihtoehtoista kaukolämmön tuotantoon. Geoterminen lämpö perustuu kahden riittävän syvän (esim. 7 km) lämpökaivon (reiän) poraamiseen, johon syötettävä kierrätettävä vesi lämpenee riittävästi tuottaaksen kaukolämpöä ilman erillistä lämpöpumppua. Mikäli Otaniemeen valmistuva St1:n geoterminen voimala tulee toimimaan odotetusti, sen tuotanto on n. 40 MW kaukolämpöä.



Kuva 3. Otaniemen geoterminen lämpövoimala (St1 2016).

Lähteet:

(Finsolar 2015) Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus.

http://www.finsolar.net/?page_id=1398

(Fortum 2015) Fortumin Suomenojan lämpöpumppulaitos ottaa jäteveden hukkalämmön talteen.

<http://www.fortum.com/fi/media/pages/fortumin-suomenojan-lampopumppulaitos-ottaa-jateveden-hukkalammon-talteen-espoossa.aspx>

(Motiva 2016) Aurinkolämpöyhteisö, Kanada.

http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkolampo/kokemuksia_aurinkolammosta/aurinkolampoyhteiso_kanada

(Retermia 2016) Case Arlanda, Maailman suurin maanalainen energiavarasto Arlandassa hyödyntää Retermian teknologiaa.

<http://www.retermia.fi/sovellusesimerkkeja/case-arlanda/>

(St1 2016) Puhdasta lämpöenergiaa maan syvyyksistä. <http://www.st1.fi/uusiutuva-energia>

(Sundial) Miten aurinkolämpöjärjestelmä toimii?

<http://www.sundial.fi/aurinko.php?page=aurinko3>

(Turun seudun puhdistamo) Kakolanmäen jätevedenpuhdistamo.

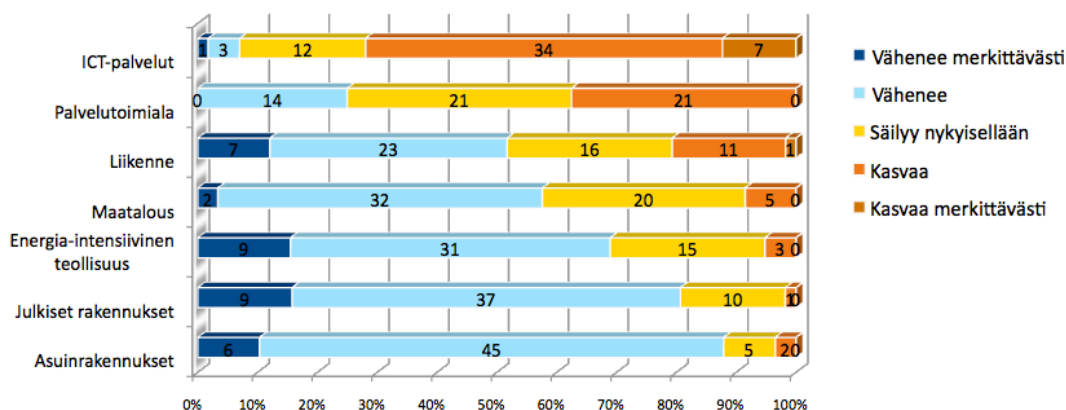
<http://www.turunseudunpuhdistamo.fi/lampoumppu.html>

SET-asiantuntijakyselyn 1. kierroksen tuloksia...

