

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin muutosten kansallisen toimeenpanon vaikutusten selvitys ja arviointi:

Automaatiovelvoite, tekniset järjestelmät sekä lämmitys- ja
ilmastointijärjestelmien tarkastukset

Kangas, Hanna-Liisa¹; Turunen, Topi¹; Karhinen, Santtu¹; Kotilainen, Anu¹; Piikkilä, Veijo²; Pihlajamaa,
Pirkko²; Harsia, Pirkko²; Vainio, Terttu³; Vesanen, Teemu³; Mattinen-Yuryev, Maija⁴; Ohrling, Tiina⁵

¹ Suomen ympäristökeskus SYKE (etunimi.sukunimi@ymparisto.fi)

² Tampereen ammattikorkeakoulu TAMK (etunimi.sukunimi@tuni.fi)

³ Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (etunimi.sukunimi@vtt.fi)

⁴ Benviroc Oy (etunimi.sukunimi@benviroc.fi)

⁵ Aalto yliopiston kauppakorkeakoulu (etunimi.sukunimi@aalto.fi)

Esipuhe

Rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä (EPBD, 2018/844/EU) uudistettiin vuonna 2018. Yksi merkittävimmistä muutoksista on automaatio- ja ohjausteknologioiden lisäys direktiivin soveltamisalaan. Tällä selvityksellä on ollut kaksi tavoitetta. Ensimmäinen tavoite on ollut analysoida automaatio- ja ohjausteknologioihin sekä teknisiin järjestelmiin liittyvien direktiivimuutosten kansallisen toimeenpanon vaihtoehtoja ja arvioida näiden vaikutuksia. Toinen tavoite on ollut lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien tarkastusten sisällön määrittäminen ja vaikutusten arviointi.

Tarkastusmenettely voidaan toimeenpanna kansallisesti myös vaihtoehtoisilla toimilla. Motiva Oy on selvittänyt vaihtoehtoisen neuvontamenettelyn vaikutuksia erillisessä hankkeessa, jonka tulokset on esitelty raportissa ”Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin mukaisen vaihtoehtoisen menettelyn vaikutusarvio”. Tämän selvityksen ja Motivan selvityksen kesken on tehty yhteistyötä, jotta esimerkiksi direktiivin tulkinnat ja laskennan lähtökohdat ja oletukset ovat samat.

”Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin kansallisen toimeenpanon selvitys ja arviointi: Tarkastukset, automaatiovelvoite ja tekniset vaatimukset (RESA)” –hanke on tehty 10/2018-1/2019 välisenä aikana ja hankkeen on rahoittanut ympäristöministeriö.

Työtä ovat ohjanneet ympäristöministeriössä Pekka Kalliomäki, Maarit Haakana, Jyrki Kauppinen ja Sari Rapinoja. Haluaisimme kiittää TAMK:n Kari Kallioharjua arvokkaista kommentteistasi työn aikana. Lisäksi haluamme kiittää haastattelemiamme asiantuntijoita, kyselymme vastaajia sekä sidosryhmätyöpajamme osallistujia tärkeästä panoksestanne selvitykseemme.

Tiivistelmä

Rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä (EPBD, 2018/844/EU) uudistettiin vuonna 2018. Yksi merkittävimmistä muutoksista oli automaatio- ja ohjausteknologioiden lisäys direktiivin soveltamisalaan. Tässä selvityksessä analysoidaan automaatio- ja ohjausteknologioihin liittyvien direktiivimuutosten kansallisen toimeenpanon vaihtoehtoja ja arvioidaan näiden vaikutuksia. Automaatio- ja ohjausjärjestelmien muutokset liittyvät direktiivimuutoksen automaatiovelvoitteeseen ja teknisiin järjestelmiin. Lisäksi analysoidaan automaatio- ja ohjausteknologioiden toimeenpanoon voimakkaasti linkittyvää lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien tarkastusmenettelyä, johon direktiivissä tuli myös muutoksia.

Nykyaikaisten rakennusten tekniikka, jonka lisääntymiseen myös sääntely vaikuttaa laajasti, sekä rakennusten käyttäjien osittain uudet tarpeet, edellyttävät että uudet ja erityisesti tulevat rakennukset on varustettu automaatio- ja ohjausjärjestelmällä. Järjestelmiltä vaaditaan myös koko ajan enemmän, joten niiden taso nousee.

Tämän selvityksen tulosten mukaan automaatiojärjestelmät ovat yleisiä Suomessa ja etenkin suurissa rakennuksissa ne ovat jo nyt varsin hyvällä tasolla. Koska direktiivimuutos kohdistuu vuoden 2020 jälkeiseen aikaan, sen vaikutus jää pieneksi automaatio- ja ohjausjärjestelmien markkinavetoisen nopean kehityksen vuoksi. Toisin sanoen Suomessa ollaan jo nyt pitkällä rakennusten automaation suhteen, ja automaatiojärjestelmien oletetaan kehittyvän ja yleistyvän joka tapauksessa ensi vuosikymmenellä. Lisäksi automaatio- ja ohjausjärjestelmät tulee päivittää ja uusia kohtuullisen nopeassa 10–15 vuoden syklissä, joten vanhatkin järjestelmät päivitetään vastaamaan nykyistä teknologiaa kohtuullisen nopeasti ilman poliittista ohjausta. Näin ollen direktiivimuutoksen ohjausvaikutus tarkoittaa käytännössä suurten rakennusten osalta olemassa olevien automaatio- ja ohjausjärjestelmän päivityssyklin lyhentymistä muutamalla vuodella. Pientalojen kohdalla ohjauksen avulla voitaisiin lisäksi lisätä automaatiojärjestelmien määrää.

Selvityksessä esitellään direktiivimuutos ja arvioidaan sen vaikutuksia Suomessa automaatiovelvoitteen, teknisten järjestelmien muutosten sekä lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien tarkastusten osalta. Direktiivin suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoite koskee noin 8 500 suurta kiinteistöä, joissa lämmitystehon tai yhdistetyn lämmitys- ja ilmanvaihdon tehon tarve on enemmän kuin 290 kW. Käytännössä kaikissa tämän kokoluokan ei-asuinrakennuksissa on jo automaatiojärjestelmä ja suurin osa näistä järjestelmistä päivitetäisiin direktiivin velvoittamalle tasolle vuoteen 2025 mennessä ilman ohjaustakin. Ohjaus koskee noin 1440–2015 rakennusta, joiden automaatio- ja ohjausjärjestelmän päivitys aikaistuu käytännössä 1-5 vuodella direktiiviohjauksen vaikutuksesta. Automaatiovelvoitteen vuotuinen vaikutus energiansäästöön on vuoteen 2025 mennessä 195–270 GWh ja päästöihin -40...-55 tCO₂. Automaatiovelvoitteen nettosäästö riippuu esimerkiksi päivitettävän järjestelmän teknologiasta ja rakennuksen koosta. Laskentaan ja automaatiojärjestelmien kehitykseen liittyvien epävarmuuksien vuoksi nettokustannusten vaihteluväli on suuri. Kustannukset jäävät saavutettuja energiakustannusten säästöjä pienemmiksi, nettokustannukset ovat -0,7 miljoonasta eurosta -5,9 miljoonaan euroon. Jos kustannuksia verrataan saavutettuihin päästövähennyksiin, on vähennetyin hiilidioksiditonin nettokustannus negatiivinen -18 euroa/tCO₂ ...-105 euroa/tCO₂. Laskennassa ei ole otettu huomioon sitä, että järjestelmät päivitetään joka tapauksessa muutaman vuoden kuluttua, eli laskenta kohdistaa kaikki automaatiojärjestelmän parantamisen kustannukset politiikkatoimelle. Rakennuksen omistajan kannalta kannattavuus riippuu kohteen koosta ja päivitettävästä teknologiasta.

Automaatiovelvoite voitaisiin laajentaa koskemaan myös asuinkiinteistöjä. Mikäli tehokkuustason automaatiovelvoite kohdennettaisiin uusiin ja lämmitysjärjestelmän osalta peruskorjattaviin suuriin asuinrakennuksiin, ohjaus koskisi noin 22 000 kerrostaloa, joiden keskimääräinen kerrosala on 2 800 neliometriä ja jotka kuuluvat lähes kaikki kaukolämpöön. Ohjaus vähentäisi näiden rakennusten

energiankulutusta 37 GWh vuonna 2021, ja 328 GWh vuonna 2030. Kasvihuonekaasupäästöt vähenisivät puolestaan 7 700 tCO₂ vuonna 2021, ja 69 000 tCO₂ vuonna 2030. Suurten asuinrakennusten automaatiovelvoite vähentäisi enemmän energiakustannuksia kuin sen aiheuttamat lisäkustannukset olisivat, eli velvoite tuottaisi nettosäästöjä. Suurten asuinrakennusten automaatiovelvoitteen nettokustannukset olisivat oletuksista riippuen -0,5 miljoonasta -0,7 miljoonaan euroon vuonna 2021 ja -4,5 miljoonasta -6,3 miljoonaan euroon vuonna 2030. Näin ollen vähennettyjen kasvihuonekaasutonnin nettokustannus olisi negatiivinen -65...-90 euroa/tCO₂ vuosina 2021 ja 2030. Rakennusten omistajien kannalta investointi tehokkuustason automaatioon on kannattava takaisinmaksuajan ollessa noin 2,5-3 vuotta.

Myös teknisten järjestelmien vaatimukset koskevat käytännössä automaatio- ja ohjausjärjestelmiä. Direktiivi määrää asettamaan tasovelvoitteen automaatio- ja ohjausjärjestelmille. Käytännössä tämä ohjaa automaatio- ja ohjausjärjestelmät tietyille minimitasolle järjestelmän asentamisen, vaihtamisen tai päivittämisen yhteydessä. Koska järjestelmät kannattaa joka tapauksessa nostaa sen hetken teknologiselle tasolle näiden yhteydessä, ja ohjaus on voimassa vasta vuodesta 2021 lähtien, tasovelvoite täyttyisi Suomessa ilman politiikkatoimiakin. Näin ollen teknisten järjestelmien vaatimuksilla ei ole vaikutusta energiankulutukseen, päästöihin tai kustannuksiin Suomessa.

Direktiivimuutos antaa jäsenvaltioille mahdollisuuden velvoittaa asentamaan automaatio- ja ohjausjärjestelmä kaikkiin uusiin rakennuksiin. Tämän selvityksen tulosten mukaan vapaaehtoinen automaatiovelvoite koskisi käytännössä pientaloja, koska selvityksen perusteella muihin uusiin rakennuksiin asennetaan 2020-luvulla joka tapauksessa automaatio- ja ohjausjärjestelmät. Ohjaus vaikuttaisi noin 50–70 prosenttiin uusista erillisistä pientaloista, eli mukana olisi vuosittain noin 3 000–4 000 rakennusta. Ohjauksen vaikutuksesta energiaa säästyisi vuonna 2021 noin 0,4–0,5 GWh ja päästöt vähenisivät noin 60–80 tCO₂. Vuonna 2030 energiaa säästyisi 3,6–6 GWh ja päästöt vähenisivät noin 600–800 t CO₂. Ohjauksen nettokustannus olisi 1–2 miljoonaa euroa vuonna 2021 ja 10–20 miljoonaa euroa vuonna 2030. Ohjauksen nettokustannus suhteessa saavutettaviin päästövähennyksiin olisi noin 21 500 euroa/tCO₂ molempina tarkasteluvuosina. Ohjauksen ympäristövaikutus jäisi pieneksi ja kustannukset suuriksi, koska uudet pientalot ovat jo lähtökohtaisesti energiatehokkaita, joten automaatio- ja ohjausjärjestelmän energiansäästövaikutus olisi vähäinen. Toisaalta esimerkiksi sähköautojen ja aurinkosähkön oman tuotannon yleistymisen sekä energiamarkkinoiden muutokset asettavat uusia vaatimuksia pientalojen automaatiojärjestelmille.

Direktiivimuutos määrää asentamaan uusiin rakennuksiin huonelämpötilaa ohjaavat itsesäätyvät laitteet. Nämä ovat jo nyt Suomessa peruskäytäntö ja hyvän rakennustavan mukaisia, joten direktiivimuutoksella ei ole tämän osalta vaikutusta Suomessa energiankulutukseen, päästöihin tai kustannuksiin.

Automaatio- ja ohjausjärjestelmillä on energian käytön hallinnan lisäksi muita merkittäviä vaikutuksia. Nämä liittyvät esimerkiksi sisäolosuhteiden laadunhallintaan, turvallisuuteen ja kysyntäjoukon mahdollistamiseen. Näin ollen automaatio- ja ohjausjärjestelmään investoidaan usein muista kuin puhtaasti energiansäästöön liittyvistä syistä. Koska nykyaikaiset automaatio- ja ohjausjärjestelmät mahdollistavat rakennuskannan osallistumisen kysyntäjouksoon ja näin voidaan vähentää saastuttavia energian kysyntäpiikkejä, on niiden aiheuttama päästövähennys usein käytännössä tässä selvityksessä käytettyjä keskimääräisiä arvoja suurempi.

Direktiivimuutoksen mukainen tarkastusmenettely kohdistuisi Suomessa noin 75-80 000 rakennukseen. Se edistäisi energiansäästöä 26–155 GWh ja täten vähentäisi päästöjä 5 500–27 550 tCO₂. Toisaalta tarkastusmenettelyn aiheuttamat kustannukset (12 miljoonaa euroa) olisivat niin suuret, että energiakustannusten lasku (1,7–8,6 miljoonaa euroa) ei kattaisi näistä aiheutuneita lisäkustannuksia. Tarkastusmenettely vaatisi tarkastusjärjestelmän perustamisen ja ylläpidon. Tämän kustannukset, noin 185 000 euroa vuodessa aiheutuisivat valtiolle, mutta ne voitaisiin myös allokoida käyttömaksuina rakennusten

omistajille. Tarkastusmenettely olisi osittain päällekkäinen nykypolitiikan, kuten energiatehokkuussopimusten kanssa, joten sen toimeenpano käytännössä voisi olla haasteellista. Tarkastusmenettely aiheuttaisi pätevien tarkastajien koulutuspaineen. Koulutuksen kustannuksia ei arvioitu tässä selvityksessä.

Sisällys

Esipuhe	2
Tiivistelmä.....	3
1. Johdanto	8
1.1. Tausta	8
1.2. Selvityksessä käytetyt menetelmät	8
2. Automaatio- ja ohjausjärjestelmät	12
2.1 Automaation merkitys ja teknologian kuvaus	12
2.2 Automaation lainsäädännön nykytila Suomessa.....	13
2.3 Automaatioluokitukset	13
2.4 Automaatiojärjestelmien elinkaari ja päivitystarpeet	15
2.5 Automaation nykytilan kuvaus ja oletettu kehitys	15
2.6 Automaation vaikutukset	17
3. Automaatiovelvoite	18
3.1 Direktiivimuutoksen vaatimukset.....	18
3.2 Poliittikkamuutosten kuvaus ja vaikutusten arviointi.....	19
3.2.1 Suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoite	19
3.2.2 Suurten asuinrakennusten vapaaehtoinen automaatiovelvoite	20
3.2.3 Automaatiovelvoitteen poliittikkamuutosten arvioinnin kooste	22
4. Tekniset järjestelmät	22
4.1 Direktiivimuutoksen vaatimukset.....	22
4.2 Poliittikkamuutoksen kuvaus ja vaikutusten arviointi	24
4.2.1 Teknisten järjestelmien vaatimukset.....	24
4.2.2 Vapaaehtoinen velvoite uudisrakentamiselle	25
4.2.3 Itsesäätyvät laitteet	26
4.2.4 Teknisten järjestelmien poliittikkamuutosten arvioinnin kooste	27
5. Lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien tarkastukset	27
5.1 Direktiivimuutoksen vaatimukset.....	27
5.2 Tarkastusmenettelyn kuvaus.....	29
5.3 Vaikutusten arviointi	33
5.4 Yhteenveto tarkastusten vaikutuksista	35
6. Yhteenveto ja johtopäätökset	37
Lähteet.....	41
Liite 1. Tehorajan määrittely	42
Liite 2. Laskelmissa käytetyt päästökertoimet	44
Liite 3. Automaatio- ja ohjausjärjestelmät	45

Liite 4. Tarkastusmenettelyyn piiriin kuuluvat järjestelmät	56
Liite 5. Sanasto ja tulkinnat	58
Liite 6. Vaikutusten arviointi: Suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoite	61
Liite 7. Vaikutusten arviointi: Suurten asuinrakennusten automaatiovelvoite.....	63
Liite 8. Vaikutusten arviointi: Vapaaehtoinen automaatiovelvoite uudisrakentamiselle	66
Liite 9. Vaikutusten arviointi: Tarkastusmenettely.....	68

1. Johdanto

1.1. Tausta

Euroopan unioni on sitoutunut kestävän, kilpailukykyisen, turvallisen ja hiilivapaaksi saatetun energijärjestelmän kehittämiseen. Energiaunionissa ja vuoteen 2030 ulottuvissa energia- ja ilmastopolitiikkaa koskeissa puitteissa vahvistetaan unionin kunnianhimoiset sitoumukset vähentää kasvihuonekaasupäästöjä edelleen vähintään 40 prosentilla vuoteen 2030 mennessä vuoteen 1990 verrattuna, lisätä uusiutuvan energian osuutta, säästää energiaa unionin tason tavoitteiden mukaisesti sekä parantaa Euroopan energiaturvallisuutta, kilpailukykyä ja kestävyyttä.

Rakennetun ympäristön osuus Suomen energiankulutuksesta ja kasvihuonekaasupäästöistä on tällä hetkellä huomattavan suuri. Yleisen arvion mukaan rakennuksissa käytetään lähes 40 % energiasta, ja rakentaminen, rakennusten lämmitys ja sähkönkäyttö aiheuttavat yli 30 % kasvihuonekaasupäästöistä.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiiviä 2010/31/EU¹ on muutettu 9.7.2018 voimaantulleella direktiivillä 2018/844/EU². Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin muutoksen tavoitteena on viedä EU:ta kohti energiatehokkaampia rakennuksia ja vähähiilistä rakennuskantaa. Direktiiviudistus korostaa teknisten järjestelmien ja erityisesti automaation roolia energiatehokkuuden ja käyttömukavuuden tavoittelussa, sekä päivittää lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien tarkastusmenettelyä. Jäsenvaltioiden toimeenpanoa koskevien säädösten tulee olla saatettu voimaan viimeistään 10. päivänä maaliskuuta 2020.

Tämä selvitys ja arviointi keskittyvät direktiivin kolmelle osa-alueelle: 1) automaatiovelvoite ja 2) tekniset järjestelmät ja 3) tarkastukset. Raportti tarjoaa katsauksen direktiivimuutoksen toimeenpanon eri vaihtoehtojen taloudellisista vaikutuksista, vaikutuksista kasvihuonekaasupäästöihin, vaikutuksista energiankäyttöön sekä muista vaikutuksista. Automaatiovelvoitteen ja teknisten järjestelmien arvioinnit tehtiin vuosille 2021 ja 2030. Tarkastusten vaikutukset arvioitiin vuoden 2017 rakennuskantatietojen perusteella. Kaikkien selvittävien politiikkatoimien oletetaan toimivan täysimääräisesti 1.1.2021.

1.2. Selvityksessä käytetyt menetelmät

Rakennuskannan teknisten järjestelmien määrän arviointi

Energiatehokkuusdirektiivi käsittelee lämmitys-, jäähdytys-, ja automaatio- ja ohjausjärjestelmiä. Tämän selvityksen käytössä on ollut järjestelmäkohtaisia tietoja ainoastaan öljy-, kaasu- ja biopolttoaineita käyttävistä lämmityskattiloista. Nämä tiedot on päivitetty vuoden 2013 arvioista asiantuntijahaastatteluiden avulla. Kaukolämpö-, lämpöpumppu-, sähkölämmitys-, ilmastointi- sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmiä on tarkasteltu rakennusten kautta. Rakennuskohtaiset tiedot poimittiin Rakennus- ja huoneistorekisteristä (RHR).

Lämmitystehorajat (70 kW ja 290 kW) ylittävien rakennusten määrä on poimittu rakennuskannasta arvioimalla rakennusten keskimääräinen ominaislämmitystehon tarve (W/K, k-m²) rakennustyypeittäin, ikäkausittain, kerrosalan ja ulko- ja sisälämpötilaeron funktiona. Em. luvussa on johtumishäviöihin tarvittu lämmitysteho sekä vuotoilman ja se ilmanvaihdon tarvitsema lisälämmitysteho, joka tarvitaan vielä lämmöntalteenoton jälkeen. Johtumishäviöissä on otettu huomioon lämmönläpäisykertoimien tiukennukset aikojen saatossa ja lämmöntalteenotossa kiristyneet hyötysuhdevaatimukset aikojen saatossa. Lämpimän käyttöveden osuus ei ole mukana (lisätietoa liitteessä 1).

¹ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU rakennusten energiatehokkuudesta (EUVL L 153, 18.6.2010, s. 13).

² Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/844 rakennusten energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2010/31/EU ja energiatehokkuudesta annetun direktiivin 2012/27/EU muuttamisesta (EUVL L 156, 19.6.2018, s. 75).

Ympäristövaikutukset

Ympäristövaikutuksista tarkasteltiin energiankulutuksen hiilidioksidipäästöjä (CO₂), joka on yli 99 prosenttia energiantuotannon ilmastovaikutuksista. Poliittikkamuutosten ympäristövaikutusten arvioinnin menetelmä on avattu lyhyesti raportin tekstissä kyseisen poliittikkamuutoksen kohdalla luvuissa 3-5 ja laajasti liitteissä 6-9. Koska laskelmiin ei ole sisällytetty elinkaaren päästöjä, on puupohjaisten polttoaineiden päästökerroin nolla. Raportin ominaispäästökertoimina on käytetty seuraavia arvoja (liitteessä 2 lähteet ja lisätietoa):

- Kaukolämpö 210 kg CO₂/MWh
- Öljy 263 kg CO₂/MWh
- Sähkö 164 kg CO₂/MWh
- Bioenergia 0 kg CO₂/MWh
- Kaasu 198 kg CO₂/MWh

Automaatio- ja ohjausjärjestelmät

Automaatio- ja ohjausjärjestelmien kartoitus perustuu asiantuntija-arvioihin, joita on kerätty sidosryhmätyöpajassa, sähköpostikyselyillä ja haastatteluilla. Aineisto kattaa arvioita kustannuksista, järjestelmien lukumääristä ja tasosta rakennustyypeittäin, keskimääräisestä käyttöiästä, päivitystarpeista, ylläpitäjän osaamisvaatimuksista, rakennuksen energiankulutuksen säästöstä, sekä muista kiinteistökohtaisista ja yhteiskunnallisista vaikutuksista. Sidosryhmätyöpajassa keskityttiin automaation nykytilaan ja tulevaisuuteen, sekä direktiivimuutoksen vaikutuksiin. Sidosryhmätyöpajaan osallistui 29 automaatioalan asiantuntijaa yrityksistä ja julkiselta sektorilta.

Tarkastukset

Lämmitysjärjestelmien tarkastusväli, tarkastusten aiheuttamat toimenpiteet sekä tarkastusten myötä saavutettavat energiansäästöt sekä tarkastuksista vapautettavien ESCO-kohteiden lukumäärät perustuvat asiantuntija-arvioihin sekä Lämmitysenergiayhdistyksen³ tietoihin ja A-insinöörien luonnosvaiheisiin selvityksiin^{4,5}. Tarkastusraportit kokoavan tietokannan kustannuksien viitetietoina on käytetty ARA:n ylläpitämän energiatodistusrekisterin toteutuneita tietoja.

Kustannusvaikutukset

Kustannusvaikutukset on laskettu kahdesta näkökulmasta: (1) nettokustannukset eli oletettujen kustannusten ja säästöjen erotus ja (2) nettokustannukset säästettyä hiilidioksiditonnia kohden. Direktiivimuutosten nettokustannukset on arvioitu rakennusten omistajien näkökulmasta vertaamalla veloitteen aiheuttamia elinkaaren vuosikustannuksia saavutettaviin vuosittaisiin energiansäästöhyötyihin. Energiansäästöhyötyihin on huomioitu direktiivin rajauksen vuoksi vain tilojen lämmityksessä saavutettava energiansäästö (lämpimän veden käyttö on rajattu siis ulkopuolelle). Energiansäästö määritellään siis lämmityksen ostoenergian säästönä. Ostoenergia määritellään jakamalla "hyöty"lämmitysenergia rakennuksen lämmitysjärjestelmän hyötysuhteella. Sähkö kohdalla hyötysuhde on 100% ja biopolttoaineilla 50% (muut polttoaineet ovat näiden välissä). Lämpöpumpuissa hyötysuhde on 300%.

Automaatio- ja ohjausjärjestelmien elinkaareksi on arvioitu 15 vuotta ja tarkastusten viisi vuotta. Direktiivin automaatio- ja ohjausjärjestelmien koskevan vaatimuksen osalta on tarkasteltu ainoastaan investoinnin ja käytön lisäkustannuksia. Automaatio- ja ohjausjärjestelmien tason parantamisen lisäkustannukset perustuvat tutkimusryhmän asiantuntemukseen sekä tapaustutkimuksiin ja yrityksiltä saatuihin tietoihin toteutuneista kohteista. Tarkastuskustannus on tehtävään kuluva työaika. Molemmista tarkasteluissa

³ Lämmitysenergiayhdistys, internet-sivut: <https://www.ley.fi/> [käyty 7.2.2019]

⁴ A-insinöörit. 2019. Ilmastointijärjestelmien EPBD-tarkastuksen kustannukset ja hyödyt.

⁵ A-insinöörit. 2019. EPBD ilmastointijärjestelmien tarkastusohje.

energiansäästöön laskennassa on käytetty samoja säästöoletuksia, kuin koko kohdekantaa koskeneissa tarkasteluissa. Säästöoletukset perustuvat samoihin tietolähteisiin kuin lisäkustannukset. Säästöt on hinnoiteltu Tilastokeskuksen vuoden 2017 energiahintojen tasossa. Kaukolämmön hinnasta on poistettu siirtomaksu ja sähköhinnasta tehomaksu. Asuinrakennusten osalta energianhinnat on käsitelty arvonlisäverollisena ja ei-asuinrakennusten osalta ilman arvonlisäveroa. Tarkastusten aikaansaamien toimenpiteiden vaikutuksen on oletettu kuluvan nollaan tarkastusvälin aikana. Rakennusten omistajien oletetaan tekevän suositellut toimenpiteet 50–75 prosentin todennäköisyydellä. Tarkastusten osalta on myös arvioitu valtiolle tarkastusjärjestelmän perustamisesta ja käytöstä aiheutuvat kustannukset energiatodistusrekisterin kokemusten perusteella. Kustannusvaikutusten oletukset, arviointi ja tulokset on esitelty liitteissä 6-9.

Asiantuntijalausuntoja ja tiedonantoja raportin laatimisen tueksi ovat antaneet:

Jukka Aho, Leanheat Oy
Marko Björkroth, A-insinöörit
Artti Elonen Tilapalvelut Oy
Lari Eskola, A-insinöörit
Jukka Forsman, Helsingin kaupunki
Jussi From, Granlund
Arto Hannula, Lämmitysenergia Yhdistys ry
Harri Heinaro, Motiva Oy
Janne Heinonen, Enermix Oy
Tero Hirvelä, Jyväskylän kaupunki, Jyväskylän Tilapalvelu
Jussi Hirvonen, Sulpu ry
Juhani Hyvärinen, Talotekninen teollisuus ja kauppa ry
Heikki Ihasalo, Aalto-yliopisto
Risto Jernberg, Fidelix Oy
Anna-Riikka Jännetyinen, Schneider Electric Finland Oy
Hannu Kauppinen, Suomen kaasuyhdistys
Riitta Ketomäki, Business Finland
Petri Koivula, Suomen energiainsinöörit Oy
Harri Korpijaakko, Caverion Suomi Oy
Esko Kukkonen, eläköitynyt ympäristöministeriöstä
Jaakko Laaksonen, Turun kaupunki, Tilapalvelukeskus
Tero Laaksonen, Schneider Electric Finland Oy
Päivi Laitila, Motiva Oy
Jarmo Lehtonen, TAMK, Kiinteistöpalvelut
Lauri Leppä, Leanheat Oy
Päivi Liejumäki, Lempäälän kunta
Harri Liukku, ABB Oy
Jan Mattsson, Schneider Electric Finland Oy
Eero Otronen, Lämmitysenergia Yhdistys ry
Tatu Pahkala, Työ- ja elinkeinoministeriö
Kalevi Piira, VTT
Kirsti Raulo, Kangasalan kaupunki
Valtteri Renvall, Leanheat Oy
Erkki Saarivirta, Tampereen kaupunki, Tampereen tilapalvelut
Jukka-Pekka Salmisto, Aalto-yliopistokiinteistöt Oy
Timo Sammallahti, Yliopistokiinteistöt
Jussi Piispanen, Beckhoff Automation Oy
Harri Pulkkinen, Granlund Oy
Kari Pulkkinen, ABB

Valtteri Renvall, Leanheat Oy
Sonja Salo, Fourdeg Oy
Börje Sandström, Fidelix Oy
Toivo Sahlstén, Tmi Toivo Sahlstén
Johan Stigzelius, KNX Finland ry
Suvi Suojanen, Tampereen Sähkölaitos
Sonja Tiainen, ARA
Hannes Tuohiniitty, Bioenergia ry
Markku Tuovinen, VTT
Heidi Uimonen, Fingrid Oy
Juuso Vitikainen, Danfoss Oy
Tampereen ammattikorkeakoulu/Talotekniikan koulutuksen asiantuntijaopettajat
Alexandre Zaitsev, Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry
6 nimettömänä pysyttelevää asiantuntijaa

2. Automaatio- ja ohjausjärjestelmät

2.1 Automaation merkitys ja teknologian kuvaus

Rakennusten toimiviksi todennetuilla automaatio- ja ohjausjärjestelmillä voidaan vaikuttaa käytettävän energian kokonaismäärään ja käytön ajankohtaan. Automaation tehtävänä on mitata, seurata, tehdä ohjauksia ja tuoda energian käyttöä näkyväksi. Säästöä ja tehokkuutta voi syntyä käytettävän energian kokonaismäärässä, huipputehon tarpeessa, aiheutetuissa päästöissä tai kustannuksissa. Hyödyt voivat olla samanaikaisia, kuten vähän ostoenergiaa ja alhaiset kustannukset, tai yksittäisiä, kuten energian käyttö edullisen energiahinnan aikaan. Toisaalta hyödyt voivat olla myös ristikkäisiä, kuten pieni kokonaisenergiankulutus, mutta käyttö ajoittuu tuotannon huippukulutusaikaan, jolloin tuotanto aiheuttaa paljon päästöjä.

Automaatio- ja ohjausjärjestelmien tehtäviä ja vaikutuksia energiahallinnassa ovat:

- Energian tarkoituksenmukainen käyttö, olosuhteiden valvonta ja vikadiagnostiikka
 - o pysytään tavoitelluissa asetusarvoissa
 - o estetään ristiriitaista käyttöä, kuten samanaikainen lämmitys ja jäähdytys
 - o saadaan vikatilanteista hälytykset
- Energian käytön ohjaus, tarpeenmukaiset ja tavoitellut olosuhteet
 - o muutetaan tilojen olosuhteita käyttöasteen ja kuormituksen mukaisesti
 - esimerkiksi tarpeenmukainen ilmanvaihto ja lämpötilan pudotus
- Energian käyttö näkyväksi
 - o vaikutetaan käyttäjien toimintatapoihin ja energian käyttöön
 - esimerkiksi tilojen lämpötilat ja veden käyttö
- Energian käytön ajoitus
 - o käytetään energiaa edullisimman hinnan aikana
- Tehohallinta, kysyntä/kulutusjousto
 - o ohjataan laitteita toimimaan hallitusti
 - o pienennetään huipputehon tarvetta ja käytetään järjestelmiä resurssitehokkaasti
 - o lisätään käyttöä tai varastoidaan energiaa ylituotantotilanteissa
 - o vähennetään energian tuotannon päästöjä
- Energian käytön rajoitus resurssipulan aikana
 - o ohjataan energian käyttöä välttämättöimpiin perustarpeisiin energijärjestelmän poikkeustilanteissa

Energiatehokkuus syntyy kokonaisuuden hallinnalla. Toimivaksi todennettu automaatio- ja ohjausjärjestelmä on työkalu tämän kokonaisuuden hallintaan, koska sen avulla voidaan integroida eri toiminnot energiataloudellisiksi kokonaisuuksiksi. Mittaus- ja seurantatietojen avulla voidaan löytää laatu poikkeamat tai pitkän aikavälin muutokset energiankäytössä ja sisäolosuhteissa. Rakennusten energiankulutusta ja tehohallintaa voidaan tehostaa, ajoittaa, hallita, seurata, tehdä näkyväksi ja raportoida parantamalla rakennusten automaatioastetta. Automaation vaikutus energiakulutukseen on ilmeinen, mutta siitä ei ole olemassa suomalaisia tutkimuksia.

Automaation tehtävänä on myös valvoa laitteiden ja järjestelmien toimintaa niin, että vikatilanteet havaitaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. Järjestelmän on mm. kyettävä nopeasti havaitsemaan virheelliset käyttöaikataulut (käyttöaikaseuranta), virheelliset asetusarvot (asetusarvoseuranta) sekä estetävä tilojen samanaikainen lämmitys ja jäähdytys. Uusia vaatimuksia automaatiolle asettavat rinnakkaiset lämmöntuottojärjestelmät (esim. lämpöpumput ja varalämpö, aurinkojärjestelmä ja varalämpö), joita olisi hyödynnettävä sekä energia- että kustannustehokkaasti.

Automaation osuus on noin 1 – 3 % rakennuksen suunnittelu- ja rakennuskustannuksista. Rakennuksen automaation elinkaaritavoite on keskimäärin 15 vuotta. Tämän jälkeen varaosien ja käyttäjätuen saatavuus alkaa heikentyä. Elinkaarta voivat lyhentää myös toimilaitteiden käyttökustannusten nousu ja teknisen toimivuuden heikentyminen. Ohjelmointi- ja säätöalgoritmit eivät sinänsä vanhene, mutta esimerkiksi valvomotietokoneen käyttöjärjestelmä voi lakata toimimasta. Automaatiojärjestelmän toimiminen suunnitellusti kuuluu huolto- ja ylläpitovelvoitteisiin.

Tietoturvan ja tietomurtoriskien huomioon ottaminen on ensiarvoisen tärkeää, niin järjestelmän suunnittelun kuin ylläpidonkin yhteydessä.⁶ Useiden toimittajien ja alihankkijoiden muodostamassa ketjussa pääsopimuksessa pitää määritellä osapuolten vastuut, jotka on otettava huomioon kaikissa sopimussuhteissa. Pääsopimuskumppani vastaa sopimuksessa sovittujen vastuiden ja velvoitteiden toteuttamisesta ja vastaa tarvittavien velvoitteiden siirtämisestä palvelua suorittavalle tai tuottavalle taholle.

2.2 Automaation lainsäädännön nykytila Suomessa

Vaikka rakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmien tasoa ei ohjata suoraan Suomessa tällä hetkellä, rakennusten automaatio on taustalla useiden määräyskohtien toimeenpanossa. MRL 166 §:ssä (488/2007) säädettiin, että rakennus ja sen energiahuoltoon kuuluvat järjestelmät on pidettävä sellaisessa kunnossa, että ne rakennuksen rakennustapa huomioon ottaen täyttävät energiatehokkuudelle asetetut vaatimukset. Lisäksi MRL edellyttää, että säätö- ja mittausjärjestelmät omalta osaltaan edesauttavat suunnitellun energiatehokkuuden saavuttamista ja energiankulutuksen seuraamista. MRL 117g § määrää, että rakennuksessa käytettävien rakennustuotteiden ja taloteknisten järjestelmien sekä niiden säätö- ja mittausjärjestelmien on oltava sellaisia, että energiankulutus ja tehontarve rakennusta ja sen järjestelmiä käyttötarkoituksensa mukaisesti käytettäessä jää vähäiseksi ja että energiankulutusta voidaan seurata.

MRL:ssa asetettiin vaatimus myös rakennuksen käyttö- ja huolto-ohjeella. Näiden voidaan katsoa koskeneen myös rakennuksen automaatiojärjestelmää ja sen käyttöikä. MRL 117i §:n 2 momentissa säädetään, että käyttö- ja huolto-ohjeen tulee sisältää rakennuksen käyttötarkoitus ja rakennuksen ominaisuudet sekä rakennuksen ja sen rakennusosien ja laitteiden suunniteltu käyttöikä huomioon ottaen tarvittavat tiedot rakennuksen asianmukaista käyttöä ja kunnossapitovelvollisuudesta huolehtimista varten. VTT:n 2015 tekemässä selvityksessä⁷ on käsitelty tarkemmin rakentamismääräysten tärkeimmät osat, joissa rakennuksen automaatio liittyy sisäolosuhteiden ylläpitoon ja energiatehokkuuteen.

2.3 Automaatioluokitukset

Tämän selvityksen politiikkamuutosten määrittelyssä käytetään apuna automaatioluokituksia *normitaso*, *edistykseellinen taso* ja *tehokkuustaso*. Luokittelussa on hyödynnetty standardia SFS-EN 15232-1:2017⁸ niin että *normitaso* vastaa standardin tasoa C, *edistykseellinen taso* vastaa standardin tasoa B ja *tehokkuustaso* vastaa standardin tasoa A. Standardi määrittää tarkasti jokaisen luokan täyttämiseen vaadittavat automaatio- ja ohjaustoiminnot asuin- ja ei-asuinrakennuksille. Standardia hyödynnettäessä taso täyttyy, kun kaikki tasomäärittelyn eri kohdat toteutuvat. Jos jokin seikka on määrittelytasoa heikompi, on koko järjestelmä siten myös heikommalla tasolla. Käytännössä Suomen olosuhteet ja toteutukset eivät tältä osin

⁶ Työ- ja elinkeinoministeriö. Joustava ja asiakaskekeinen sähköjärjestelmä. Älyverkkotyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia 33/2018. Saatavilla: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161119> [Vierailtu 03.01.2019]

⁷ Kukkonen, P., Hyvärinen, J., Saari, M. & Nyman, M. Rakennusautomaation rakentamisen sääntelyssä. Raportti VTT-S-04488-15. VTT Expert Service Oy. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2015.

⁸ SFS-EN 15232-1:2017: Energy Performance of Buildings. Energy performance of buildings. Part 1: Impact of Building Automation, Controls and Building Management. Modules M10-4,5,6,7,8,9,10. 2017.

aina noudata standardien määrittelyjä ja siten standardin esittämiin tasovaatimuksiin on tapauskohtaisesti mietittävä soveltamista esimerkiksi tilakohtaisilla määrittelyillä.

Normitaso (Liite 3 Taulukko L3.1) vastaa erityisesti 2010-luvun alkupuolen tavanomaisen toteutustavan mukaista rakennuksen automaatiota, joka toteuttaa automatisoidut säätö- ja ohjaustoiminnot. Liike- ja toimistorakennuksissa rakennuksen automaatio on useimmiten toteutettu pääosin keskitetyillä ohjaus-, säätö- ja kiinteistöautomaatiojärjestelmillä, mutta toiminnot on mahdollista toteuttaa myös erillisillä säätö- ja ohjauslaitteilla. Normitasoa heikkommat ratkaisut ovat tyypillisesti käsikäyttöisiä toteutuksia kuten käsikäyttöisiä patteriventtiileitä, käsikäyttöisiä sähkökytkimiä ja niin edelleen, joissa ei ole otettu huomioon kiinteistön energiatehokkuusasioita.

Edistyksellinen -tasolla (Liite 3 Taulukko L3.2) voidaan optimoida automaattisesti rakennusten eri järjestelmien toimintaa esimerkiksi kysyntäjouston toteuttamiseksi ja siinä on joitakin erikseen mainittuja hallintatoimintoja. Edistyksellisen tason lähtökohtana on, että rakennuksen automaatio on toteutettu rakennuksen automaatiojärjestelmällä ja että tietyt säätö- ja automaatiotoiminnot on toteutettu normitasoa paremmin.

Tehokkuustaso (Liite 3 Taulukko L3.3) antaa mahdollisuuden tehokkaaseen energianhallintaan rakennuksessa automaation avulla, koska se sisältää kokonaisvaltaisen automaatio- ja hallintajärjestelmän. Tehokkuustasolla automaatiota hyödynnetään ohjauksessa, säädössä, energiankulutuksen raportoinnissa, seurannassa ja ennakoimaan poikkeamat sekä dataa analysoimalla vähentämään tarpeetonta tai suunnittelematonta energiankulutusta. Esimerkiksi tilojen käyttäjällä on mahdollisuus tarkkailla tunti-, vuorokausi- ja kuukausitasolla rakennuksen sähkön-, lämmön- ja vedenkulutusta, lukea järjestelmän tulostamia kulutusraportteja ja poikkeamahälytyksiä sekä ohjata järjestelmän määriteltyjä toimintoja. Tehokkuustasolla automaatio on usein toteutettu useilla järjestelmillä, jotka sisältävät kiinteistön hoitoon liittyvät keskeiset toiminnot, hallitsevat ohjauksen tarpeen mukaan ja kykenevät laajaan keskinäiseen integraatioon. Tehokkuustaso täyttää direktiivimuutoksen artiklojen 14(4) ja 15(4) kohtien a)-c) sekä artiklojen 14(5) ja 15(5) kohtien a)-b) vaatimukset.

Standardin SFS-EN 15232-1:2017 mukainen automaatio on teknisen kattavuutensa osalta Suomen sisäympäristön hallintaa laajempi, mutta sitä voidaan soveltaa lähes sellaisenaan Suomessa. Suomen rakentamismääräyskokoelmassa oletettu tavanomainen toteutustapa ja standardin C-luokka vastaavat suurelta osin toisiaan, kun valaistuksen ohjaustavaksi oletetaan huonekohtaiset kytkimet. Näin ollen standardin määrittelemää C-tasoa voidaan pitää rakennusten automaatiolle energiatehokkuuden vertailutasona (*normitasona*) maassamme vuoden 2010 jälkeen toteutetuissa järjestelmissä. Tämä luo mahdollisuuden arvioida automaation vaikutusta energiatehokkuuteen em. standardin pohjalta.

Automaation energiatehokkuuden vaikutuksen arvioimiseksi standardiin SFS-EN 15232-1:2017 on esitetty kaksi menetelmää. Kerroinmenetelmä soveltuu vaikutuksen arviointiin rakennuksen suunnitteluvaiheessa, jolloin kaikki yksityiskohtaiset tiedot eivät vielä ole täysin tiedossa. Standardissa toisena menetelmänä kuvattua yksityiskohtaista menetelmääkin voi soveltaa, mikäli lähtötiedot ovat kattavasti tiedossa. Liitteen 3 kohdassa Automaation energiatehokkuuden vaikutuksen määrittelymenetelmät on esitelty tarkemmin tässä selvityksessä käytettyä kerroinmenetelmää.

Rakennuksen automaation tehokkuusluokkaa arvioitaessa on ensin harkittava, mitä talotekniikkajärjestelmiä kyseisessä rakennuksessa on, ja vasta sen jälkeen arvioitava, mikä on näiden ohjattavien talotekniikkajärjestelmien automaation tehokkuusluokka. Esimerkiksi sen, että automaatiototeutuksessa ei ole jäähdytyksen ohjauksen toteutusta, ei pitäisi vaikuttaa rakennuksen automaation tehokkuusluokan arviointiin siinä tapauksessa, että jäähdytysjärjestelmää ei ole.