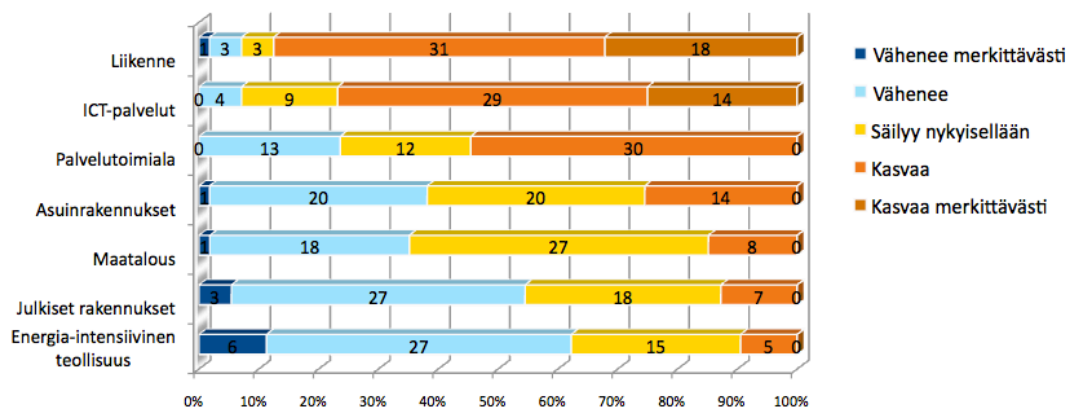
Energian- ja sähkönkulutuksen kehitys vuoteen 2030 mennessä

Delfoi-kyselyn ensimmäinen kierros alkoi arvioilla energiankulutuksen kehityksestä 2030 mennessä. Kysymykset olivat sektorikohtaisia, mutta antavat kuvaa myös kokonaiskysynnän muutoksesta. Vastajat arvelivat monien sektorien energiatarpeen vähenevän, ja ainoastaan palvelualan ja ICT palveluiden energiatarpeen kasvavan. Sähkönkulutuksen arveltiin kasvavan merkittävästi liikenteessä ja ICT-palveluissa.

Primäärienergiankulutus Suomessa vuonna 2030:



Sähkönkulutus Suomessa vuonna 2030:



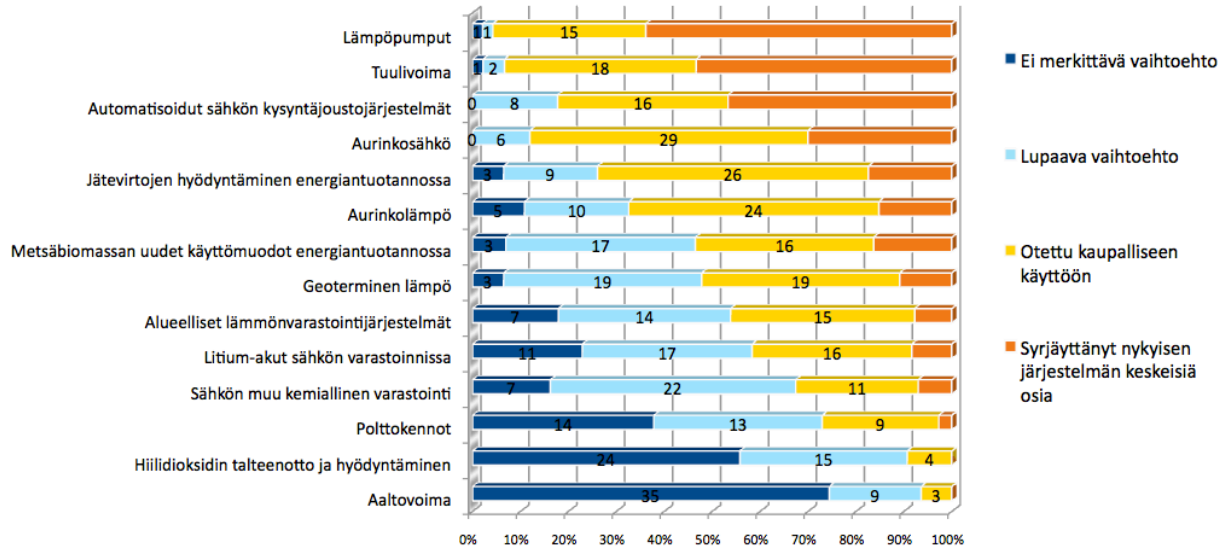
Energiankäytön muutoksia koskevia arvioita on perusteltu eri tavoin. Yleisemmällä tasolla perusteltiin alhaisen talouskasvun ja teknologian kehityksen johtavan siihen, että kokonaisenergiankulutus ei ainakaan lisäänty. Energia-intensiivisen teollisuuden kulutuksen oletettiin myöskin pysyvän enintään samana ja usein jopa laskevan.