Samaa tilaa palvelevien automaatiotoimintojen tehokkuusluokka määräytyy kyseistä tilaa palvelevien järjestelmien automaatiotoiminnon alimman tehokkuustason mukaan. Esimerkiksi kylpyhuoneissa saattaa

olla päällekkäisiä lämmitysjärjestelmiä, kun käytetään samanaikaisesti ns. mukavuuslattialämmitystä ja radiaattoria, tai rakennuksessa voi olla ilmalämpöpumppu, joka lämmittää tiloja varsinaisen radiaattorilämmityksen lisäksi.

Liitteessä 3 Automaatio- ja ohjausjärjestelmät, on kohdassa Automaatio- ja ohjausjärjestelmien tehokkuustasot tarkemmin määritelty vaatimukset rakennuksen automaation energiatehokkuuden tasoista.

2.4 Automaatiojärjestelmien elinkaari ja päivitystarpeet

Automaatiojärjestelmät vaativat säännöllistä päivittämistä ja vaihtamista. Tässä selvityksessä automaatiojärjestelmän asentaminen, vaihtaminen ja päivittäminen ja niiden ajankohdat on määritelty seuraavasti:

Asentamisella viitataan automaatio- ja ohjausjärjestelmän asennukseen rakennukseen, jossa ei ole aiempaa järjestelmää.

Vaihtamisella viitataan vähintään puolen automaatio- ja ohjausjärjestelmän laitekannan vaihtamiseen. Esim. samalla kun vaihdetaan ilmastointilaitteita, vaihdetaan joitain ohjaimia. Automaatio- ja ohjausjärjestelmät oletetaan vaihdettavan 15 vuoden välein. Vaihtamisen yhteydessä järjestelmän taso oletetaan nostettavan sen hetken teknologiselle tasolle.

Päivittämisellä tarkoitetaan esimerkiksi komponenttien asentamista tai laitteiston laajempaa ohjelmallista päivitystä. Esimerkiksi päivitetään etäkäyttöyhteydet, siihen liittyvät komponentit ja osa laitteista. Automaatio- ja ohjausjärjestelmät oletetaan päivitettävän noin 10 vuoden välein. Päivittämisen yhteydessä järjestelmän taso oletetaan nostettavan sen hetken teknologiselle tasolle.

Esimerkki: Vuonna 2010 rakennettuun omakotitaloon on *asennettu* rakentamisen yhteydessä normitasoinen automaatiojärjestelmä. Tämä järjestelmä *päivitetään* vuonna 2020 vastaamaan sen hetken teknologiaa, esimerkiksi lisäämällä järjestelmään etäkäyttöyhteydet. Järjestelmän elinkaari on noin 15 vuotta, joten se *vaihdetaan* vuonna 2025.

2.5 Automaation nykytilan kuvaus ja oletettu kehitys

VTT:n 2015 tekemän selvityksen⁹ mukaan ennen MRL:n muutoksien (230/2017) voimaantuloa rakennettujen automaatio- ja ohjausjärjestelmien voidaan katsoa edustavan sen hetkistä automaation perustasoa Suomessa. Tämä perustaso vastaa pääsääntöisesti standardissa SFS-EN 15232-1:2017 määritellyn C-luokan mukaisen automaatiotason käyttöä (normitasoa). VTT on tehnyt ympäristöministeriölle vuonna 2009 selvityksen¹⁰, jossa verrattiin silloisessa standardissa SFS-EN 15232-1:2007 esitettyä automaation tehokkuusluokkaa C suomalaisen tavanomaiseen rakentamistapaan.

Tämän selvityksen tulosten mukainen automaatiojärjestelmien kehitys Suomessa vuosina 2010–2030 on esitetty taulukossa 1. Kehitys on selvitetty rakennustyypeittäin ja kehityksen oletetaan olevan samanlaista uudisrakentamisessa ja peruskorjauksissa asennettavien uusien järjestelmien osalta. Nykyisestä rakennuskannasta oletetaan peruskorjattavan 1,5 prosenttia vuosittain. Lisäksi vanhat järjestelmät oletetaan nostettavan kyseisen ajanhetken tasolle niiden päivittämisen tai vaihtamisen yhteydessä (katso määritelmät luku 2.4). Taulukko 1 kuvaa siis kunkin ajankohdan uuden automaatioteknologian perustasoa ja yleisyyttä. Ennen vuotta 2010 asennettujen automaatio- ja ohjausjärjestelmien oletetaan tässä selvityksessä olleen normitason alapuolella. Selvitys perustuu asiantuntija-arvioihin (luku 1.2).

⁹ Kukkonen, P., Hyvärinen, J., Saari, M., Nyman. Rakennusautomaation rakentamisen sääntelyssä. Raportti VTT-S-04488-15. VTT Expert Service Oy. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2015.

¹⁰ Asuinrakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen. Versio 1.5 lopullinen. VTT-V-32062-08. Selvitys Ympäristöministeriön "Asuinkiinteistöjen automaation energiatehokkuus – projektissa". 2009.

Taulukko 1. Uuden automaation perustaso eri ajanjaksoina: Oletukset automaatio- ja ohjausjärjestelmien osuuksista ja tasosta rakennustyypeittäin uusia järjestelmiä asennettaessa sekä vanhoja järjestelmiä vaihdettaessa tai päivitettäessä.

Rakennustyyppi	Osuus uusista rakennuksista, joiden automaatiojärjestelmä on ko. tasolla*	2010–2014	2015–2020	2021–2030
Ei-asuinrakennukset yli 290 kW	Normitaso	0%	0%	0%
	Edistyksellinen taso	100%	50-70%	0%
	Tehokkuustaso	0%	30-50%	100%
Ei-asuinrakennukset alle 290 kW	Normitaso	100%	0%	0%
	Edistyksellinen taso	0%	100%	100%
	Tehokkuustaso	0%	0%	0%
Kerrostalot	Normitaso	100%	95%	0%
	Edistyksellinen taso	0%	5%	100%
	Tehokkuustaso	0%	0%	0%
Rivitalot	Normitaso	0%	2%	0%
	Edistyksellinen taso	0%	2%	100%
	Tehokkuustaso	0%	0%	0%
Pientalot	Normitaso	5%	6%	0%
	Edistyksellinen taso	5%	10%	30-50%
	Tehokkuustaso	0%	0%	0%

*Peruskorjausten yhteydessä asennettujen uusien automaatio- ja ohjausjärjestelmien sekä kyseisenä ajankohtana päivitettävien automaatio- ja ohjausjärjestelmien oletetaan olevan keskimäärin samalla tasolla kuin ko. ajankohdan uusien järjestelmien.

Automaatio- ja ohjaus järjestelmän asentaminen uudisrakentamisen yhteydessä kaikkiin ei-asuinrakennuksiin arvioidaan olleen vallitseva käytäntö jo vuodesta 2010 lähtien. Suuriin ei-asuinrakennuksiin on siitä lähtien asennettu vuoteen 2014 saakka edistyksellisen tason automaatiojärjestelmiä, jonka jälkeen osa asennetuista järjestelmistä on nostettu tehokkuustasolla. Selvityksen mukaan Suomessa oli vuoden 2018 lopussa noin 1 500 tehokkuustason järjestelmää suurissa ei-asuinrakennuksissa. Ensimmäiset tehokkuustason järjestelmät ovat vuodelta 2015, joten niiden yleistymisen on ollut nopeaa. Koska tehokkuustason järjestelmien yleistymisen tahtiin vuosina 2019–2020 liittyy epävarmuutta, käytetään tältä osin vaihteluväliä taulukon 1 mukaisesti. Vuoden 2020 jälkeen tehokkuustason oletetaan olevan vallitseva näissä rakennuksissa.

Pienempiin ei-asuinrakennuksiin asennettujen automaatiojärjestelmien oletetaan olleen normitasoisia noin vuodesta 2010 lähtien. Vuotta 2015 voidaan pitää automaation taitekohtana, mistä alkaen pienemmät uudet ei-asuinrakennukset on varustettu pääosin edistyksellisen tason automaatiojärjestelmillä.

Myös kaikkiin uusiin ja peruskorjattuihin kerrostaloihin arvioidaan asennettujen automaatiojärjestelmät vuodesta 2010 lähtien. Asennettujen automaatiojärjestelmien oletetaan olleen pääasiassa normitasoisia noin vuodesta 2010 lähtien, kun taas vuodesta 2015 lähtien asennetuista automaatiojärjestelmistä viiden prosentin arvioidaan olevan edistyksellisellä tasolla.

Rivi- ja pientalojen osalta automaatiojärjestelmien osuuden oletetaan olevan vähäisempi. Noin neljään prosenttiin uusista rivitaloista on vuodesta 2015 alkaen asennettu automaatiojärjestelmät, joista puolet arvioidaan olevan normitasoa ja puolet edistyksellistä tasoa. Pientalojen automaatiojärjestelmien osuuden oletetaan olevan rivitaloja suurempi ajanjaksoina 2010–2014 ja 2015–2020. Vuosina 2010–2014 uusista pientaloista kymmeneen prosenttiin oletetaan asennettujen automaatiojärjestelmä, joista puolet on normi- ja

puolet edistyksellisellä tasolla. Vuosina 2015–2020 osuuden oletetaan kasvavan 16 prosenttiin, josta 38 prosenttia on normitason, ja loput 62 prosenttia edistyksellisen tason järjestelmiä.

Vuosina 2021–2030 oletetaan kaikkiin uusiin ja peruskorjattaviin rakennuksiin asennettavan automaatiojärjestelmä, lukuun ottamatta pientaloja. Pientalojen osalta osuuden arvioidaan olevan 30–50 prosenttia. Kaikkien asennettavien automaatiojärjestelmien oletetaan olevan vähintään edistyksellisellä tasolla.

Huomioitavaa on, että automaatio- ja ohjausjärjestelmien politiikkamuutokset alkavat vaikuttaa vuonna 2021. Automaatio- ja ohjausteknologian nopean kehityksen vuoksi automaatio- ja ohjausjärjestelmien yleisyyden oletetaan lisääntyvän ja tason kasvavan vuoteen 2021 mennessä, joten tämä vähentää politiikkavaihtoehtojen vaikuttavuutta. Toinen huomioitava seikka on se, että automaatio- ja ohjausjärjestelmien elinkaari on noin 15 vuotta ja jo 10 vuoden iässä järjestelmä vaatii päivittämistä. Järjestelmän päivittämisen tai uusimisen yhteydessä järjestelmä oletetaan nostettavan vastaamaan sen hetken perustasoa taulukon 1 mukaisesti (katso luku 2.3).

2.6 Automaation vaikutukset

Tässä selvityksessä on arvioitu numeerisesti automaatio- ja ohjausjärjestelmiin liittyvän politiikan vaikutuksia energiankulutukseen, päästöihin ja kustannuksiin. Haastatteluilla, kyselyllä ja sidosryhmätyöpajassa kerätyn aineiston perusteella automaatiolle voidaan tunnistaa useita muitakin vaikutuksia.

Kyselyllä ja automaatiotyöpajassa kerätyissä asiantuntija-arvioissa tunnistetaan automaation tuovan monipuolisia hyötyjä (Taulukko 2). Taulukossa on kuvattu automaatio- ja ohjausjärjestelmien hyödyt kohderyhmittäin ja hyödyn laadun mukaan. Arvioidut hyödynsaajat ovat yhteiskunta, rakennuksen omistaja, sekä rakennuksen käyttäjä. Hyödyn laatua on arvioitu kolmella ulottuvuudella. Taloudellisia hyötyjä ovat esimerkiksi ennakoivasta huollosta tai tariffipolitiikan hyödyntämisestä mahdollisesti koituvat taloudelliset säästöt. Ympäristöhyödyt viittaavat ympäristön kuormituksen vähenemiseen, kuten korkeapäästöisen varavoiman tarpeen vähenemiseen tehopiikkien leikkaamisen myötä. Hyvinvointihyödyt taas liittyvät terveyden ja sosiaalisen hyvinvoinnin edistämiseen, kuten sisäilmaongelmien ehkäisemiseen tai kohonneeseen käyttömukavuuteen.

Taulukko 2. Automaatio- ja ohjausjärjestelmien hyödyt.

Automaatio- ja ohjausvelvoitteen hyödyt	Yhteis-kunnalliset hyödyt	Kiinteistön omistajan hyödyt	Käytönaikaiset hyödyt	Taloudelliset hyödyt	Ympäristö-hyödyt	Hyvinvointi-hyödyt
Energiätehokkuus	X	X	X	X	X	
Kysyntäjousto	X	X	X	X	X	
Innovaatiot, palveluliiketoiminta ja vienti	X			X		X
Sisäilmaolosuhteet		X	X	X		X
Riskienhallinta ja turvallisuus		X	X	X		X
Ylläpidon ja huollon tehostuminen		X	X	X		

Yhteiskunnan tasolla automaatio lisää resurssitehokkuutta ja helpottaa energiatehokkuustavoitteiden täyttämistä, integroidessaan rakennukset osaksi energiajärjestelmää. Tämän odotetaan tuottavan uutta

liiketoimintaa, vientimahdollisuuksia, sekä tätä myötä myös työtä ja verotuloja. Automaatio mahdollistaa jouston lisäämisen sähkö- sekä kaukolämpömarkkinoilla.

Hyödyt kiinteistön omistajalle ja sijoittajalle liittyvät kustannus- ja energiansäästöihin, sekä parempaan riskienhallintaan. Hyödyt saavutetaan tehostuneen energiankäytön, kysyntäjousto- ja tariffipolitiikan hyödyntämisen, sekä ennakoivan ja tehokkaamman ylläpidon ja huollon myötä. Tosin on huomioitava, etteivät kaikki automaatoratkaisut sovellu kaikkiin kiinteistöihin.

Kiinteistön käytönaikaisiin hyötyihin lukeutuvat käytön ja ylläpidon helpottuminen, rakennuksen parempi hallittavuus sekä mahdollisuus mukauttaa rakennus käyttötarpeisiin, sekä tätä myötä kohonnut sisäilman laatu sekä turvallisuus.

Asiantuntijalausunnoissa korostui automaation hyötyjen realisoitumisen vaativan järjestelmän oikeaoppista käyttöä ja huoltoa. Automaatio- ja ohjausjärjestelmien monipuolistuessa myös osaamistarpeet ja ammattitaitovaatimukset kasvavat. Todennäköisesti perinteinen huoltoyhtiöiden henkilökunta ei selviä automaatiojärjestelmien ylläpidosta, vaan tehtävään kehittyä uutta palvelutoimintaa ja huoltohenkilökuntaa tehtävään sopivalla uudella koulutussisällöllä. Kiinteistöautomaatiokoulutusta on ammattiopiston, ammattikorkean kuin yliopistonkin tasolla vähäisesti, joten alan koulutusta tulisi kehittää vastaamaan teknologian kehityksen ja yleistymisen tarpeita.

3. Automaatiovelvoite

3.1 Direktiivimuutoksen vaatimukset

Jäsenvaltioiden on artiklojen 14(4) ja 15(4) mukaisesti säädettävä vaatimuksia sen varmistamiseksi, että kun se on teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa, sellaiset muut kuin asuinrakennukset, joiden lämmitysjärjestelmien, ilmanvaihtojärjestelmien tai yhdistetyn tilojen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien nimellisteho on yli 290 kW, varustetaan rakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmillä vuoteen 2025 mennessä. Järjestelmien tulisi pystyä:

- a. jatkuvasti seuraamaan, kirjaamaan ja analysoimaan energian käyttöä sekä mahdollistamaan sen mukauttaminen;
- b. tekemään vertailevaa analyysiä rakennuksen energiatehokkuudesta, havaitsemaan rakennuksen teknisten järjestelmien tehokkuushävikki ja ilmoittamaan tiloista tai rakennuksen teknisestä hallinnoinnista vastaavalle henkilölle energiatehokkuuden parantamiseen liittyvistä mahdollisuuksista; ja
- c. mahdollistamaan viestintä toisiinsa yhteydessä olevien rakennuksen teknisten järjestelmien kanssa ja muiden rakennuksen sisäisten laitteiden kanssa sekä yhteentoimivuus rakennuksen teknisten järjestelmien välillä erilaisesta valmistajakohtaisesta teknologiasta, laitteista ja valmistajista riippumatta.

Halutessaan jäsenvaltiot voivat laajentaa automaatio- ja ohjausvelvoitetta koskemaan myös nimellisteholtaan pienempiä järjestelmiä. Lisäksi artikloissa 14(5) ja 15(5) säädetään vapaaehtoisesta asuinrakennusten automaatio- ja ohjausvelvoitteesta seuraavalla tavalla:

Jäsenvaltiot voivat asuinrakennusten osalta säätää vaatimuksia varmistamaan niihin:

- a. jatkuva sähköinen seurantatoiminto, jolla mitataan järjestelmien tehokkuutta ja ilmoitetaan rakennuksen omistajille tai hoitajille, jos se on merkittävästi vähentynyt ja kun järjestelmän huolto on tarpeen, ja
- b. tehokkaita ohjaustoimintoja, joilla varmistetaan energian optimaalinen tuottaminen, jakelu, varastointi ja käyttö.

3.2 Poliittikkamuutosten kuvaus ja vaikutusten arviointi

3.2.1 Suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoite

Suurten rakennusten automaatio- ja ohjausvelvoitetta ohjataan artikloissa 14 ja 15 ja se koskee vähintään kaikkia ei-asuinrakennuksia, joiden lämmitysjärjestelmien tai yhdistetyn tilojen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien ja/tai ilmastointi- tai yhdistetyn ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmän nimellisteho on yli 290 kW. Näihin rakennuksiin on vuoteen 2025 mennessä asennettava tehokkuustason automaatiojärjestelmä tai parannettava olemassa oleva automaatio- ja ohjausjärjestelmä tehokkuustasolle.

Suomessa on noin 8 500 ei-asuinrakennusta, joiden lämmitysjärjestelmien, ilmanvaihtojärjestelmien tai yhdistetyn tilojen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien nimellisteho on yli 290 kW (Taulukko 3). Kaikista ei-asuinrakennuksista tämä on kahdeksan prosenttia ja ei-asuinrakennusten kerrosalasta 59 prosenttia. Yli 290 kW tehontarpeen ylittävistä rakennuksista liikerakennukset ovat suurin ryhmä (2 870 kpl). Kaksi muuta isoa ryhmää ovat toimistorakennukset (1 810 kpl) ja opetusrakennukset (1 700 kpl). Kaikissa tämän ryhmän rakennuksista on jo automaatiojärjestelmä, eli ohjaus koskee olemassa olevien järjestelmien tason parantamista. Asiantuntijaselvityksen mukaan noin 1 500 näistä rakennuksista on jo varustettu tehokkuustason automaatiojärjestelmällä vuoden 2018 lopussa.

Taulukko 3. Ei-asuinrakennukset, joiden tilojen lämmitysjärjestelmien tai lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien tehon tarve ylittää 290 kW.

	Lukumäärä rak-kpl	Kerrosala m ²
Liikerakennukset	2 870	17 818 700
Toimistorakennukset	1 810	13 934 500
Liikenteen rakennukset	550	4 213 000
Hoitoalan rakennukset	940	7 039 700
Kokoontumisrakennukset	610	4 225 900
Opetusrakennukset	1 700	12 368 300
290 kW tehontarpeen ylittävät ei- asuinrakennukset	8 500	59 600 000
Kaikki ei-asuinrakennukset	106 000	101 000 000
Osuus kaikista ei-asuinrakennuksista	8 %	59 %

Vuosina 2015–2020 uusista, päivitetystä ja vaihdetuista automaatiojärjestelmistä 30–50% oletetaan olevan tehokkuustasoa ja loput 50–70% edistyksellistä tasoa. Vuodesta 2021 eteenpäin kaikessa rakentamisessa asennetaan, vaihdetaan ja päivitetään oletusten mukaan tehokkuustason automaatiojärjestelmiä (luku 2.5). Suurin osa järjestelmistä ehditään siis päivittää tai vaihtaa tehokkuustason automaatiojärjestelmäksi vuoden 2025 loppuun mennessä ilman direktiivin ohjausta. Ainoastaan kaikkia vuosina 2016–2020 rakennettuja tai vaihdettuja järjestelmiä ei ehditä päivittää/vaihtaa normaalin päivitys/vaihtosyklin mukaisesti tehokkuustasolle vuoden 2025 loppuun mennessä. Siten, direktiivin ohjausvaikutus kohdistuu näihin rakennuksiin nopeuttaen niiden automaatiojärjestelmien päivitys- ja vaihtosykliä. Yhteensä näitä rakennuksia on 1440–2015 kappaletta, joista noin 40 prosenttia on liikerakennuksia, noin 40 prosenttia julkisia rakennuksia ja noin 20 prosenttia toimistorakennuksia. Näistä rakennuksista 85 prosenttia on liitetty kaukolämpöön ja 10 prosentissa on öljylämmitys. Näiden rakennusten osalta automaatio- ja ohjausjärjestelmän parantamisen tehokkuusluokkaan oletetaan tuovan 10 prosentin säästön lämmityksen ostoenergian kulutuksessa. Luku perustuu raportin taustaselvitykseen (ks. luku 1.2).

Direktiiviohjauksen kohteena olevissa 1440–2015 rakennuksessa kuluu energiaa 1950–2700 GWh vuodessa (taulukko 4). Automaatiovaatimuksen ansiosta energiaa säästettäisiin vuosittain vuoteen 2030 mennessä 195–270 GWh ja päästöjä vähenisi 40 000–55 000 tonnia hiilidioksidia. Ylimääräisiä kustannuksia automaation tason nostosta syntyy noin 5–11,9 miljoonaa euroa ja sitä vastaan energiakustannusten säästöä 9,2–12,9 miljoonaa euroa. Näin hiilidioksiditonnia kohtaan nettokustannus on negatiivinen, helposti päivitettävissä järjestelmissä -105 €/tCO₂ ja vaikeasti päivitettävissä järjestelmissä -18 €/tCO₂. Poliittikamuutos tuottaa siis enemmän säästöjä kuin kustannuksia.

Taulukko 4. Nopeutetussa aikataulussa korjattavien ei-asuinrakennusten energiankulutus sekä vaatimuksella aikaan saatava energiansäästö ja päästövähennys vuoteen 2030 mennessä.

	Energian kulutus GWh/a		Energiansäästö GWh/a		Päästövähennys 1000t CO ₂ /a	
Kaukolämpö	1630	- 2280	163	- 228	34	- 48
Öljy	70	- 100	7	- 10	2	- 3
Sähkö	50	- 70	5	- 7	1	- 1
Kaasu	160	- 220	16	- 22	3	- 4
Bio	10	- 20	1	- 2	0	- 0
Maalämpö	10	- 20	1	- 2	0	- 0
Lämmitys yhteensä	1950	- 2700	195	- 270	40	- 55
Kiinteistösähkö	1500	- 2100	150	- 210	25	- 36

Kohdekohtaisen energiansäästön ja taloudellisen kannattavuuden tapauksena tarkastellaan kaukolämpöön liitettyä 7000 neliömetrin kerrosalan rakennusta, jonka tilavuus 35 000 kuutiometriä. Selvityksen yhteydessä tehtyjen haastattelujen mukaan tehokkuustason järjestelmän elinkaarikustannukset olisivat tämän kokoisessa rakennuksessa 3500–5800 euroa vuodessa enemmän kuin edistyneen tason automaatioissa. Ostoenegian säästökäsi arvioidaan samoin asiantuntijahaastattelujen perusteella 10 prosenttia. Säästö sisältää ainoastaan automaation vaikutuksen oletuksella, ettei sisäolosuhteita heikennetä laskemalla lämpötilaa tai vähentämällä ilmanvaihtoa. Esimerkkikohteessa tämä tarkoittaisi 2 700 euron säästöä vuosittain. Esimerkkitapauksessa energiansäästö ei kata kustannuksia, vaikka keskimäärin kustannukset voidaan kattaa säästöillä, eli osa tarkasteltavista kohteista ei ole kannattavia.

3.2.2 Suurten asuinrakennusten vapaaehtoinen automaatiovelvoite

Tehokkuustason automaatio- ja ohjausjärjestelmien velvoite voidaan laajentaa artiklojen 14 ja 15 mukaisesti koskemaan myös asuinrakennuksia. Tässä selvityksessä mukaan otetaan uudet ja lämmitysjärjestelmien osalta peruskorjattavat suuret asuinrakennukset. Rakennukset valittiin siten että niiden lämmitystehon tarve vastaisi suunnilleen suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoitteen tehontarvetta (290 kW), koska tehokkuustason järjestelmät on tarkoitettu suurille rakennuksille. Raja-arvo asetui tasolle, jossa rakennuksessa on vähintään 20 asuntoa ja kerrosalaa vähintään 1 500 m². Näiden rakennusten keskimääräinen kerrosala on 2800 neliometriä. Näin ollen suurten asuinrakennusten automaatiovelvoite vaikuttaa vuodesta 2021 eteenpäin rakennettuihin uusiin ja lämmitysjärjestelmän osalta peruskorjattaviin rakennuksiin ja sillä on vaikutuksia, kunnes kaikissa ohjauksen kohteena olevissa rakennuksissa on tehokkuustason automaatio- ja ohjausjärjestelmä.

Rakennusrekisterin mukaan nämä ehdot täyttäviä suuria asuinrakennuksia oli vuoden 2017 lopussa yhteensä 22 210 (Taulukko 5). Rakennusten kerrosala oli yhteensä 62 miljoonaa neliometriä. Lähes kaikki rakennukset olivat kerrostaloja ja niiden osuus oli kaikista kerrostaloista 36 prosenttia ja kaikkien

kerrostalojen kerrosalasta 63 prosenttia. Noin 95 prosenttia tarkastelun kohteena olevista suurista asuinrakennuksista on liitetty kaukolämpöön.

Taulukko 5. Asuinrakennukset, joiden tilojen lämmitysjärjestelmien tai lämmitys- ja ilmastovaihtojärjestelmien tehon tarve ylittää 290 kW.

	Lukumäärä rak-kpl	Kerrosala m ²
Suuret rivi- ja ketjutalot	26	52 000
Suuret kerrostalot	22 184	62 336 000
290 kW tehontarpeen ylittävät asuinrakennukset	22 210	62 388 000
Kaikki rivi- ja ketjutalot	81 000	34 166 000
Suuret kohteet kaikista rivi- ja ketjutaloista	0,03 %	0,15 %
Kaikki kerrostalot	61 000	99 145 000
Suuret kohteet kaikista kerrostaloista	36 %	63 %

Direktiivin vaatimukset on asetettu järjestelmille, mutta näiden tietojen puuttumisen takia on käsitelty rakennuksia, joissa voisi olla vaatimusten tarkoittama järjestelmä. Tähän liittyy epävarmuus. Vuokrataloyhtiö tai asunto-osakeyhtiö voi muodostua useista rakennuksista, joilla on yhteinen lämmitysjärjestelmä tai lämmitys- ja ilmastovaihtojärjestelmä. Yksittäinen rakennus voi jäädä rajauksen alle, mutta yhteenlaskettuna yhtiön rakennusten nimellistehon tarve tai asuntojen lukumäärä ylittyisi. Toisaalta vuokratalo- tai asunto-osakeyhtiö voi muodostua useasta rajauksen ylittävistä rakennuksesta.

Tarkasteluvuonna 2021 suurissa asuinrakennuksissa saavutettaisiin parempien automaatiojärjestelmien myötä kymmenen prosentin lämmityksen ostoenergiansäästö sillä, että rakennuksen sisätilojen lämpötilat pidettäisiin tasaisina, hyödynnettäisiin ilmaisenergiat tehokkaammin ja esimerkiksi ennakoitaisiin lämmöntarve sääennusteiden perusteella. Lämmityksen ostoenergiaa säästyisi 37 GWh ja päästöjä vähenisi 7 700 tCO₂ (Taulukko 6). Vuonna 2030 lämmityksen ostoenergiaa säästyisi 328 GWh ja päästövähennys olisi 69 000 tCO₂.

Taulukko 6. Suurten asuinrakennusten automaatiovelvoitteen tulokset (oletukset ja laskenta liitteessä 7).

	Energiansäästö GWh/a		Päästövähennys 1000 t CO ₂ /a	
	2021	2030	2021	2030
Peruskorjattavat suuret asuinrakennukset	30	262	6,3	55
Uudet suuret asuinrakennukset	7	66	1,4	14
Yhteensä	37	328	7,7	69

Kohdekohtaisen energiansäästön ja taloudellisen kannattavuuden tapauksena tarkastellaan keskimääräistä 2 800 neliömetrin kerrosalan rakennusta, jossa on 36 asuntoa ja joka on kytketty kaukolämpöön. Tarjolla on kaupallisia palveluja, joiden kustannukset nousevat tehokkuustasolle noston myötä vuosittain 1 500–1 700 euroa. Toteutuneissa kohteissa säästö on vaihdellut 8-13 prosentin välillä. Säästö sisältää ainoastaan automaation vaikutuksen oletuksella, ettei sisäolosuhteita heikennetä laskemalla lämpötilaa tai vähentämällä ilmastovaihtoa. Esimerkkikohteessa tämä tarkoittaisi 2 500 euron säästöä vuosittain. Takaisinmaksuaika automaatiojärjestelmän parantamisen investoinnille olisi 2,5-3 vuotta.

Kun lisäkustannus laajennetaan kattamaan kaikki vaatimuksen kohteena olevat suuret asuinrakennukset ja siitä vähennetään saavutettu energiansäästö, jäisivät velvoitteen nettokustannukset negatiivisiksi vuosina

2021 ja 2030. Hiilidioksiditonnia kohden nettokustannus olisi -65...-90 euroa/tCO₂. Vaikutusten arvioinnin menetelmät, oletukset ja laskenta on kuvattu liitteessä 7.

3.2.3 Automaatiovelvoitteen politiikkamuutosten arvioinnin kooste

Suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoite on rakennusten omistajien kannalta keskimäärin kannattava toimenpide (Taulukko 7). Tason korotus voidaan tuoda näihin vaatimusten kohteena oleviin äskettäin asennettuihin järjestelmiin ohjelmistopäivityksillä sekä hyödyntämällä kehittyneitä tieto- ja tietojenkäsittelytekniikoita (tekoäly, algoritmit). Käytännössä ohjaus nopeuttaa osan automaatiojärjestelmistä päivityksiä muutamalla vuodella.

Suurten asuinrakennusten automaatiovelvoite olisi rakennusten omistajien kannalta kannattava toimenpide (Taulukko 7). Tehokkaampaa teknologiaa voidaan ottaa kustannustehokkaasti käyttöön uusiin rakennuksiin tai lämmitysjärjestelmien uusimisen yhteydessä. Ohjaus parantaisi järjestelmien tasoa.

Kansallisella toimeenpanolla ei ole kuitenkaan käytännössä suurta merkitystä suurten ei-asuinrakennusten tai suurten asuinrakennusten osalta, koska automaatio kehittyy markkinaehtoisestikin saavutettavissa olevien hyötyjen ja automaatioon kohdistuvien tarpeiden ansiosta.

Taulukko 7. Automaatio- ja ohjausjärjestelmien energiansäästöt, päästövähennykset ja nettosäästöt.

Politiikkamuutos:	Suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoite	Suurten asuinrakennusten vapaaehtoinen automaatiovelvoite
Vuosi 2021		
Energiansäästö (GWh/a)	39-54	37
Päästövähennys (1000 tCO ₂ /a)	8-11	7
Nettokustannus (1000 euroa/a)	-140...-1 180	-500...-700
Nettokustannus (euroa/tCO ₂)	-18...-105	-65...-90
Vuosi 2030		
Energiansäästö (GWh/a)	195-270	328
Päästövähennys (1000 tCO ₂ /a)	40-55	72
Nettokustannus (1000 euroa/a)	-700... -5 900	-4500...-6300
Nettokustannus (euroa/tCO ₂)	-18...-105	-65...-90

4. Tekniset järjestelmät

4.1 Direktiivimuutoksen vaatimukset

Teknisten järjestelmien määritelmä

Direktiivimuutoksen artiklassa 2 muutetaan teknisten järjestelmien määritelmää ja tuodaan mukaan seuraavat uudet määritelmät: rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmä, lämmitysjärjestelmä, lämmönkehitin, energiatehokkuutta koskeva sopimus ja erittäin pieni erillinen verkko. Teknisten järjestelmien määritelmä ulotetaan koskemaan rakennuksen automaatiota ja ohjausta, paikalla tapahtuvaa sähköntuotantoa tai näiden yhdistelmää. Automaatio- ja ohjausjärjestelmien lisäys teknisten järjestelmien määritelmään on merkittävä.

Artiklan 2(3a) mukaan 'rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmillä' tarkoitetaan järjestelmää, joka kattaa kaikki tuotteet, ohjelmistot ja tekniset palvelut, jotka voivat tukea rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokasta, taloudellista ja turvallista toimintaa automaattisen ohjauksen avulla sekä helpottamalla kyseisten rakennuksen teknisten järjestelmien manuaalista hallintaa.¹¹

Teknisten järjestelmien vaatimukset

Artiklassa 8 säädetään, että jäsenvaltioiden on rakennusten teknisten järjestelmien energiankäytön optimoimiseksi vahvistettava *olemassa oleviin* rakennuksiin asennetuille rakennuksen teknisille järjestelmille järjestelmävaatimukset, jotka koskevat kokonaisenergiatehokkuutta, oikeaa asentamista sekä asianmukaista mitoitusta, säätämistä ja ohjaamista. Jäsenvaltiot voivat soveltaa näitä järjestelmävaatimuksia myös uusiin rakennuksiin. *Järjestelmävaatimukset on vahvistettava uusille, korvaaville ja parannetuille rakennuksen teknisille järjestelmille*, ja niitä on sovellettava, mikäli kun ne ovat teknisesti, taloudellisesti ja toiminnallisesti toteutettavissa. Vaatimukset koskevat teknisiä järjestelmiä eivätkä esimerkiksi rakennuksia tai rakennusyksikköjä. Tekniset järjestelmät ovat rakennuksen tai rakennusyksikön välineitä ja tästä syystä niitä koskeva sääntely soveltuu rakennuksen tyyppistä ja ominaisuuksista huolimatta.

Jäsenvaltiot voivat päättää yksityiskohtaisemmin ne tapaukset, joissa sääntelyn velvoitteet eivät ole teknisesti, taloudellisesti tai toiminnallisesti toteutettavissa ja eivät näin ollen sovellu. Suomessa siitä mikä on teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa säädetään tällä hetkellä ympäristöministeriön asetuksissa 4/2013 sekä 2/2017. Asetuksen 2/2017 1a §:ssä säädetään, että korjaus- ja muutostyön teknisesti toteutettava energiatehokkuutta parantava ratkaisu on, sellainen ratkaisu, joka suunnitellaan ja toteutetaan siten, että maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999, MRL) 117a – 117g §:n (958/2012, 1151/2016) mukaiset tai niiden nojalla säädettyjen vaatimusten mukaiset ominaisuudet eivät heikkene verrattuina oleviin suunnitteluratkaisuun. Toiminnallisesti toteutettavissa oleva ratkaisu on sellainen, jonka seurauksena rakennuksen käyttäminen käyttötarkoitukseensa ei esty. Taloudellisesti toteutettava ratkaisu on tarkastelun perusteella kustannustehokkaasti toteuttavissa oleva ratkaisu. Taloudellisessa tarkastelussa tarkastelujaksona on käytettävä asuinrakennuksissa 30 vuotta ja muissa rakennuksissa 20 vuotta, jos tarkasteltavan rakennusosan ja järjestelmän tai sen osan normaali elinkaari ei ole tätä lyhyempi.¹²

Teknisesti toteuttavia keinoja tulisi siis arvioida suhteessa MRL:ssä esitettyihin olennaisiin ominaisuusvaatimuksiin:

- a. rakenteiden lujuus ja vakaus,
- b. paloturvallisuus,
- c. terveellisyys,
- d. käyttöturvallisuus,
- e. esteettömyys,
- f. meluntorjunta ja ääniolosuhteet, ja
- g. energiatehokkuus.

Teknisiin järjestelmiin sisältyy tuotteita, joista säännellään myös ekosuunnittelu- ja energiamerkintälainsäädännössä (esimerkiksi lämmitys- ja ilmastointilaitteet). Tässä yhteydessä on korostettava, että direktiivimuutoksen 8(1) artiklan vaatimukset soveltuvat koko järjestelmään, sellaisenaan kun se on asennettu rakennukseen, eikä yksittäisten osien suoritustasoon, jotka puolestaan

¹² Kauppinen, J. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Perustelumuuisto. Ympäristöministeriö. 2013. [Saataavilla: www.ymp.fi/download/noname/%7BABC46079-EFAB-4160-A2EF-A9200E607940%7D/31588](http://www.ymp.fi/download/noname/%7BABC46079-EFAB-4160-A2EF-A9200E607940%7D/31588) [Vierailtu 18.12.2018]

kuuluvat ekosuunnittelu- ja energiamerkintäsääntelyn soveltamisalaan. Artiklan 8(1) vaatimukset soveltuisivat esimerkiksi vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään kokonaisuudessaan (kattilat, jakelu- ja päästökomponentit) kun taas ekosuunnittelu- ja energiamerkintäsääntely soveltuisivat tässä tapauksessa vain kattiloihin. Näin ollen EPBD-muutoksen ja ekosuunnittelu- ja energiamerkintäsääntelyn välillä on toisiaan tukeva yhteys.

Siinä missä EPBD:n artikla 8(1) soveltuu tuotteisiin, joita koskevat ekosuunnitteluasetuksien vaatimukset, näiden vaatimusten ei tulisi mennä pidemmälle kuin tuotekohtaisessa ekosuunnitteluasetuksessa asetettujen vaatimusten, koska ekosuunnitteluasetukset ovat suoraan soveltuvia harmonisointikeinoja. Ekosuunnitteludirektiivi (2009/125/EY)¹³ ja tuotekohtaiset asetukset tulisi ottaa huomioon erityisesti artiklan 8 järjestelmävaatimusten yhteydessä.

Itsesäätyvät laitteet

Artiklassa 8 säädetään myös itsesäätyvien laitteiden asentamisesta ja lämpötilan säätelymahdollisuuksien parantamiseksi sisätiloissa. Uusien rakennusten osalta jäsenvaltioiden on vaadittava (kun teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa), että ne varustetaan itsesäätyvillä laitteilla, jotka säätelevät erikseen lämpötilaa kussakin huoneessa tai, sen ollessa perusteltua, rakennuksen osan määrättyllä lämmitetyllä alueella. Olemassa oleviin rakennuksiin on asennettava tällaiset itsesäätyvät laitteet, kun lämmönkehittimet vaihdetaan, jos se on teknisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. Tarvittavat laitteet riippuvat järjestelmästä, johon ne asennetaan. Järjestelmät voivat olla esimerkiksi termostaattinen patteriventtiili, huonetermostaatit ja yksittäiset muut termostaatit.

4.2 Poliittikamuutoksen kuvaus ja vaikutusten arviointi

4.2.1 Teknisten järjestelmien vaatimukset

Järjestelmän asentamiseen, vaihtamiseen ja päivittämiseen liittyvä automaation teknisten järjestelmien tasovelvoite koskee artiklan 8 mukaisesti niitä rakennuksia, joissa on jo tai joihin asennetaan automaatio- ja ohjausjärjestelmä. Tasovelvoite ei siis velvoita asentamaan automaatio- ja ohjausjärjestelmää vaan se antaa asennettaville, vaihdettaville ja korjattaville järjestelmille minimitasovaatimuksen. Tässä selvityksessä tasovelvoite alkaa vaikuttaa vuonna 2021.

Automaatio- ja ohjausjärjestelmien tasoa kuvataan samoilla automaatioluokituksilla kuin automaatiovelvoitteen kohdalla (luku 2.3). Kaikkia automaatiojärjestelmiä koskeva tasovelvoite voitaisiin käytännössä asettaa korkeintaan edistykselliselle tasolle, koska tehokkuustason järjestelmät on suunnattu suurille rakennuksille (näitä on käsitelty automaatiovelvoitteessa luvussa 3).

Luvussa 2.5 esiteltiin tulokset Suomen automaatio- ja ohjausjärjestelmien nykytilasta ja oletetusta kehityksestä uudisrakentamisen ja peruskorjausten yhteydessä. Lisäksi, kun automaatiojärjestelmä päivitetään tai vaihdetaan, voidaan sen tason olettaa tämän jälkeen vastaavan sen hetken nykytasoa. Näin ollen Suomen automaatiojärjestelmien taso on nykykehityksen mukaan menossa vuoteen 2021 mennessä vähintään edistykselliselle tasolle ilman politiikkatoimia, joten teknisten järjestelmien tasovelvoitteella ei ole ohjaavaa vaikutusta automaatiojärjestelmien tasoon. Täten tasovelvoitteella ei ole vaikutusta myöskään energiankulutukseen, päästöihin tai kustannuksiin.

¹³ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2009/125/EY energiaan liittyvien tuotteiden ekologiselle suunnittelulle asetettavien vaatimusten puitteista (EUVL 285, 31.10.2009, s. 10).

4.2.2 Vapaaehtoinen velvoite uudisrakentamiselle

Artiklassa 8 mainitun vapaaehtoisen mahdollisuuden mukaisesti voidaan automaatio- ja ohjausjärjestelmille asettaa velvoite uudisrakentamisessa. Tässä selvityksessä arvioidaan politiikkamuutosta, jossa kaikkiin uudisrakennuksiin tulee asentaa vähintään edistyksellisen tason automaatiojärjestelmä vuodesta 2021 lähtien. Tasoksi on valittu edistyksellinen taso, koska tehokkuustason järjestelmät on tarkoitettu vain suuriin rakennuksiin, joita ohjataan erikseen omalla automaatiovelvoitteellaan (katso luku 3) ja normitaso on 2020-luvulla jo käytännössä vanhanaikaista teknologiaa.

Luvussa 2.5 esiteltyyn (Taulukko 1) Suomen automaatio- ja ohjausjärjestelmien nykytilan ja tulevan kehityksen mukaisesti automaatiojärjestelmät yleistyvät ja kehittyvät uudisrakentamisen ja peruskorjausten yhteydessä kaikissa rakennustyypeissä nopeasti vuoteen 2021 mennessä. Lisäksi vanhojen automaatio- ja ohjausjärjestelmien tasoa parannetaan vastaamaan sen hetkistä teknologista tasoa järjestelmän päivityksen tai vaihtamisen yhteydessä. Näin ollen kaikkiin muihin rakennustyypeihin paitsi pientaloihin oletetaan asennettavan automaatiojärjestelmä vuoteen 2021 mennessä ja näiden oletetaan olevan vähintään edistyksellisellä tasolla, eli täyttävän vapaaehtoisen uudisrakentamisen velvoitteen ilman politiikkatoimiakin. Uudisrakentamisen vapaaehtoinen automaatiovelvoite vaikuttaa siis ainoastaan vuodesta 2021 lähtien rakennettaviin pientaloihin, joissa oletetaan lähtökohtaisesti 30–50 prosentissa olevan edistyksellisen tason automaatiojärjestelmä.