"Uskon että julkisten rakennusten lukumäärä vähenee ja koko kasvaa, jolloin energiatehokkuustoimet purevat. Myös julkisten palvelujen sijoittaminen muiden palvelujen yhteyteen vähentää energian kulutusta. Asuinrakennusten kulutus pienenee sekä energiatehokkuustoimien että rakennemuutoksen kautta: yhä useampi asuu kaupungissa/taajamassa kerrostalossa. Energiaintensiivisen teollisuuden odotan kokonaisuutena pysyvän samana ja energiatehokkuus vähentää kulutusta siellä. [...] Palvelut kasvavat ja maatalous pysyy samana tai kasvaa hiukan, koneellistuu mutta myös muuttuu energiatehokkaammaksi. ICT palvelut kasvavat niin paljon, ettei energiatehokkuus pure niiden primäärienergian kulutukseen. Katsoin OECD:n pitkän aikavälin euromaiden kasvuennusteen ja se on n. 2% vuodessa, sekin voi olla vähän optimistinen. Ei tarvita kovin kummoista energiantensiteetin vähenemistä, että se kumoo tuon vaatimattoman kasvun."

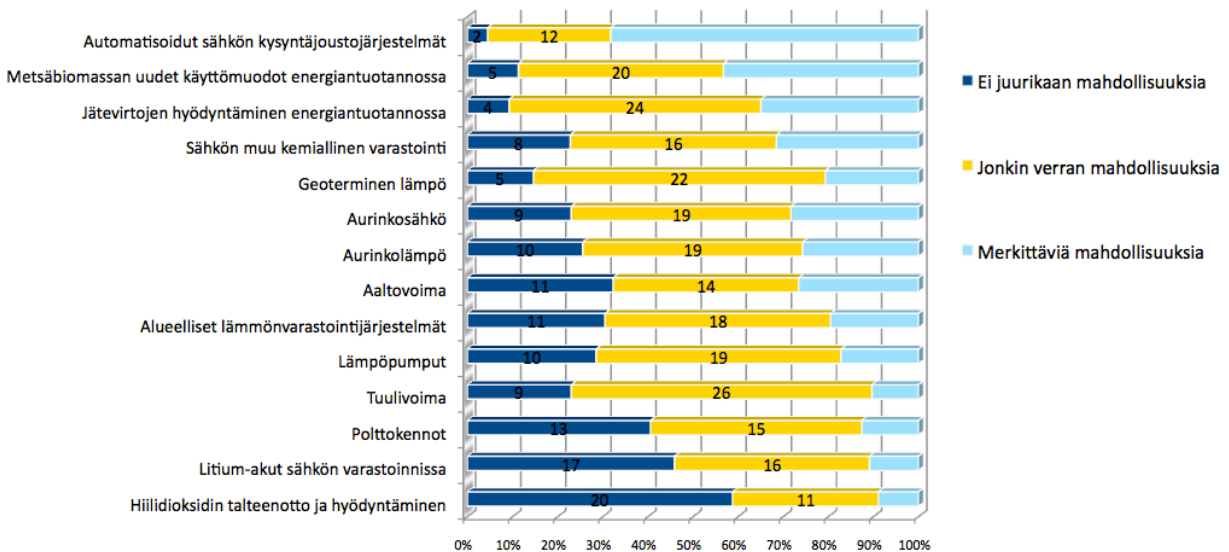
Eri energiatekniologioiden merkitys vuonna 2030 Suomen energiajärjestelmässä

Ensimmäisellä kierroksella kysyimme myös vastaajien näkemyksiä teknologioiden käyttöönottoon Suomessa ja niiden vientimahdollisuuksiin. Teknologioista kaikkein merkittävimpinä tai selvimpinä tulokkaina pidettiin lämpöpumppuja, tuulivoimaa ja automatisoitua kysyntäjoustojärjestelmää. Myös aurinkosähkön ennakoitiin syrjäyttävän muita tuotantomuotoja.