Suomeen rakennetaan vuosittain noin 5 800 erillistä pientaloa. Ohjaus vaikuttaisi noin 50–70 prosenttiin uusista erillisistä pientaloista, eli noin 3 000–4 000 rakennukseen vuosittain. Lämmityksen ostoenergian ominaiskulutus vaihtelee näissä rakennuksissa maalämmön 7 kWh/m³ biopolttoaineiden 40 kWh/m³ välillä. Yhteensä yhden vuoden aikana rakennettavat uudet erilliset pientalot lisäävät ostoenergiankulutusta 20 GWh ja hiilidioksidipäästöjä 3 400 tonnia.

Uusissa pientaloissa lämmitysratkaisut perustuvat noin 80 prosenttisesti lämpöpumppuratkaisuihin sekä sähkölämmitykseen¹⁴. Lämpöpumpuista pienissä teholuokissa poistoilmalämpöpumppujen ja ilmavesilämpöpumppujen suosio on lisääntynyt verrattuna maalämpöpumppuihin.¹⁵

Lämpöpumppuratkaisuisissa on lisänä sähkölämmitysvastukset, joilla hoidetaan kylmimpään aikaan merkittävä osa lämmityksestä ja myös käyttöveden lämmityksestä. Suoran sähkölämmityksen käyttö uudiskohteissa on mahdollista vain, energiamuotokertoimista ja E-lukurajoista johtuen, pienissä ja vähän lämmitystehoa tarvitsevilla pientaloissa. Nykyiset energiatehokkuusvaatimukset myös ohjaavat käyttämään pääsääntöisesti koneellista, lämmöntalteenotolla varustettua ilmanvaihtoa.

Matalaenergiataloissa lisääntyy yhä pidemmän aikaa vuodesta tarve jäähdytykselle¹⁶. Jäähdytys toteutetaan esimerkiksi erillisellä ilmalämpöpumpulla. Uusissa pientaloissa huonetilojen lämmitysenergian tarve on yhä pienemmässä osassa ja yhä merkittävämmäksi tulee ilmanvaihdon lisälämmityksen ja lämpimän käyttöveden energiankulutus.

Pientalojen lämmityksen ja muiden teknisten järjestelmien ohjaus tapahtuu edelleen pääsääntöisesti järjestelmäkohtaisilla ohjausratkaisuilla, joihin voi olla laitekohtaisia ohjauspalveluita, kuten tilannetieto kännykkään. Erilaisilla ”älykotiratkaisuilla” voidaan, ratkaisusta riippuen, tehdä laitteiden toiminnan yhteensovittamista, lämpötilojen ohjausta tai energian hintatiedon perusteella ohjaustoimintoja. Eri

¹⁴ Rouhiainen, V. Uusiutuva energia valtaa alaa pientalojen lämmityksessä. Tilastokeskuksen artikkeli. 27.6.2018. Saatavilla: http://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2018/uusiutuva-energia-valtaa-alaa-pientalojen-lammityksessa/#_ga=2.56972002.951380725.1549539570-1669428884.1513671313 [Vierailtu 7.2.2019]

¹⁵ SULPU. Toimitetut ja laskutetut lämpöpumput Suomessa vuonan 2017. Saatavilla: <https://www.sulpu.fi/documents/184029/208772/Tilasto%202017%20%282016%29.pdf> [Vierailtu 7.2.2019]

¹⁶ Saari, M. & Laine, J. Passiivitalo harkoista – LVI-tekniikan ratkaisumallit ja suunnitteluohje. Tutkimusraportti. VTT-R-08496-09. VTT. 2009.

laitteiden yhteensovittamista yhtenäiseen ohjaus- tai automaattioratkaisuun hankaloittaa erityisesti pientaloissa käytettävien laitteiden ohjausrajapintojen kirjavuus ja huono suunnittelu. Ohjaus- ja automaattioratkaisujen tarvetta lähivuosina tulee lisäämään sähköenergian hintatietomuutokset sekä tehopohjainen siirtohinnoittelu.

Pientaloissa, käyttäjämukavuuden lisäksi, voidaan automaation avulla ohjata lämmitystä ja mahdollista jäädytystä toimimaan tarkoituksenmukaisesti ja ylläpitää tarpeenmukaisia lämpötiloja. Energian käyttöä myös siirretään energian, yleensä sähkön, hintatiedon mukaan edullisimmille ajankohdille ja energian käyttö tuodaan käyttäjille näkyväksi. Yhä suurempi tarve tulee olemaan huipputehon hallinnassa. Pientaloissa erityisesti lämmitys- ja jäädytystavat, kiuas sekä tulevaisuudessa sähköauton lataus ja oma sähköntuotanto tulevat edellyttämään yhä vaativampia ja kokonaisvaltaisia automaatiojärjestelmiä.¹⁷ Niiden vaikutus kokonaisenergian kulutukseen on vähäinen, mutta suhteessa suurempi päästöihin, jos voidaan välttää tarpeettoman suuria huipputehotarpeita.

Vapaaehtoisen uudisrakennusten automaatiovelvoitteen arvioidaan vähentävän kaksi prosenttia lämmityksen ostoenergian kulutusta. Energiansäästö jäisi pieneksi, koska uudet pienrakennukset ovat lähtökohtaisesti energiatehokkaita ja pääosin hyödyntävät lämpöpumppuja. Parannetun automaation oletettu energiansäästö kattaa vain sen automaatiolla saatavan tilojen lämmityksen säästön, joka voidaan saada aikaa sisäolosuhteita heikentämättä. Energiaa säästyisi vuonna 2021 noin 0,4–0,5 GWh ja päästöt vähenisivät noin 60–80 t CO₂. Vuonna 2030 energiaa säästyisi 3,6–6 GWh ja päästöt vähenisivät noin 600–800 t CO₂ (Taulukko 8).

Taulukko 8. Uusien rakennusten vapaaehtoisen automaatiovelvoitteen aiheuttamat energiasäästöt ja päästövähennykset (oletukset ja laskenta liitteessä 8).

	Energiansäästö GWh/a		Päästövähennys 1000 t CO ₂ /a		Kustannukset 1000 000 euroa	
Oletus 1:						
Lähtötasossa 50 % uusista ja peruskorjatuissa pientaloissa on edistyksellisen tason automaatio- ja ohjausjärjestelmä						
	2021	2030	2021	2030	2021	2030
Uudet pientalot	0,4	3,6	0,06	0,6	1	10
Oletus 2:						
Lähtötasossa 30 % uusista ja peruskorjatuissa pientaloissa on edistyksellisen tason automaatio- ja ohjausjärjestelmä						
	2021	2030	2021	2030	2021	2030
Uudet pientalot	0,5	6,0	0,08	0,8	2	20

Automaatiojärjestelmän investointikustannuksen voidaan olettaa vaihtelevan 4 000–6 000 euron välillä. Kun ohjauksen kustannuksista vähennetään ostoenergian kustannussäästö, saataisiin nettokustannuksiksi 1–2 miljoonaa euroa vuonna 2021, eli noin 21 500 /tCO₂. Vuonna 2030 ohjauksen nettokustannus olisi 10–20 miljoonaa euroa, eli noin 21 500 euroa/tCO₂. Kustannukset ovat todella suuret säästöihin verrattuina, joten pientalojen edistyksellisen automaatio- ja ohjausjärjestelmän investoinnin taustalla ovatkin yleensä muut kuin suoraan energiansäästöön liittyvät syyt.

4.2.3 Itsesäätyvät laitteet

Suomessa käytännössä kaikki uudet rakennukset varustetaan termostaattisilla patteriventtiileillä tai muilla huonekohtaisilla lämpötilan säätö- ja rajoitinlaitteilla. Ympäristöministeriö on jo vuonna 1978 antanut D3

¹⁷ Harsia, P., et. SÄTE-opas. Opas pientalon sähkötehon hallintaan. Tampereen ammattikorkeakoulu. Julkaisematon. Julkaistaan kevät 2019.

rakentamismääräyskokoelmassa määräyksen sekä ohjeita lämmitysjärjestelmän varustamisesta säätölaitteilla, viitaten termostaattisiin patteriventtiileihin.¹⁸ Olemassa olevissa rakennuksissa on paljon vesikiertoisia patterilämmityksiä, joissa termostaattiset patteriventtiilit ovat olleet tavanomaisia jo useita vuosikymmeniä. Samoin sähkölämmitysratkaisuissa on pääsääntöisesti tilakohtaiset termostaattiohjaukset. Itsesäätyvät laitteet ovat siis jo normaalikäytäntö Suomessa. Näin ollen tällä sääntelyllä ei ole vaikutusta rakennusten energiatehokkuuteen, kasvihuonekaasupäästöihin tai kustannuksiin.

4.2.4 Teknisten järjestelmien politiikkamuutosten arvioinnin kooste

Teknisten järjestelmien politiikkamuutoksista vain vapaaehtoisella uudisrakennusten automaatiovelvoitteella on käytännössä merkitystä energiankulutukseen, päästöihin tai kustannuksiin. Energiansäästö ja päästövähennykset jäävät tässä pieniksi kustannuksiin nähden (Taulukko 9). Näin ollen direktiivin teknisten järjestelmien ei-vapaaehtoisten kohtien kansallisella toimeenpanolla ei ole käytännössä merkitystä.

Taulukko 9. Uusien erillisten pientalojen ohjauksen päästövähennyksen kustannukset.

Politiikkamuutos:	Teknisten järjestelmien vaatimukset	Vapaaehtoinen velvoite uudisrakennuksille	Itsesäätyvät laitteet
Vuosi 2021			
Energiansäästö (GWh/a)	-	0,4-0,5	-
Päästövähennys (1000 tCO ₂ /a)	-	0,06-0,08	-
Nettokustannukset (1000 000 euroa/a)	-	1-2	-
Nettokustannukset (euroa/tCO ₂)	-	n. 21 500	-
Vuosi 2030			
Energiansäästö (GWh/a)	-	3,6-6	-
Päästövähennys (1000 tCO ₂ /a)	-	0,6-0,8	-
Nettokustannukset (1000 000 euroa/a)	-	10-20	-
Nettokustannukset (euroa/tCO ₂)	-	n. 21 500	-

5. Lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien tarkastukset

5.1. Direktiivimuutoksen vaatimukset

Lainsäädännölliset vaatimukset

Tarkastusmenettely arvioi lämmitys- ilmastointi-, sekä yhdistettyjen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien sekä ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmien toimintaa. Tarkastuksissa pyritään tunnistamaan ongelmia, ehdottamaan ratkaisuja sekä parannustoimenpiteitä, sekä raportoimaan tarkastuksen tulokset myöhempää näyttöä varten. Direktiivimuutoksen artikloissa 14(1) ja 15(1) säädetään, että

- Jäsenvaltioiden on vahvistettava tarvittavat toimenpiteet säännöllisten tarkastusten tekemiseksi lämmitysjärjestelmien tai tilojen yhdistettyjen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien, joiden nimellisteho on yli 70 kW, niihin osiin, joihin voidaan päästä käsiksi, kuten lämmönkehitin, ohjausjärjestelmä ja kiertovesipumppu/-pumput, joita käytetään rakennusten lämmitykseen.

¹⁸ Ympäristöministeriö. Rakennusten energiatalous. Määräykset ja ohjeet 1978. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Painatuskeskus Oy. 1978.

- Jäsenvaltioiden on vahvistettava tarvittavat toimenpiteet säännöllisten tarkastusten tekemiseksi nimellistehoaltaan yli 70 kW:n ilmastointijärjestelmien tai yhdistettyjen ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmien osiin, joihin voidaan päästä käsiksi. Tarkastuksessa on arvioitava ilmastointijärjestelmän tehokkuus ja mitoitus verrattuna rakennuksen jäähdytysvaatimuksiin ja tarkastettava tarvittaessa ilmastointijärjestelmän tai yhdistetyn ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmän valmiutta optimoida toimintakykynsä tyypillisissä tai keskimääräisissä toimintaolosuhteissa.

Direktiivimuutoksessa tarkastusmenettelyn soveltamisalaksi rajattiin kooltaan suuremmat järjestelmät kuin aiemmassa sääntelyssä. Samalla kuitenkin tarkastusmenettelyn piiriin tuotiin suurempi joukko lämmitystapoja ja koko järjestelmä. Aiemmin tarkastukset koskivat lämmityskattiloita ja ilmanvaihtoa.

Lämmitysjärjestelmän tarkastukseen on kuuluttava lämmönkehittimen tehokkuuden ja mitoituksen arviointi verrattuna rakennuksen lämmitysvaatimuksiin, ja siinä on tarkastettava tarvittaessa lämmitysjärjestelmän tai yhdistettyjen tilojen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien valmiutta optimoida toimintakykynsä tyypillisissä tai keskimääräisissä toimintaolosuhteissa. Ilmastointijärjestelmien osalta on tarkastuksessa arvioitava direktiivin mukaan (artikla 15) ilmastointijärjestelmän 1) tehokkuus ja mitoitus verrattuna rakennuksen jäähdytysvaatimuksiin ja 2) tarkastettava tarvittaessa ilmastointijärjestelmän tai yhdistetyn ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmän valmiutta optimoida toimintakykynsä tyypillisissä tai keskimääräisissä toimintaolosuhteissa.

Artiklan 2(15a) 'lämmitysjärjestelmä' tarkoittaa sisäilman käsittelyn edellyttämien osatekijöiden yhdistelmää, jolla lämpötilaa nostetaan. Artikla 2(15b) määrittelee lämmönkehittimen osaksi, joka tuottaa hyötylämpöä yhdellä tai useammalla seuraavista prosesseista: a) polttoaineiden poltto esimerkiksi lämmityskattilassa, b) sähkövastuslämmitysjärjestelmän lämmityselementeissä tapahtuva Joule-ilmiö ja/tai c) lämmön talteenotto ympäröivästä ilmasta, ilmanvaihdon poistoilmasta tai vesi- ja maalämpölähteestä lämpöpumppua käyttäen.

Rakennukset, jotka täyttävät artiklojen 14(4) ja 15(4) tai 14(5) ja 15(5) mukaisen automaatio- ja ohjausvelvoitteen (katso luku 2.1) vapautetaan tarkastusvelvoitteesta.

Artikloissa 14(2) ja 15(2) rakennuksen tekniset järjestelmät, joita nimenomaisesti koskee sovittu energiatehokkuusperuste, tai energiatehokkuuden sovittua parantumistasoa koskeva sopimusjärjestely, kuten energiatehokkuutta koskeva sopimus, taikka joiden toimintaa hoitaa yleishyödyllisestä palvelusta tai verkosta vastaava operaattori ja joihin sen vuoksi sovelletaan järjestelmäpuolen tehokkuusseurantatoimenpiteitä, vapautetaan tarkastusvaatimuksen piiristä edellyttäen, että tällaisen lähestymistavan saavutetaan sama kokonaisvaikutus. Näitä ovat ESCO-hankkeet, mutta eivät Suomessa isoimpien kiinteistöjen kanssa solmitut energiatehokkuussopimukset. Asiantuntijahaastattelujen perusteella Suomessa ei ole voimassa merkittävää määrää ESCO-hankkeita tarkastukseen velvoittavissa kiinteistöissä, eikä ESCO-hankkeiden määrä vaikuta olevan kasvussa. Näin ollen ESCO-hankkeita ei oteta huomioon tämän raportin arvioinnissa.

Jäsenvaltiot voivat päättää, etteivät ne edellytä uutta lämmönkehittimen tai ilmastointijärjestelmien mitoituksen arviointia, mikäli järjestelmään ei ole tehty muutoksia tai rakennuksen lämmitys- tai jäähdytysvaatimukset eivät ole muuttuneet tämän kohdan mukaisesti suoritettujen tarkastusten jälkeen. Tämän lisäksi, kun energiatehokkuustarkastusten tiheydestä ei ole EU:n tasolla säädelty, voivat jäsenvaltiot päättää itsenäisesti, kuinka usein tarkastukset tehdään. Jäsenvaltiot voivat myös vaikuttaa tarkastusten yksikkökustannuksiin esimerkiksi asettamalla erilaisia koulutustasovaatimuksia tarkastajana toimivalle henkilölle. Myös muunlaisilla valinnoilla voidaan varioida tarkastusjärjestelmän ylläpidon kustannuksia.

Tarkastusmenettely voidaan korvata myös vähintään saman energiansäästön tuovalla vaihtoehtoisella menettelyllä. Suomi on aiemmin hyödyntänyt vaihtoehtoista neuvontamenettelyn ja muiden menettelyjen yhdistelmää.^{19 20}

5.2. Tarkastusmenettelyn kuvaus

Tarkastusten piiriin kuuluvat kohteet

Tarkastusveloitteen piiriin kuuluvat kohteet (taulukko 10) on määritetty osittain toimialajärjestöjen tietojen perusteella (kaasu-, bio- ja öljylämmityskohteet) ja osittain poiminnalla rakennusrekisteristä (kaukolämpö-, sähkö-, maalämpö- ja jäähdytyskohteet). Toimialajärjestöjen mukaan teholtaan yli 70 kW lämmityskattiloita on käytössä 24 690 kpl ja niiden energiankulutus on yhteensä 5110 GWh. Sähköä ja kaukolämpöä käyttäviä lämmitysjärjestelmiä on tehontarpeen perusteella arvioituna 48 000 kpl niiden energiankulutus on yhteensä 15 400 GWh. Jäähdytyskohteita on noin 5120 kpl ja energiaa ne kuluttavat vuosittain noin 120 GWh. Tarkastuksen kohteena olevaan rakennuskantaan eivät kuulu automaatioveloitteen (luku 3.2.1) yli 290 kW ei-asuinrakennukset. Direktiivin mukaan ESCO-kohteet on rajattu tarkastusten ulkopuolelle. Asiantuntija-arvioiden mukaan niiden määrä on merkityksetön arvioinnin kannalta.

Taulukko 10. Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien tarkastusveloitteen kohteet (tehontarve enemmän kuin 70 kW, pois lukien ei-asuinrakennukset, joiden tehontarve enemmän kuin 290 kW).

	Kattiloiden lukumäärä (kpl)	Rakennusten lukumäärä (kpl)	Energiankulutus GWh/a	Osuus
Kaasu	1 860		550	2,7 %
Bio	5 130		420	2,0 %
Öljy	17 700		4140	20,1 %
Kaukolämpö		44 490	14 300	69,1 %
Sähkö		2 940	1 000	4,8 %
Maalämpö		630	100	0,5 %
Jäähdytys		5 120	120	0,6 %
Yhteensä	24 690	53 180	20 630	100 %

Osa tarkastusveloitteen alaisista kohteista on tunnistettu rakennuskohtaisen nimellistehon tarpeen perusteella. Asunto- tai kiinteistöosakeyhtiö voi muodostua useista rakennuksista, joilla on yhteinen lämmitysjärjestelmä, lämmitys- ja ilmastointijärjestelmä tai jäähdytysjärjestelmä. Yksittäisten rakennusten tehon tarve voi jäädä alle 70 kW, mutta yhteenlaskettuna kiinteistöosakeyhtiön rakennusten tehontarve ylittyy. Toisaalta asunto- tai kiinteistöosakeyhtiö voi myös muodostua useasta tehontarpeeltaan yli 70 kW kokoisesta rakennuksesta.

Tarkastusmenettelyt

Tässä selvityksessä kuvataan tarkastusmenettely, joka Suomessa otettaisiin käyttöön, mikäli päädyttäisiin pakollisiin säännöllisiin lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien tarkastusmenettelyyn. Liitteessä 9 on esitelty

¹⁹ Ympäristöministeriö. Lämmitysjärjestelmien vaihtoehtoisen menettelyn vastaavuusraportti – Suomi. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) 14 artiklan mukainen ilmoitus Euroopan komissiolle. Ympäristöministeriö 2013.

²⁰ Ympäristöministeriö. Ilmastointijärjestelmien vaihtoehtoisen menettelyn vastaavuusraportti – Suomi. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) artiklan 15 mukainen ilmoitus Euroopan komissiolle. Ympäristöministeriö 2013.

tarkemmin arvioinnin piiriin kuuluvat järjestelmät sekä oletukset, joiden perusteella arvioinnin piiriin kuuluvat rakennukset on poimittu rakennusrekisteristä ja toimialajärjestöiltä saaduista tiedoista.

Artiklojen 14(1) ja 15(1) tarkoittamien tarkastusten tavoitteena on edistää järjestelmien toimivuuden seuranta, säännöllistä huoltoa ja puhdistusta sekä tuottaa tietoa ja suosituksia lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien energiatehokkuuden parantamiseen.

Lähtökohtaisesti lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien ylläpidosta ja kunnossapidosta vastaa kiinteistönhuolto. Tarkastusten kohde on fokusoidusti järjestelmien energiatehokkuus. Järjestelmät voivat toimia kaikin puolin moitteettomasti, mutta energiaa tuhlaavasti. Tarkastuksilla voidaan löytää vikoja sekä virheellisiä ja tuhlaavia asetusarvoja. Mahdollista on myös löytää kohteita, joissa järjestelmä tai sen osat ovat teknistaloudellisesti vanhentuneita ja syytä uusia.

Tarkastuksessa arvioidaan järjestelmien osien kunto, toimivuus ja kunkin järjestelmäkokonaisuuden energiatehokkuus. Tarkastus kannattaa suorittaa lämmitysjärjestelmien osalta lämmityskaudella ja jäähdytysjärjestelmien osalta jäähdytyskaudella. Tarkastukseen kuuluu silmämääräinen lämmitys- ja/tai ilmastointilaitteiden sekä niiden toiminnan arviointi ja niitä tukevat tarpeelliset mittaukset. Tarkastuksesta luovutettaisiin järjestelmän omistajalle tai haltijalle todistus, jossa esitettäisiin tarkastuksen tulokset ja johtopäätökset. Tarkastuksen yhteydessä järjestelmän omistajalle annettaisiin neuvoja mahdollisista energiatehokkuutta parantavista toimenpiteistä. Neuvot eivät velvoita järjestelmien omistajia toimimaan niiden mukaisesti. Todistus em. tehdystä tarkastuksesta ehdotetaan toimitettavaksi perustettavaan tietokantaan.

Lämmitysjärjestelmien tarkastuksissa tarkastetaan mm. seuraavia:

- Lämmönkehittimen (kattilat, lämpöpumppu jne.) puhtauden sekä siihen liittyvän lämmitysjärjestelmän mitoituksen ja toiminnan tarkastus lämmitystarpeeseen peilaten
- Lämmönsiirtojärjestelmän eristysten tarkastus
- Huonelämpötilojen tavoitelämpötilojen pysyvyydentarkastus indikoimassa verkoston tasapainotilannetta ja säätöjen toimivuutta

Ilmanvaihdon ja lämmitysjärjestelmän yhdistelmien (ns. ilmalämmitys) tarkastuksissa tarkastetaan mm. seuraavia:

- Lämmönkehittimen (kattilat, lämpöpumppu jne.) puhtauden sekä siihen liittyvän ilmalämmitysjärjestelmän mitoituksen ja toiminnan tarkastus vuorokautiseen lämmitys- ja ilmanvaihtotarpeeseen peilaten
- Ilmanvaihtokoneen ja siihen liittyvän lämmöntalteenotto-osan puhtauden, energiatehokkuuden ja toiminnan tarkastus
- Lämmön- ja ilmansiirotojärjestelmän eristysten tarkastus
- Huonelämpötilojen tavoitelämpötilojen pysyvyydentarkastus ja säätöjen toimivuustarkastus

Ilmastointijärjestelmien (sis. jäähdytystä) tarkastuksissa suositellaan tarkastettavaksi mm. seuraavia:

- Jäähdytysenergian tuottoyksikön (jäähdytyskoneikko, siirrin tms.) mitoituksen, toiminnan ja energiatehokkuuden tarkastus
- Passiivisten ylälämpökuormien hallintamenetelmien hyödyntämismahdollisuudet
- Lauhdelämmön, vapaajäähdytyksen, yöjäähdytyksen yms. hyödyntämistavan käytön ja toiminnan tarkastus
- Jäähdytysenergian siirtoverkoston (esim. putket, kanavat) eristysten tarkastus

- Ilmastointijärjestelmän puhtauden ja tarpeenmukaisen toiminnan tarkastus suhteessa tilojen käyttöasteeseen ja kuormitukseen
- Lämmön- ja jäähdytyksen talteenoton hyödyntämistavan käytön ja toiminnan tarkastus
- Puhallinosa- ja jäähdytyslaitteiden tarkastus ja huolto- ja korjauksien ohjaustavan tarkastus

Tarkastukset oletetaan tehtävän samanlaisina viiden vuoden välein. Tarkastusvelvoite on määritetty järjestelmän nimellisteho –arvona, jota ei yleensä ole valmiiksi laskettuna ja joka voi olla vaikea selvitettävä järjestelmien omistajille. Uusien rakennusten suunnittelun yhteydessä tarkastusrajana käytettävä nimellistehon arvo tulisi kirjata energiaselvitykseen.

Tarkastajien pätevyys

Jotta lämmitys- ja ilmastointi-, sekä niihin yhdistettyjen ilmanvaihtojärjestelmien tarkastuksilla on todellista merkitystä, tulee tarkastajilta edellyttää riittävää ja laajaa osaamista. Tarkastajien pätevyysvaatimuksen tulee sisältää riittävän laaja ja talotekniikan eri osa-alueisiin perehdyttävä tekniikan alan tutkinto, joka vastaa vaativien kohteiden suunnittelijavaatimuksia sekä tarkastuksiin perehdyttävä täydennyskoulutus ja määräaika-ajantasaisten osaamisen näyttö. Vaatimus voisi perustua esimerkiksi LVI-energiakatselmoijan pätevyysvaatimukseen, johon on lisätty talotekniikan kokonaishallintaan liittyviä osia. Jo nykyisellään katselmoijan tulee hallita muun muassa LVI- ja prosessitekniikan järjestelmien lämpöhäviöiden analysoinnin mittauksin ja laskennallisin menetelmin niin, että tuloksena saadaan rakennusten tai prosessin energiatase. Lisäksi katselmoija hallitsee yleiset energiankäytön tehostamismenetelmät ja -tekniikat, osaa laskea säästötoimenpiteiden energiakulutus- ja kustannusvaikutukset katselmoitavassa kohteessa sekä omaa valmiudet kiinteistöjen ja prosessien LVI-mittauksien toteuttamiseksi.²¹

Pätevien lämmitys- ja ilmastointi-, sekä niihin yhdistettyjen ilmanvaihtojärjestelmien tarkastajien lukumäärää voidaan arvioida verraten Motivan tai TEM:n energiakatselmuksien toimintaa varten hyväksymiin LVI-katselmoijisiin. Motivan pätevoittämää LVI-energiakatselmoijia oli vuoden 2017 lopussa noin 1 150.²² Pätevyysvaatimusta on myönnetty toiminnan alkupiikin jälkeen vuosittain varsin tasaisesti, noin 50 henkilölle vuodessa (Kuvio 1). Lukumääräisesti tarkastajiksi soveltuvia katselmoijia on teoreettisesti riittävästi, koska yksi tarkastaja voi tehdä vuodessa arviolta 40–100 tarkastusta ja tämä kattaa vaadittavat noin 12 000 tarkastusta vuodessa. Toisaalta maantieteellisesti voi olla haasteita saada riittävää palvelua. Maantieteellisesti katselmoijien enemmistö on sijoittunut Etelä-Suomessa toimiviin yrityksiin.²³ Tarkastajien määrään tulevana vuosina vaikuttaa erityisesti talotekniikka-alan insinööri (amk) koulutusmäärät. LVI-koulutuksesta valmistuu vuodessa n. 270 ja kiinteistöautomaatioon suuntautuneita n. 30 ja näillä aloilla on erityinen pula osaavasta työvoimasta.

Suomessa on useassa eri lainsäädännössä määritetty kiinteistöille tarkastusmenettelyitä, joissa tehtävät olisivat osin päällekkäisiä lämmitys- ilmanvaihto- tai yhdistettyjen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien tarkastusten kanssa. Sähköturvallisuuslaki²⁴ edellyttää ei-asuinrakennuksille määräaikaistarkastukset kohteesta riippuen 5 tai 10 vuoden välein, jossa yhtenä osana on tarkistaa teknisten järjestelmien kunnossapito-ohjelman mukaisten toimenpiteiden toteutuminen. Määräaikaistarkastukset suorittavat

²¹ Motiva. Energiakatselmoijien peruskurssi. 2018. Saatavilla:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmuksien_toiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmuksien_peruskurssi [Vierailtu 26.11.2018]

²² Motiva. Pätevoityneet energiakatselmoijat. 2018. Saatavilla:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmuksien_toiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmuksien_patevoityneet_energiakatselmoijat [Vierailtu 26.11.2018]

²³ Motiva. Pätevoityneet katselmoijat vuosittain. 2016. Saatavilla:

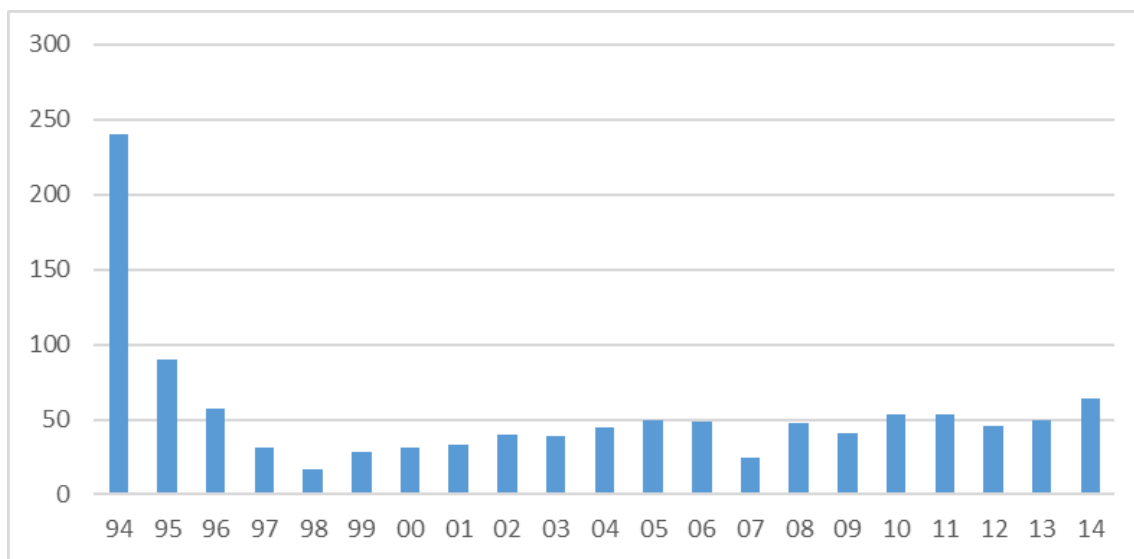
https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmuksien_toiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmuksien_tilastotietoa_katselmuksista/patevoityneet_katselmoijat_vuosittain [Vierailtu 26.11.2018]

²⁴ Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 49§ ja 50§

valtuutetut tarkastajat tai valtuutettu laitos. Pelastuslaissa²⁵ on määritetty pelastusviranomaisen suorittama, osalle rakennuksista jopa vuosittainen, palotarkastus. Myös energiatodistuksen laatijan tehtäviin²⁶ on nykysäädöksissä sisällytetty velvoite antaa suosituksia toimista, joilla voidaan parantaa kustannustehokkaasti rakennuksen energiatehokkuutta. Energiatodistuksen laatijalle on myös asetettu pätevyysvaatimus.

Mikäli tarkastusmenettely lämmitys- ja yhdistettyjen lämmitys ja ilmanvaihtojärjestelmien sekä ilmastointijärjestelmien osalta otetaan Suomessa käyttöön, tulee tarkastajien vaatimuksia ja työtehtäviä määriteltäessä tarkastella tarkastajien vaatimuksia kokonaisuutena sekä selvittää, voitaisiinko niitä yhdenmukaistaa ja osin tehtäviä yhdistää.

Kuvio 1. Pätevöityneet LVI-katselmoijat vuosittain²⁷



Tarkastusrekisteri

Julkisen hallinnon digitalisoinnin yhteydessä kaikille väestötietojärjestelmän rakennus- ja huoneistorekisterissä oleville rakennuksille on luotu pysyvä rakennustunnus²⁸. Tunnuksen käyttöönotosta lähtien (10.11.2014 lähtien jokainen väestötietojärjestelmään rekisteröity uusi rakennus tai hanke on saanut pysyvän rakennustunnuksen). Rakennustunnus voi toimia yhdistävänä linkkinä eri tietokantojen välillä.

Toinen merkittävä uudistus on ollut rakennusluvan hakemisen ja käsittelyn digitalisointi. Lähes kaikki kunnat ovat ottaneet käyttöön joko Lupapisteen²⁹ tai Trimble elupa³⁰ palvelun. Tavoitteena on, että rakennusluvan hakemisprosessin aikana järjestelmiin talletetaan kohteen dokumentit. Rakennuksen myöhempien tai rakennuksen ympäristössä tapahtuvien muiden hankkeiden käsittelyä sujuvoituu, kun dokumentit ovat helposti hyödynnettävissä.

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien dokumentit voitaisiin joko tallentaa tai linkittää näihin tietojärjestelmiin, jotta niitä voitaisiin hyödyntää niin kiinteistönpidossa kuin myös laajemmin

²⁵ Pelastuslaki 349/2011

²⁶ Laki rakennuksen energiatodistuksesta 50/2013

²⁷ Motiva. Pätevöityneet katselmoijat vuosittain. 2016. Saatavilla:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiakatselmustoiminta/tem_n_tukemat_energiakatselmukset/tilastotietoa_katselmuksista/patevoityneet_katselmoijat_vuosittain [Vierailtu 26.11.2018]

²⁸ Väestörekisterikeskus, pysyvä rakennustunnus. Saatavilla: <https://vrk.fi/vaestotietojarjestelman-pysyva-rakennustunnus>

²⁹ Rakennetun ympäristön lupapalvelu. Saatavilla: <https://www.lupapiste.fi/>

³⁰ Trimble elupa Saatavilla: <https://kunnat.trimble.fi/lupa.html>

rakennuskantaa koskevilla analyysillä ja päätöksenteolla. Avaintietojen tallentaminen tietokantamuotoon on edellytys sille, että tietoja voitaisiin hyödyntää esimerkiksi rakennuskannan energiataloudellisen tilan ja lämmitystapamuutosten seurannassa.

Tarkastusrekisteri vaatii tietojärjestelmän ja rajapintoja nykyisten järjestelmien kanssa. Tietojärjestelmää tulee perustamisen lisäksi ylläpitää ja kehittää jatkuvasti. Tämän lisäksi tarkastusraportteja tulee tarkastaa ja tämä vaatii työvoimaa.

5.3. Vaikutusten arviointi

Tarkastusvelvoite on osoitettu tietyille lämmitysjärjestelmille tai yhdistetyille lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmille tai jäähdytysjärjestelmille nimellistehontarpeen perusteella. Järjestelmäkohtainen tieto on ollut saatavissa ainoastaan öljyä, biopolttoaineita tai kaasua käyttävistä lämmitysjärjestelmistä. Muut lämmitystavat ja jäähdytys on käsitelty rakennuskohtaisen nimellistehontarpeen perusteella. Vaikutusten arvioinnin menetelmät, oletukset ja laskenta on kuvattu liitteessä 4 ja tehorajan määrittely liitteessä 1.

Energiansäästö-, päästövähennys- ja kustannussäästöpotentiaali

Oletus on, että tarkastusten yhteydessä löydetäisiin niin säätöä, huoltoa tai puhdistusta vaativia kohteita kuin myös uusimista tai korjauksia vaativia kohteita. Keskitettyihin energiajärjestelmiin liitetyissä kohteissa (kaukolämpö, kaukokylmä, kaasu, sähkö) korostuvat erilaiset säätötoimenpiteet. Kiinteistökohtaisissa järjestelmissä (biopolttoaineet, öljylämmitys) puolestaan korostuvat huolto ja puhdistustoimenpiteet. Kaikissa järjestelmissä voi myös olla käyttökänsä päähän tulleita osia, joiden osalta tarkastus voi käynnistää lämmitysjärjestelmän korjauksen tai uusimisen. Arviot säästövaikutuksista (Taulukko 11) on koottu toimialajärjestöjen haastattelujen ja kattilatarkastuksia käsitelleen aineiston pohjalta.^{31 32} Säästövaikutusten vaihteluvälit ovat huomattavan suuret tarkastettavien lämmitysjärjestelmien ylläpitoteknologioiden, ylläpidon laadun ja huoltohenkilökunnan ammattitaidon takia.

Taulukko 11. Tarkastuksilla aikaansaattava ostoenergian säästö tilojen lämmityksessä ja jäähdytyksessä.

Järjestelmä	Säästövaikutus tarkastusvälillä %/5a	Säästövaikutus vuodessa % /a
Öljykattilat	2	0,4
Biokattilat (muu kuin pilkekattila)	1 (puhdistus ja huolto) 2,5-5 (muut säästötoimenpiteet)	0,2 (puhdistus ja huolto) 0,5-1 (muut säästötoimenpiteet)
Kaasukattilat	1	0,2
Sähkölämmitys	1-5	0,2-1
Maalämpö	1-5	0,2-1
Kompressori- tai lämpöpumppu jäähdytys	1-5	0,2-1

³¹ Ympäristöministeriö. Lämmitysjärjestelmien vaihtoehtoisen menettelyn vastaavuusraportti – Suomi. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) 14 artiklan mukainen ilmoitus Euroopan komissiolle. Ympäristöministeriö. 2013.

³² Ympäristöministeriö. Ilmastointijärjestelmien vaihtoehtoisen menettelyn vastaavuusraportti – Suomi. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) artiklan 15 mukainen ilmoitus Euroopan komissiolle. Ympäristöministeriö. 2013.

Kaukojäähdytys	1-5	0,2-1
----------------	-----	-------

Tarkastusveloitteen kohteena olevat rakennukset käyttävät tilojen lämmitykseen ostoenergiaa yhteensä 20 290 GWh. Suurin ryhmä ovat kaukolämpöön liitetyt rakennukset, joissa ostoenergiaa kuluu 14 300 GWh. Säästöprosenttien vaihteluvälit ovat suuret. Tarkastusten perusteella 50–70 prosenttia rakennuksen omistajista oletetaan toteuttavan suositellut toimenpiteet. Taulukossa 12 on esitelty tarkastusmenettelyn arvioinnin tulokset energiansäästön ja päästövähennysten osalta. Taulukon tuloksissa on vaihteluväli joka kuvaa tarkastusmenettelyn vaikutuksia pienimmästä oletetusta vaikutuksesta suurimpaan oletettuun vaikutukseen. Vaihteluvälit ovat suuria tarkastusmenettelyn vaikutuksiin liittyvien epävarmuuksien vuoksi. Vaihteluvälit on laskettu seuraavasti: pienemmällä toimenpiteiden toteuttajien osuudella (50%) on kerrottu taulukon 11 pienin säästö ja suuremmalla toteuttajien osuudella (70%) taulukon 11 suurin säästö. Esimerkiksi maalämmössä tämä tarkoittaa vaihteluväliä: $0,2\% * 50\% * 100 \text{ GWh} = 0,1 \text{ GWh}$ - $1\% * 70\% * 100 = 0,7 \text{ GWh}$.

Tarkastusmenettelyn aiheuttamilla toimenpiteillä säästettäisiin lämmityksen ostoenergiaa 26–133 GWh vuodessa ja vähennettäisiin vuosittaisia hiilidioksidipäästöjä 5 500 -27 300 tCO₂. Suurin osa säästöistä ja vähennyksistä saataisiin kaukolämmitykseen liitetyistä rakennuksista (14,2–107,0 GWh/a) siksi, että se on suurten asuinrakennusten hallitseva lämmitysjärjestelmä. Hiilidioksidipäästöjä näissä olisi mahdollista vähentää tämän hetken päästökertoimilla laskettuna 3 000-22 400 tCO₂ vuodessa. Tilanne on kuitenkin nopeasti muuttumassa päästöjen osalta, kun kaukolämpöön hyödynnetään enenevässä määrin uusiutuvia energialähteitä. Jäähdytysjärjestelmien tarkastukset vähentäisivät ostoenergiaa 0,1-1,6 GWh vuodessa ja päästöjä 17-245 tCO₂ vuodessa. Mikäli rakennuksessa on tehontarpeen kynnyksen ylittävät jäähdytysjärjestelmä, siinä on hyvin todennäköisesti myös tehokas lämmitysjärjestelmä, joten tarkastukset olisivat yksi kokonaisuus.

Taulukko 12. Tarkastusveloitteen rakennusten ostoenergian kulutus, ostoenergian säästö tilojen lämmityksessä ja jäähdytyksessä sekä hiilidioksidipäästöjen vähennys.

	Ostoenergia 2017/2018 GWh	Ostoenergian säästö GWh/a	CO ₂ päästöjen vähennys t CO ₂ /a
Kaukolämpö	14 300	14,3-107,0	2 995-22 465
Öljylämmitys	4 140	8,3-12,4	2 191-3286
Sähkölämmitys	1 000	1,0-7,7	168-1262
Maalämpö	100	0,1-0,7	18-136
Bio	200	1,7-4,3	0
Kaasu	550	0,5-0,8	109-164
Lämmitysjärjestelmät yhteensä	20 290	26-133	5 500-27 300
Kompressori- tai lämpöpumppujäähdytys	95	0,1-1,4	16-233
Kaukojäähdytys	26	0,02-0,1	2-13
Jäähdytys yhteensä	120	0,1-1,6	17-245

Rakennuksen omistajan kustannuksiksi lasketaan vain tarkastus. Sen kustannus riippuu kohteen järjestelmien monimutkaisuudesta ja määrästä. Pienin aika menee kohteessa, jossa tarkastetaan yksi melko

yksinkertainen järjestelmä, esimerkiksi tyypillinen kerrostalon kaukolämpöjärjestelmä. Näiden tarkastuksiin käytetään yksi työpäivä hintaan 700 euroa (sisältäen arvonlisäveron asuinrakennuksille). Useita järjestelmiä tarkastettaessa tarkastukseen kuluu 2-3 työpäivää ja kustannukset nousevat 1400 euroon (ilman arvonlisäveroa ei-asuinrakennuksille). Tarkastuskustannus jaetaan tarkastusvälille eli viidelle vuodelle, jolloin vuosikustannus vaihtelee 140–280 eurossa. Rakennusten omistajien energiakustannukset laskisivat yhteensä 1,7–8,6 miljoonaa euroa. Kun tarkastuskustannukset ovat vuosittain 12 miljoonaa euroa, tulee päästöjen vähennyksen nettokustannuksiksi 150–2000 € hiilidioksiditonnia kohden.

Kohdekohtainen energiansäästö ja kannattavuus

Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät ovat omatoimisen tai palveluna hankitun yllä- ja kunnossapidon piirissä. Tarkastukset ovat suhteessa näihin erillinen tehtävä. Tarkastuksista aiheutuu lisäkustannuksia normaalien kiinteistöpidon kustannusten lisäksi. Kohteen tarkastukseen kuluu kohteen vaativuudesta riippuen yhdestä kahteen työpäivään pitäen sisällään kohdekäynnin ja matkakustannukset, lämmitysjärjestelmän dokumentaatioon ja kulutustietoihin tutustumisen, tarkastusraportin laatimisen sekä tallentamisen tarkastusten seurantatietojärjestelmään.