Eri teknologioiden merkitys Suomen energiajärjestelmässä vuonna 2030:

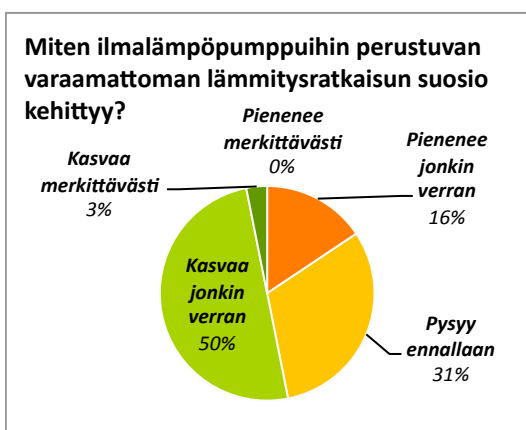
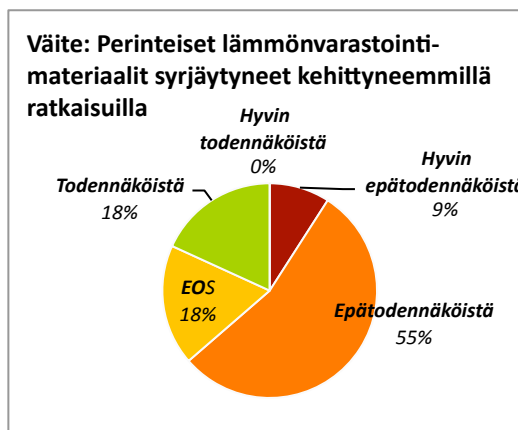
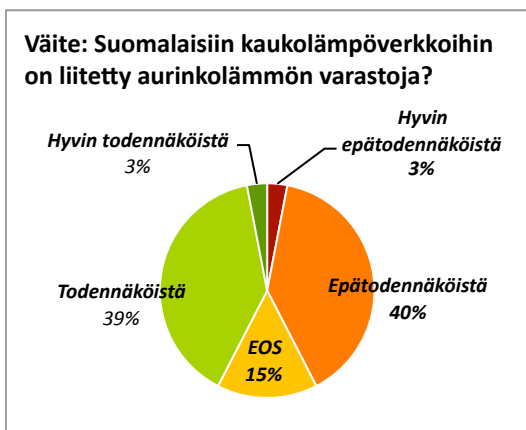
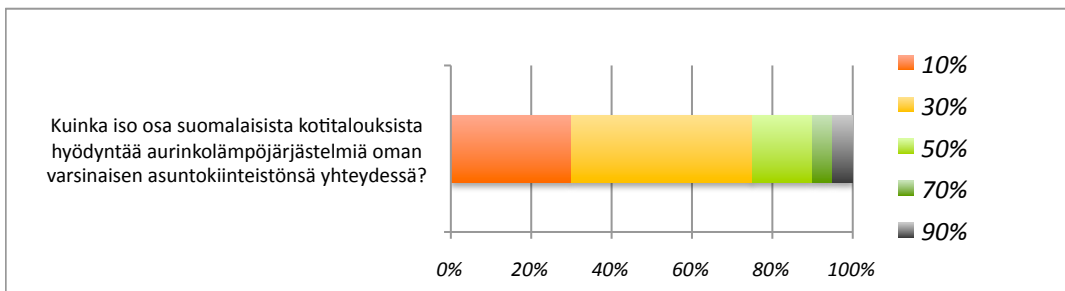
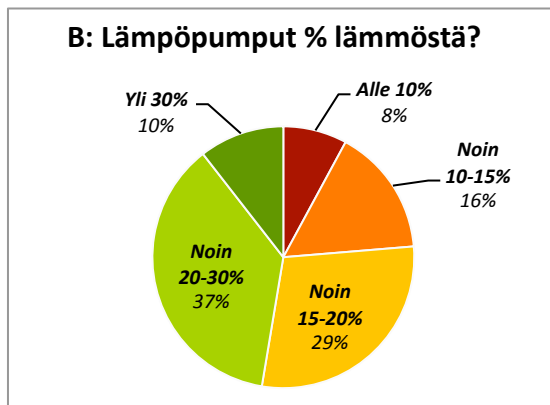
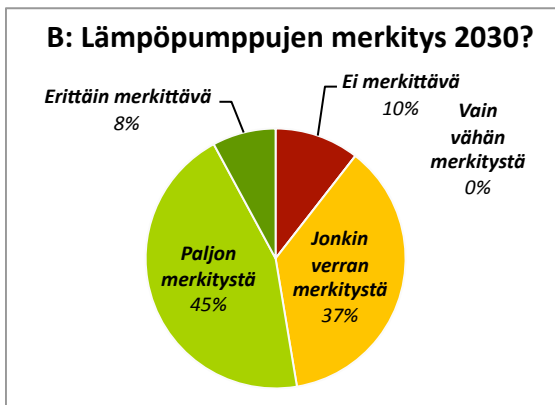


Teknologioiden vientipotentiaali vuonna 2030:



Ensimmäisen kierroksen teknologiakohtaisia tuloksia ja huomioita esitellään kunkin teeman ensimmäisellä sivulla.

B: Aurinkolämpö, lämpöpumput, lämmön varastointi



Lämpöpöytä

Kuinka paljon

14 vuotta on kuitenkin aika lyhyt aika. 2050 mennessä kysyttäessä vastaisin toisin eli pitäisin aurinkolämmönkin yleistymistä todennäköisempänä kun polttoaineiden kustannukset (hinnat, verot, päästöoikeudet) kasvavat ja kausivarastointi voi tulla kannattavaksi.

lämpöpumput tulevat syrjäyttämään sekä öljy- ja sähkölämmitystä pientaloissa että kaukolämpöä kerrostaloissa, mikä uhkaa lisätä sähkön kulutuspiikkejä ja huippukapasiteetin tarvetta

Lämpöpumppujen sähkön (teho) tarve olisi otettava paremmin huomioon; pelkkä energiapohjainen tarkastelu vie harhaan. Vähän lämmitystä tarvitseviin rakennuksiin ei ole järkevää investoida monimuotkaisia lämmitysratkaisuja, kun muu energiakäyttö on merkittävämpää.

Tehohuiput ovat harvinaisia (tammikuussa 2016 muutama päivä), mutta ovat erittäin kriittisiä hetkiä sähköjärjestelmän mitoituksen kannalta. Näinä päivinä ei omassakaan talossani aurinkosähkö tai lämpöpumppu (kumpaakin siis on) auta, mutta suoraasähkölämmitystä tukee takka. Hybridejä kohti mennään.

Kaukolämpösektorilla puolestaan on pakko alkaa selvittää uusien ratkaisujen kustannustehokkuutta, kun perinteinen CHP-tuotanto tulee kannattamattomaksi.

Miten

Ilmalämpöpumppu on järjestelmän kannalta vapaamatkustaja - se yleistyy, koska ei joudu maksamaan järjestelmän huipputehon kasvulle aiheutuvaa kustannusta.

Lämpöakut saattavat olla kannattavia suurissa kaukolämpöverkoissa, matalalämpöverkkojen yleistyessä voi olla jopa kannattavaa. Nykyinen kl-tekniikka ja vanhat mitoitukset eivät suoraan mahdollista matalalämpöverkkoja. Lämpöpumputekniikka pitäisi saada toimimaan korkealämpötilaisissa kaukolämpöverkoissa, jolloin lämpöä priimataan sähköllä. [Vrt.]'Lämpöakut ovat kannattavia jo nyt, matalalämpöverkossa vielä parempi. Auttaa verkostoa mukautumaan lämmöntarpeeseen, parantaa laitosten hyötysuhdetta, parantaa toimitusvarmuutta'

Mitään erityistä edistävää lisäsäätelyn tarvetta ei ole, koska tuotteet ovat jo hyvin markkinoilla. Sen sijaan maalämpöratkaisuilta pitäisi edellyttää tehotehokkuutta sähkönkäytössä. Nyt aiheuttavat kasvavaa tehopiikkiä, kun asennetaan siten, että lämmin vesi, saunan ja asunnon lämmitys voivat olla yhtä aikaa päällä.

Lämmön varastoinnin kehittyminen on avainasemassa aurinkolämmön yleistymiseen. Kun saadaan siirrettyä lämpöenergiaa lämmityskaudelle kustannustehokkaasti, aurinkolämpöjärjestelmät ottavat huiman harppauksen eteenpäin. Aurinkokaukolämpö jo nyt kilpailukykyistä, tulee yleistymään päästöttömänä tuotantomuotona.