Tarkastusten hyötyjä ja kustannuksia tarkasteltiin keskimääräisten rakennusten kautta. Kohdekohtaisen tarkastelun tulos oli, että rakennuksen omistajat pystyisivät säästämään muutamista kymmenistä euroista sataan euroon kuukaudessa. Säästö jäisi selvästi tarkastusten vuosikustannusten alapuolelle eli toisi rakennusten omistajille lisää kustannuksia.

Tarkastustoiminnan viranomaiskustannukset

Tarkastusten seurantarekisterin perustamisen arvioidaan aiheuttavan valtiolle 100 000 euron perustamiskustannukset ja 135 000 euron vuotuiset ylläpitokustannukset. Näiden lisäksi uudesta lainsäädännöstä aiheutuisi tiedotus- ja koulutuskustannuksia (Taulukko 13).

Tarkastuksia tehdään vuosittain joka viidenteen tarkastusveloitteen alaiseen rakennukseen. Lämmitysjärjestelmiä olisi tarkastettava 11 850 ja jäähdytysjärjestelmiä noin 1 000. Mikäli tarkastuksen rekisteröinnistä perittäisiin 11 euroa, tulisi tarkastusjärjestelmän vuosikustannukset katettua asiakasmaksuilla. 15 euron tarkastusmaksulla katettaisiin myös järjestelmän perustamiskustannukset.

Taulukko 13. Säännöllisten kattilatarkastusten seurantarekisteri.

Tietojärjestelmä ja rajapinnat (kertainvestointi)	100 000	€
-tietojärjestelmän ylläpito ja kehitys	20 000	€/vuosi
-tietojärjestelmän ylläpitoon liittyvä työ (0,5 htv)	35 000	€/vuosi
-asiantuntijatyö ml. raporttien tarkastukset (1 htv)	80 000	€/vuosi
Vuosikustannukset (käyttökulut)	135 000	€/vuosi
Vuosikustannus (käyttökulut ja järjestelmä jaettuna 10 vuodelle)	185 000	€/vuosi

5.4 Yhteenvedo tarkastusten vaikutuksista

Lämmitysjärjestelmien ja jäähdytysjärjestelmien tarkastuksilla saavutettava energiansäästö olisi 26-135 GWh vuodessa ja päästövähennys 5 500 - 27 500 tCO₂. Tarkastuksista aiheutuisi kiinteistönomistajille yhteensä noin 12 miljoonan euron kustannukset, joista energiansäästö kattaisi 1,7...8 miljoonaa euroa. Oletusten suuren vaihteluvälin takia säästetyn hiilidioksiditonnin hinta liikkuisi 150...2000 euron/ tCO₂ välillä. Valtiolle tarkastusten seurantajärjestelmä maksaisi vuodessa noin 185 000 euroa, mikäli

tietojärjestelmän perustaminen jaetaan vuosikustannuksiksi. Kustannukset olisi mahdollista kattaa asiakasmaksuilla, jolloin kiinteistönomistajien kustannukset kasvaisivat lisää.

6. Yhteenveto ja johtopäätökset

Tulosten yhteenveto ja johtopäätöksiä

Tämä raportti arvioi osaltaan rakennusten energiatehokkuusdirektiivin vuoden 2018 muutosten kansallista toimeenpanoa Suomessa. Selvitys kuvaa (a) automaatiovelvoitteen, (b) teknisten järjestelmien vaatimusten ja (c) lämmitys- ja ilmastointijärjestelmien tarkastusmenettelyn taustoja sekä arvioi näiden nykytilaa ja direktiivimuutoksen ympäristö- ja kustannusvaikutuksia.

Tämän selvityksen tulosten mukaan automaatio- ja ohjausjärjestelmät ovat yleisiä Suomessa ja etenkin suurissa rakennuksissa ne ovat jo nyt varsin hyvällä tasolla. Koska direktiivimuutos kohdistuu vuoden 2020 jälkeiseen aikaan, sen vaikutus jää Suomessa pieneksi automaatio- ja ohjausjärjestelmien markkinavetoisen nopean kehityksen vuoksi. Automaatio- ja ohjausjärjestelmien elinkaari on kohtuullisen lyhyt, noin 15 vuotta. Lisäksi järjestelmä vaatii noin 10 vuoden iässä päivityksen, mikä tarkoittaa sitä, että joka vuosi noin 10 prosenttia automaatio- ja ohjausjärjestelmistä päivitetään. Kun järjestelmä päivitetään tai vaihdetaan, nostetaan sen taso joka tapauksessa sen hetken tekniselle tasolle. Näin ollen automaatiojärjestelmien taso nousee kohtuullisen nopeasti markkinavetoisesti ilman poliittista ohjausta teknologian kehityksen myötä.

Automaatio- ja ohjausjärjestelmien avulla voidaan vaikuttaa rakennuksen energiankulutuksen määrään ja ajankohtaan. Energiankulutusta voidaan vähentää esimerkiksi estämällä energian ristiriitaista käyttöä (samanaikainen lämmitys ja jäähdytys), vähentämällä vikatilanteita ja optimoimalla ilmanvaihto tarkoituksenmukaiseksi. Lisäksi automaatio- ja ohjausjärjestelmillä voidaan vaikuttaa energiankulutuksen ajoitukseen ja tämän kautta rakennukset voivat osallistua energian kysyntäjoustoon ja mahdollistaa uusiutuvan energian suuremman markkinaosuuden. Lisäksi energiankulutuksen ajallisen muutoksen ja kysyntäjoustopuutteen kautta saadaan vähennettyä energian huippukulutuskausia, jolloin saadaan päästövähennyksiä, koska saastuttavaa huipputuotantoa tarvitaan markkinoilla vähemmän. Tulevaisuuden mahdollisten sähkön ja lämmön hinnoittelun rakenteiden, kuten tehopohjaisten tariffien, hyödyntäminen edellyttää entistä enemmän kehittyneitä automaatio- ja ohjausjärjestelmiä. Sähköautojen määrän oletetaan kasvavan voimakkaasti tulevaisuudessa ja tämä tarkoittaa, että pientaloissa on tulevaisuudessa yhä suurempi tarve korkeatasoiselle automaatiolle. Lisäksi automaatiolla voidaan vaikuttaa energiaan suoraan liittymättömiin asioihin kuten sisäilman laatuun ja turvallisuuteen.

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin vuoden 2018 muutoksessa on suurille ei-asuinrakennuksille asetettu automaatiovelvoite, joka ohjaa asentamaan näihin rakennuksiin tehokkuustason automaatio- ja ohjausjärjestelmät. Velvoite koskee noin 8 500 rakennusta, joissa käytännössä kaikissa on jo automaatiojärjestelmä ja vuoden 2018 lopussa näistä noin 1 500 oli jo tehokkuustason järjestelmiä. Suurin osa lopuistakin 7 000 järjestelmästä päivitetäisiin direktiivin velvoittamalle tehokkuustasolle vuoteen 2025 mennessä ilman ohjausta. Direktiivimuutoksen ohjaus koskee noin 1440–2015 rakennusta, joiden automaatio- ja ohjausjärjestelmän päivitys aikaistuu käytännössä 1-3 vuodella direktiiviohjauksen vaikutuksesta. Automaatiovelvoitteen vaikutus energiansäästöön on 195–270 GWh ja päästöihin 40-55 tCO₂. Automaatiovelvoitteen nettokustannus on -0,7 miljoonasta eurosta -5,9 miljoonaan euroon, eli -18...-105 euroa/tCO₂. Laskennassa ei ole otettu huomioon sitä, että järjestelmät päivitetään joka tapauksessa muutaman vuoden kuluttua, eli laskenta kohdistaa kaikki automaatiojärjestelmän parantamisen kustannukset politiikkatoimelle.

Tehokkuustason automaation velvoite voidaan laajentaa koskemaan myös asuinkiinteistöjä. Mikäli velvoite kohdennettaisiin suuriin asuinrakennuksiin, vaikutus lämmityksen ostoenergiesäästöön on vuonna 2021 37 GWh ja päästöihin 7700 tCO₂. Suurten asuinrakennusten automaatiovelvoite vähentää enemmän energiakustannuksia kuin sen aiheuttamat lisäkustannukset ovat. Vuonna 2021 automaatiovelvoitteen nettokustannus on -0,5 miljoonasta eurosta -0,7 miljoonaan euroon, eli -65...-90 euroa/tCO₂. Vuonna 2030 automaatiovelvoitteen vaikutus on ostoenergian määrään 328 GWh, ja päästöihin 69 000 tCO₂.

Automaatiovelvoitteen nettokustannus vuonna 2030 on -4,5 miljoonasta eurosta -6,3 miljoonaan euroon, eli -65...-105 euroa/tCO₂. Rakennusten omistajien kannalta investointi automaation on kannattava takaisinmaksuajan ollessa noin 2,5 vuotta.

Direktiivimuutoksessa automaatio- ja ohjausjärjestelmät lisättiin direktiivin ohjaamien teknisten järjestelmien joukkoon. Tämän selvityksen arvioimat teknisten järjestelmien tasovaatimukset koskevat siis automaatio- ja ohjausjärjestelmiä. Direktiivi ohjaa asettamaan automaatio- ja ohjausjärjestelmille vähimmäistason järjestelmän asentamisen, vaihtamisen tai päivittämisen yhteydessä. Tämä tasovelvoite täyttyisi Suomessa ilman politiikkatoimiakin, joten direktiivimuutoksella ei ole tasovelvoitteen osalta vaikutuksia energiankulutukseen, päästöihin tai kustannuksiin.

Automaatio- ja ohjausjärjestelmät voidaan direktiivimuutoksen mukaan velvoittaa asentamaan kaikkiin uudisrakennuksiin, mutta tämä toimi on jäsenvaltioille vapaaehtoinen. Tämän selvityksen tulosten mukaan vapaaehtoinen automaatiovelvoite koskisi käytännössä pientaloja, koska muihin uusiin rakennuksiin asennetaan 2020-luvulla joka tapauksessa automaatio- ja ohjausjärjestelmät. Ohjaus vaikuttaisi noin 50–70 prosenttiin uusista erillisistä pientaloista, eli mukana olisi noin 3 000–4 000 rakennusta. Ohjauksen vaikutuksesta energiaa säästyisi vuonna 2021 noin 0,4–0,5 GWh ja päästöt vähenisivät noin 60–80 t CO₂. Ohjauksen kustannus olisi 1–2 miljoonaa euroa, eli 21 500 euroa/tCO₂. Vuonna 2030 energiaa säästyisi 3,6–6 GWh ja päästöt vähenisivät noin 600–800 t CO₂. Tällöin ohjauksen nettokustannus olisi 10–20 miljoonaan euroa eli noin 21 500 euroa/tCO₂.

Direktiivimuutos määrää asentamaan uusiin rakennuksiin huonelämpötilaa ohjaavat itsesäätyvät laitteet. Nämä ovat jo nyt Suomessa peruskäytäntö ja hyvän rakennustavan mukaisia, joten direktiivimuutoksella ei ole tämän osalta vaikutusta energiankulutukseen, päästöihin tai kustannuksiin.

Tarkastusmenettely kohdistuisi Suomessa noin 60 000 rakennukseen. Se edistäisi energiansäästöä 26–135 GWh ja täten vähentäisi päästöjä 5 500–27 500 tCO₂. Toisaalta tarkastusmenettelyn aiheuttamat kustannukset (12 miljoonaa euroa) ovat niin suuret, että energiakustannusten lasku (1,7–8,2 miljoonaa euroa) ei kattaisi näistä aiheutuneita lisäkustannuksia. Tarkastusmenettely vaatisi tarkastusrekisterin perustamisen ja ylläpidon. Tämän kustannukset, noin 185 000 euroa vuodessa aiheutuisivat valtiolle, mutta ne voitaisiin myös allokoida käyttömaksuina rakennusten omistajille, mikä lisäisi kiinteistönomistajien kustannuksia.

Johtopäätöksiä

Automaatio- ja ohjausjärjestelmät ovat Suomessa jo nyt yleisiä ja etenkin suurissa rakennuksissa hyviä tasoltaan. Käytännössä direktiivimuutoksen vaikutukset kohdistuvat suurissa rakennuksissa olemassa olevien järjestelmien tason parantamiseen ja pientalojen kohdalla ohjauksella voidaan tämän lisäksi lisätä automaatiojärjestelmien määrää.

Tämän selvityksen tulosten mukaan direktiivimuutoksen pakolliset kaikissa jäsenvaltioissa toimeenpantavat politiikkatoimet automaatio- ja ohjausjärjestelmien osalta (suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoite, teknisten järjestelmien vaatimukset ja itsesäätyvien laitteiden pakollisuus) aiheuttavat joko hyvin vähän vaikutuksia tai eivät ollenkaan vaikutuksia Suomessa. Ainoa käytännön vaikutus on se, että osa suurten ei-asuinrakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmistä tulee päivittää muutamaa vuotta aikaisemmin kuin ne päivitetäisiin ilman ohjausta.

Direktiivimuutoksen jäsenvaltioille vapaaehtoiset toimet (vapaaehtoinen velvoite uudisrakentamiseen ja asuinrakennusten automaatiovelvoite) aiheuttavat puolestaan enemmän vaikutuksia kuin pakolliset toimet. Tämän selvityksen tulosten mukaan suurten asuinrakennusten ottaminen mukaan tehokkuustason automaation velvoitteeseen toisi nettotasolla enemmän hyötyjä kuin kustannuksia kiinteistönomistajille. Toisaalta kaikkia uusia rakennuksia ohjaava velvoite toisi kustannuksia osalle uusien pientalojen rakentajista ja nämä kustannukset olisivat kalliita suhteessa päästövähennyksiin. Tämä johtuu erityisesti

siitä että uudet rakennukset ovat niin energiatehokkaita että automaation vaikutus kokonaisenergiankulutukseen jää pieneksi. Pientalojen automaatiojärjestelmiä asentamisen taustalla onkin yleensä joku muu motivaatio kuin energiansäästö, kuten parempi sisäilman laatu, turvallisuus, järjestelmän parempi hallinta tai sähköauto.

Nykyaikaisten rakennusten tekniikka sekä rakennusten käyttäjien osittain uudet tarpeet edellyttävät että uudet ja erityisesti tulevat rakennukset on varustettu automaatio- ja ohjausjärjestelmällä. Järjestelmiltä vaaditaan myös koko ajan enemmän, joten niiden taso nousee markkinaehtoisesti.

Asiantuntijalausuntojen perusteella kiinteistöautomaation osaamis- ja henkilöressivaje on ilmeinen, ja koulutusta on tarjolla vähäisesti sekä ammatillisessa koulutuksessa että ammattikorkeakouluissa ja yliopistoissa. Koulutukseen pitäisi panostaa nykyistä huomattavasti enemmän, jotta automaation hyödyt realisoituisivat. Koulutusta suunniteltaessa on otettava huomioon, että automaatio- ja ohjausjärjestelmien kouluttautumiseen kuluu useita vuosia, joten koulutusmäärien lisäämisen vaikutukset näkyvät viiveellä. Toisaalta järjestelmien ylläpitoa avustamaan voidaan kehittää henkilökuntaa opastavia teknologioita.

Automaatio- ja ohjausjärjestelmien ja laitteiden hyödyntämisen maksimoimiseksi myös käyttäjien neuvontaa olisi lisättävä. Toiminnan varmistamisen yhteydessä on ratkaistava, minkälaisia käyttöohjeita loppukäyttäjille laaditaan ja miten tilojen käyttöä opastetaan. Ratkaisujen kehittämisessä on kiinnitettävä erityishuomiota järjestelmien itseopastavuuteen.

Tämän selvityksen perusteella tarkastusmenettelyn kustannukset ovat sen hyötyjä suuremmat. Tarkastusmenettelyn toimeenpano voisi olla haasteellista, koska se olisi osittain päällekkäinen nykypolitiikan, kuten energiatehokkuussopimusten kanssa. Toisaalta tarkastukset toisivat arvokasta tietoa rakennuskannan energiatehokkuudesta. Yhdistettynä rakennetun ympäristön muihin digitaalisiin prosesseihin ja tietoa-aineistoihin, saataisiin rakennuskannan energiatehokkuuden kehityksen seurantaan ja edistämiseen uusi tietolähde ja työkalu. Tässä tarkastelussa ei arvioitu tarkastusmenettelyn muita mahdollisia vaikutuksia, kuten terveyshyötyjä.

Selvityksen laskennan epävarmuuksia

Tämän selvityksen arviointeihin liittyy paljon epävarmuustekijöitä, koska suuri osa selvityksen aineistosta ei ole suoraan hyödynnettävää tilastotietoa vaan aineisto on pitänyt koota useista eri lähteistä, usein asiantuntijankemeyksiin perustuen.

Tämän selvityksen arvioinnin lähtökohtana on käytetty Väestörekisterikeskuksen Rakennus- ja huoneistorekisteriä (RHR), koska arvioinnin kohdentaminen on vaatinut kohdekohtaisia tietoja. Tiedoissa on kuitenkin tunnistettu useita epävarmuustekijöitä. Rekisteriin ei päivitetä lämmitystapamuutoksia, joita otantojen mukaan on tehty runsaasti. Erityisesti pientalot ovat siirtyneet öljylämmityksestä sähköön, maalämpöön tai muihin lämpöpumppuratkaisuihin, suuremmat rakennukset puolestaan ovat siirtyneet öljylämmityksestä kaukolämpöön. Rekisterissä on myös haamurakennuksia, eli purettuja, käytöstä poistettuja tai tilanteita, joissa uudisrakennukselle on haettu useampi lupa.

Direktiivin asettamien järjestelmien tehorojojen määrittäminen tai tunnistaminen yksittäisissä kiinteistöissä on haastavaa, koska tehoja ei usein tiedetä järjestelmätasolla vaan yksittäisten laitteiden tehoina. Lisäksi tehoroja saattaa ylittyä laitteiden vaihdon yhteydessä. Useissa lämmitysratkaisuissa on myös lisänä varalämmitysmuotoja, joiden laitetehot voivat olla hyvinkin suuria. Näin ollen kiinteistönomistajan on haastavaa tietää, milloin ohjaus kohdistuu hänen omistamaansa kiinteistöön.

Direktiivin ohjaus kohdistuu pääosin järjestelmätasolle (lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmät sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmät), mutta järjestelmäkohtaista tietoa on saatavissa vain rajallisesta määrästä järjestelmiä. Tämän vuoksi järjestelmien määriä ja kokoja on arvioitu rakennuskohtaisesti. Tämä

ei kuitenkaan vastaa aina todellista tilannetta, sillä esimerkiksi useampi rakennus voi olla saman lämmitysjärjestelmän piirissä.

Automaatiojärjestelmien arvioinnissa tarkastelu rajattiin pääosin lämmitysenergian osalle. Automaatiolla voidaan vaikuttaa myös valaistuksen energiakäyttöön. Direktiivimuutos rajaa lämpimän käyttöveden vaikutusten ulkopuolella, mutta käytännössä lämmitystehoa on vaikea irrottaa lämmitysjärjestelmän tehosta ja tämä aiheuttaa epävarmuutta tuloksiin.

Rakennuksen ja niiden tekniset järjestelmät ovat yksilöllisiä ja hyvinkin vaativissa kohteissa saattaa osa automaation luokittelutasojen vaatimuksista puuttua. Automaatioluokitteluja on käytetty tässä selvityksessä arvioimaan koko rakennuskannasta keskimääräisiä suuruusluokkia eikä olemaan yksittäisen rakennuksen ominaisuuskuvaus.

Tässä selvityksessä on käytetty päästökertoimina keskiarvoja (sähkö ja lämpö), mutta automaatio- ja ohjausjärjestelmien yleistymisen ja niiden teknologian kehitys ja tason parantuminen mahdollistavat rakennuskannan osallistumisen kysyntäjouksoon. Tällöin energiansäästöt ja päästövähennykset osuisivat erityisesti kysyntä- ja tuotantopiikkien ajankohtiin, jolloin päästöt ovat keskimääräistä korkeammat. Tämän vuoksi automaation aiheuttamat päästövähennykset ovat todellisuudessa todennäköisesti tämän selvityksen arvioita suurempia. Toisaalta ominaispäästöt laskevat koko ajan ilmastopolitiikan seurauksena. Päästövähennysten arvioinnissa on käytetty saatavilla olevaa tilastotietoa ja vuosien 2012 – 2016 liukuvaa keskiarvoa. Useat poliittiset päätökset ja tuotantomuotojen muuttuminen ovat jo tarkasteluhetkeen mennessä pienentäneet ominaispäästöjä.

Energian hinnoittelu on sekä sähkön että lämmön osalta suuressa muutoksessa ja hintoihin liittyy paljon epävarmuustekijöitä. Tämän vuoksi kustannusvertailut jopa kymmenien vuosien aikajänteellä ovat vain hyvin suuntaa-antavia. Sama pätee myös automaatiojärjestelmien kustannuksiin.

Lähteet

Asuinrakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen. Versio 1.5 lopullinen. VTT-V-32062-08. Selvitys Ympäristöministeriön "Asuinkiinteistöjen automaation energiatehokkuus – projektissa". 2009

Harsia, P., et. SÄTE-opas. Opas pientalon sähkötehon hallintaan. Tampereen ammattikorkeakoulu. Julkaisematon (julkaistaan kevät 2019)

Kauppinen, J. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Perustelumuuisto. Ympäristöministeriö. 2013. Saatavilla: www.ymparisto.fi/download/noname/%7BABC46079-EFAB-4160-A2EF-A9200E607940%7D/31588 [Vierailtu 18.12.2018]

Kukkonen, P., Hyvärinen, J., Saari, M. & Nyman, M. Rakennusautomaation rakentamisen sääntelyssä. Raportti VTT-S-04488-15. VTT Expert Service Oy. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. 2015.

Saari, M. & Laine, J. Passiivitalo harkoista – LVI-tekniikan ratkaisumallit ja suunnitteluohje. Tutkimusraportti. VTT-R-08496-09. 2009

SFS-EN 15232-1:2017: Energy Performance of Buildings. Energy performance of buildings. Part 1: Impact of Building Automation, Controls and Building Management. Modules M10-4,5,6,7,8,9,10. 2017.

Työ- ja elinkeinoministeriö. Joustava ja asiakaskeinen sähköjärjestelmä. Älyverkkotyöryhmän loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja. Energia 33/2018. Saatavilla: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/161119> [Vierailtu 03.01.2019]

Ympäristöministeriö. Ilmastointijärjestelmien vaihtoehtoisen menettelyn vastaavuusraportti – Suomi. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) artiklan 15 mukainen ilmoitus Euroopan komissiolle. Ympäristöministeriö 2013

Ympäristöministeriö. Lämmitysjärjestelmien vaihtoehtoisen menettelyn vastaavuusraportti – Suomi. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (2010/31/EU) 14 artiklan mukainen ilmoitus Euroopan komissiolle. Ympäristöministeriö 2013

Ympäristöministeriö. Rakennusten energiatalous. Määräykset ja ohjeet 1978. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Helsinki: Painatuskeskus Oy 1978.

Liite 1. Tehorajan määrittely

Lämmitystehorajat (70 kW ja 290 kW) ylittävien rakennusten määrä on arvioitu rakennuskannasta arvioimalla rakennusten konduktanssi W/K, k-m2 (lämmitystehoa, joka tarvitaan lämmityslaitteista) rakennustyypeittäin, ikäkausittain lattiapinta-alan (kerrosala) ja lämpötilaeron funktiona (Taulukko L1.1).

Taulukko L1. 1. Konduktanssitaulukko lämmitystehojen määrittelyn arviointiin.

	Konduktanssi W/K,k-m2 eri rakentamisajankohtina		
	1900 -1975	1975 - 2010	2010 -2030
Omakotitalot	1,90	1,30	1,10
Rivitalot	1,70	1,40	1,24
Asuinkerrostalot	1,58	1,18	1,05
Vapaa-ajan asuinrakennukset	1,60	1,42	1,60
Liikerakennukset	2,68	2,37	2,00
Toimistorakennukset	2,45	1,61	1,39
Liikenteen, palo yms. rakennukset	2,74	1,84	1,95
Hoitoalan rakennukset	2,50	1,86	1,55
Opetusrakennukset	1,71	1,38	1,24
Kokoontumisrakennukset	2,18	1,82	1,78
Teollisuusrakennukset	3,84	3,40	3,02
Varastorakennukset	3,97	3,02	1,97
Maa-, metsä- ja kalatalouden rak.	2,43	1,78	1,40

Käytettävä lämpötilaero (sisä- ja mitoitussulkolämpötilan välinen) riippuu rakennuksen sijainnista. Konduktanssia määriteltäessä on huomioitu ensisijaisesti rakenteiden johtumishäviöt ja ilmanvaihdon tarvitsema lämmöntalteenoton jälkeinen lämmitysteho, jonka on oletettu noudattavan kulloinkin voimassaoleita rakentamismääräyksiä. Näin on saatu karkea arvio, kuinka paljon direktiivin vaatimukset ylittäviä rakennuksia ainakin on.

Tarkastelun ulkopuolelle jää joitain mitoitustehoon vaikuttavia, rakennuskohtaisesti paljon vaihtelevia asioita, joiden arviointi rakennuskantatasolla ja käytettävissä olevin tiedoin on mahdotonta, mutta joita on pyritty ottamaan kokemukseräisen tietoon perustuen mukaan.

- Vuotoilma - on pyritty huomioimaan ilmanvaihdon yhteydessä.
- Kylmäsiilat - on pyritty huomioimaan U-arvon yhteydessä.
- Painovoimaisen ilmanvaihdon toiminta kovilla pakkasilla - ilmavirrat kasvavat tuulen ja paine-erojen kasvaessa, mutta kovin paljon suuria ainoastaan painovoimaisella ilmanvaihdolla toimivia rakennuksia ei liene enää olemassa vanhoja asuinkerrostaloja lukuun ottamatta.
- Järjestelmien ylimitoitus - etenkin takavuosina lämmitysjärjestelmiä on ylimitoitettu reippaasti, mutta pääosa lienee sittemmin korjattu paremmin tarvetta vastaaviksi.
- Lämmön talteenoton jäätyminen esto - tapauskohtaista, mutta vaikuttaa mitoitustehoon eniten rakennuksissa, joissa jäteilma on kosteaa, joten vaikutus painottuu pieniin asuinrakennuksiin.
- Järjestelmien varastointi-, jakelu- ja luovutushäviöt - vaikuttavat lämmöntuottolaitteen mitoitukseen, mutta riippuvat paljon lämmitysjärjestelmästä, joten taso ei ole rakennuskantatasolla tiedossa. Vaikutus mitoitustehoon on pieni.

- Ulkoilmavirtojen puolittaminen kovilla pakkasilla ja muut aiemmin käytössä olleet olosuhdejoustopot - vaikuttaisivat tehoon, mutta vaikea arvioida rakennuskantatasolla.

Myös se, missä vaiheessa rakennuksen elinkaarta kynnyksarvojen täyttymistä tarkastellaan, saattaa vaikuttaa yllä mainittujen tekijöiden merkitykseen. On vaikea kuvitella, että kaikista rakennuksista voitaisiin säännöllisesti esimerkiksi kysyä lämmityslaitteiden mitoitustehojen summaa (vaikkapa kerrostalossa kaukolämmön siirrin, sähköiset jälki- ja mukavuuslämmitykset ja asukkaiden omat lämmityslaitteet). Toisaalta myös rakennuslupaprosessin yhteydessä saatu laskennallinen mitoitusteho saattaa poiketa todellisesta.

Jäähdytyksestä totesimme, että Suomessa saattaa olla rakennuksia, joissa jäähdytystarve ylittää lämmitystarpeen ja siten jäähdytys saattaisi lisätä tarkastus- tai automaatio- ja ohjausvelvoitteen piiriin tulevien rakennusten määrää. Näiden rakennusten määrä lienee kuitenkin vähäinen. Arvioita tehdessä oletimme, että vain tilojen jäähdytys otetaan huomioon ja ”prosessikylmä”, esim. kaupan elintarvikkeiden säilyttämiseen tarvittavat kylmälaitteet jäävät tarkastelun ulkopuolelle.

Liite 2. Laskelmissa käytetyt päästökertoimet

Kaukolämmön ja sähkötuotannon ominaispäästöt

Arvioinnin ominaispäästökertoimet ovat (Taulukko L2.1):

- Kaukolämpö 210 kg CO₂/MWh
- Öljy 263 kg CO₂/MWh
- Sähkö 164 kg CO₂/MWh
- Bio 0 kg CO₂/MWh
- Kaasu 198 kg CO₂/MWh

Toimenpiteet vaikuttavat järjestelmien ja rakennusten energian kulutukseen, mutta eivät välttämättä pienennä samassa suhteessa huipputehon ja energiatuotannon kapasiteetin tarvetta. Huipputehon tuotanto voidaan joutua tulevaisuudessa kattamaan yhä enemmän pienvoimaloilla. Lämmitystapa-muutoksien vaikutuksia ei ole otettu huomioon. Esimerkiksi siirtyminen lämpöpumppeihin pienentää energiatarvetta, mutta lisää merkittävästi sähkön huipputehon tarvetta. Taulukossa L2.1. on vertailtu eri lähteiden mukaisia ominaispäästökertoimien arvoja.

Taulukko L2. 1. Tilastotietoja, CO₂-ominaispäästökertoimet.

	Lämpö [kg CO ₂ /MWh]	Sähkö [kg CO ₂ /MWh]
5 vuoden liukuva keskiarvo v. 2016 tilasto HYÖDYNJAKO ³³	172	164
5 vuoden liukuva keskiarvo v. 2016 tilasto ENERGIAMENETELMÄ ³⁴	219	132
3 vuoden (vv. 2014-2016) liukuva keskiarvo v. 2016 HYÖDYNJAKO ³⁵	163	151
MOTIVA ³⁶	188 (yhteistuotantolaitokset)	164
Keskiarvo 2017-2018	150 (hyödynjako) ³⁷	100 (energiamenetelmä) ³⁸
EU:n taakanjakopäätöksen mukaisissa Policies and Measures –raportoinnissa käytettävät kertoimet	210	600 (marginaalikerroin)

³³ Tilastokeskus. Saatavilla: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2017/data/t12_03_2.xls [Vierailtu 25.1.2019]

³⁴ Tilastokeskus. Saatavilla: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2017/data/t12_03_2.xls [Vierailtu 25.1.2019]

³⁵ Tilastokeskus. Saatavilla: https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2017/data/t12_03_2.xls [Vierailtu 25.1.2019]

³⁶ Motiva. CO₂-päästökertoimet. 2018. Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet [Vierailtu 25.1.2019]

³⁷ Energiateollisuus. Kaukolämpövuosi 2018. 2019. Saatavilla: https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/kaukolampovuosi_2018_kivihillen_kaytto_kaukolampovuosi_vahentynyt.html#material-view [Vierailtu 25.1.2019]

³⁸ Energiateollisuus. Sähkövuosi 2018. 2019. Saatavilla: https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiavuosi_2018_-_sahko.html#material-view [Vierailtu 25.1.2019]

Liite 3. Automaatio- ja ohjausjärjestelmät

Automaatio- ja ohjausjärjestelmien tehokkuustasot

Standardi SFS-EN 15232-1:2017 on melko suoraviivainen, koska automaation energiatehokkuusluokka määräytyy käytännössä sen automaatoratkaisun perustella, jolla on alin automaation tehokkuustaso. Sen vuoksi standardin sananmukainen tulkinta voi johtaa epätarkoituksenmukaisiin ratkaisuihin. Esimerkiksi rakennuksen kaikkiin toisarvoisiin tiloihin (esim. siivouskomerot, tekniset tilat, huoltovarastot) ei välttämättä ole järkevää toteuttaa ylintä tehokkuusluokkaa olevaa automaatiota, koska voidaan ajatella ammattihenkilökunnan ymmärtävän esimerkiksi valojen sammuttamisen tärkeyden tai että harvoin käytettyjen varastotilojen lämpötilaa ei ole mielekästä ohjata sen mukaan, onko tilassa käyttäjä vai ei. Tämän vuoksi jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa tulee miettiä erikseen tilakohtaisesti toisarvoisten tilojen automaatoratkaisujen soveltamiseen liittyvät asiat.

Automaation energiatehokkuuden määrittäminen tapahtuu eri rakennustyypeille simuloitujen kertoimien avulla (kohta 6). Kertoimilla määritettyä automaation energiatehokkuustasoa verrataan automaation normitasoon (kerroin 1). Kun todetaan, että vaatimukset energiatehokkaammalle automaatioasteelle täyttyvät, voidaan kertoimien avulla selvittää saavutettava säästöpotentiaali.

Taulukko L3.1. Normitaso.

	Toiminto	Asuinrakennus	Ei-asuinrakennus
A. LÄMMITYKSEN OHJAUS			
1	Lämmönluovutuksen ohjaus		
1	Huonekohtainen säätö termostaattiventtiileillä tai sähköisellä säätimellä	Kyllä	Kyllä
2	Jakeluverkon meno- tai paluuveden lämpötilan säätö		
1	Ulkolämpötilan mukaan kompensoitu lämpötilan asetusarvo	Kyllä	Kyllä
3	Lämmöntuottolaitteen ohjaus		
1	Ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämmöntuoton lämpötilataso	Kyllä	Kyllä
4	Lämmöntuottolaitteiden vuorottelu		
1	Vuorottelu perustuu lämmityskuormaan (tehontarpeeseen)	Kyllä	Kyllä
5	Kattilaveden lämpötilataso		
1	Lämpötaso vakio	Kyllä	Kyllä
2	Lämpimän käyttöveden lämpötila pystytään eri käyttöolosuhteissa pitämään riittävän korkeana	Kyllä	Kyllä
B. LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN OHJAUS			
1	Kiertovesipumppujen ohjaus		
1	Päälle/pois ohjaus	Kyllä	
2	Kierroslukuohjattu vakiopaineinen säätö		Kyllä
C. JÄÄHDYTYKSEN OHJAUS			
1	Lämmönluovutuksen ohjaus		
1	Huonekohtainen säätö termostaattiventtiileillä tai sähköisellä säätimellä	Kyllä	Kyllä
2	Jäähdytysverkoston meno- tai paluuveden lämpötilan ohjaus		
1	Ulkolämpötilan mukaan kompensoitu lämpötilan asetusarvo (sisäilmankosteuden mukaan toimiva rajoitus)	Kyllä	Kyllä
3	Jäähdytyksen (jakelu tai lämmönluovutuksen) aikatauluohjaus		
1	Automaattinen aikatauluohjaus, jossa asetettavat ajat	Kyllä	

	2	Automaattinen aikatauluohjaus optimaalisilla aloitus- ja lopetusajoilla		Kyllä
4	Lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikaisen käytön estäminen			
	1	Osittainen estäminen: Mahdollisuus jäähdytyksen ja lämmityksen samanaikaiseen käyttöön minimoitu asetusarvojen asettelun kautta.	Kyllä	Kyllä
5	Jäähdytyskoneikon ohjaus			
	1	Ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämpötilataso	Kyllä	Kyllä
6	Jäähdytyskoneikon vuorottelukäyttö			
	1	Järjestys ainoastaan kuormien perusteella	Kyllä	Kyllä
D. ILMANVAIHDON JA ILMASTOINNIN OHJAUS				
1	Huoneen ilmavirran ohjaus			
	1	Ei ohjausta. Suomessa käytäntönä on ollut ohjata ilma- virtoja ilmastointikoneen avulla. Ilmavirran ohjaus toteutuu kokonaisuutena. (IMS:t huonekohtainen säätö muissa, kuin asunnoissa nykyään myös mahdollinen)	Kyllä	Kyllä
	2	Aikaohjaus	(Kyllä)	(Kyllä)
2	Ilmakäsittelykoneen ilmavirran ohjaus			
	1	Ei ohjausta	Kyllä	
	2	Päälle/pois, aikaohjattu		Kyllä
3	Lämmönsiirtimen huurteen esto/sulatus			
	1	Huurteenesto/sulatustoiminto	Kyllä	Kyllä
4	Lämmöntalteenoton rajoitus (ohitus jäähdytystilanteessa)			
	1	Lämmöntalteenottoa rajoitetaan automaattisesti	Kyllä	Kyllä
5	Jäätymissuojaus			
	1	Ilmastointikoneiden pattereiden jäätymissuojaus toimii asteittain	Kyllä	Kyllä
6	Ulkoilman käyttö jäähdytykseen			
	1	Yöjäähdytystoiminto	Kyllä	Kyllä
7	Tuloilman lämpötilan säätö			
	1	Vakioasetusarvo/mikäli jäähdytys mukana, niin ulkoilman lämpötilan mukaan muuttuva lämpötilanasetusarvo kastepiste	Kyllä	Kyllä
8	Kosteuden hallinta			
	1	Tuloilman kosteuden rajoitus (kastepisteen ohjaus)	Kyllä	Kyllä
E. VALAISTUKSEN OHJAUS				
1	Läsnäolon mukaan ohjattu valaistus			
	1	Manuaalinen päällä/pois-kytkin	Kyllä	
	2	Manuaalinen päällä/pois-kytkin + automaattinen sammutus viiveen jälkeen		Kyllä
2	Ohjaus päivänvalon mukaan			
	1	Ei automaattista säätöä	Kyllä	Kyllä
F. KAIHDINOHJAUS				
	1	Moottoritoiminen manuaalinen säätö	Kyllä	
	2	Moottoritoiminen automaattisäätö		Kyllä
G. TEKNINEN KODIN- JA KIINTEISTÖNHALLINTA				
1	Asetusarvon hallinta			
	1	Manuaalinen asetus huonekohtaisesti	Kyllä	
2	Koti- ja kiinteistöjärjestelmien vikailmais ja tuki näiden vikojen diagnostiikalle			

	1	Ei	Kyllä	
	2	Kyllä		Kyllä
3	Energiankulutuksen ja sisäolosuhteiden raportointi			
	1	Vain todellisten arvojen indikointi (esim. lämpötilat, mittausarvot)	Kyllä	Kyllä
4	Smart Grid indikointi			
	1	Ei harmonisointia verkon ja rakennuksen energiajärjestelmien välillä	Kyllä	Kyllä

Ulkolämpötilan mukaan ohjatun lämmöntuoton lämpötilatasossa on huomioitava, että standardin SFS-EN 15232-1:2017 vertailutason vaatimuksena on, että lämmöntuottolaitteen tuottaman lämmönsiirtoaineen (vesi) lämpötilaa tulee ohjata ulkolämpötilan mukaan kompensoituna. Suomessa kattiloiden lämpötilataso määräytyy pääasiassa sen mukaan, että lämpimän käyttöveden lämpötila pystytään eri käyttöolosuhteissa pitämään riittävän korkeana. Kattilaveden lämpötilataso on yleensä vakio.

Tuloilman, huoneilman tai poistoilman kosteuden ohjaus tai säätö on suhteellisen vierasta Suomessa. Ilmankosteus pysyy valtaosan ajasta niin matalana, ettei rajoittamiseen ole tarvetta. Jäähdytysjärjestelmien yleistyessä laajemmin ilmankosteuden ohjaus saattaa tulla tarpeelliseksi. Kosteuden ohjaus ja säätö tulee ottaa huomioon rakennuksen automaation tehokkuusluokkaa arvioitaessa vain, mikäli kosteudenhallinta on tarpeellista sisäilmaston tai jäähdytyksen toimivuuden vuoksi.

Standardin SFS-EN 15232-1:2017 vertailutason vaatimuksena on, että asuinrakennuksissa lämmitystä ohjataan aikatauluohjauksella ja että muissa kuin asuinrakennuksissa lämmitystä ohjataan käynnistysajan optimoivalla ohjaustavalla. Suomessa asuinrakennuksissa aikatauluohjausta ei yleensä käytetä ja ei-asuinrakennuksissa lämmityksen käynnistysajan optimointia ei yleensä käytetä.

Lisäksi standardista SFS-EN 15232-1:2017 puuttuvat rakennuksen ulkopuoliset energiaa kuluttavat laitteet ja niitä ohjaavien automaatiotoimintojen kokonaisuus, joilla on vaikutusta rakennuksen energiankulutukseen. Näiden osalta ei tässä selvityksessä ole annettu mitään suosituksia tai ehdotuksia. Tällaisia laitteita ovat muun muassa autolataus- ja lämmityspistokkeet, pihojen ja ajoreittien sulanapitolämmitykset sekä rakenteiden ja talotekniikan sulanapitolämmitykset (esim. rännien ja räystäiden sulanapitolämmitys). Yleensä nämä ovat sähköllä toimivia ja tulee huomioida osana kokonaisuutta.

Taulukko L3.2. Edistyksellinen taso.

	Toiminto	Asuinrakennus	Ei-asuinrakennus	
A. LÄMMITYKSEN OHJAUS				
1	Lämmönluovutuksen ohjaus			
	1	Huonekohtainen säätö termostaattiventtiileillä tai sähköisellä säätimellä	Kyllä	Kyllä
	2	Huonekohtainen säätö kommunikoi automaation ja ohjausjärjestelmän kanssa	Kyllä	Kyllä
2	Jakeluverkon meno- tai paluuv veden lämpötilan säätö			
	1	Ulkolämpötilan mukaan kompensoitu lämpötilan asetusarvo	Kyllä	Kyllä
3	Lämmöntuottolaitteen ohjaus			
	1	Ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämmöntuoton lämpötilataso	Kyllä	Kyllä
	2	Kehittynyt automaattinen keskitetty ohjaus	Kyllä	Kyllä
4	Lämmöntuottolaitteen ohjaus (ulkoyksikkö)			

	1	Lämmöntuottolaitteen monivaiheinen säätö	Kyllä	Kyllä
5	Kattilaveden lämpötilataso			
	1	Lämpötaso vakio	Kyllä	Kyllä
	2	Lämpimän käyttöveden lämpötila pystytään eri käyttöolosuhteissa pitämään riittävän korkeana	Kyllä	Kyllä
6	Lämmöntuottolaitteiden vuorottelu			
	1	Vuorottelu perustuu lämmityskuormaan (tehontarpeeseen)	Kyllä	Kyllä
	2	Ohjaus dynaamisen prioriteetti luettelon mukaan (perustuen nykyiseen tehokkuuteen ja lämmöntuottolaitteen kapasiteettiin)	Kyllä	Kyllä
B. LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN OHJAUS				
1	Kiertovesipumppujen ohjaus			
	1	Päälle/pois ohjaus	Kyllä	
	2	Kierros-lukuohjattu vakiopaineinen säätö		Kyllä
	3	Monivaiheinen ohjaus	Kyllä	Kyllä
C. JÄÄHDYTYKSEN OHJAUS				
1	Lämmönluovutuksen ohjaus			
	1	Huonekohtainen säätö termostaattiventtiileillä tai sähköisellä säätimellä	Kyllä	Kyllä
	2	Huonekohtainen säätö automaation ja ohjausjärjestelmän avulla	Kyllä	Kyllä
2	Jäähdytysverkoston meno- tai paluuv veden lämpötilan ohjaus			
	1	Ulkolämpötilan mukaan kompensoitu lämpötilan asetusarvo	Kyllä	Kyllä
3	Jäähdytyksen (jakelu tai lämmönluovutuksen) aikatauluohjaus			
	1	Automaattinen aikatauluohjaus optimaalisilla aloitus- ja lopetusajoilla	Kyllä	Kyllä
4	Lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikaisen käytön estäminen			
	1	Osittainen estäminen: Mahdollisuus jäähdytyksen ja lämmityksen samanaikaiseen käyttöön minimoitu asetusarvojen asettelu kautta.	Kyllä	Kyllä
5	Jäähdytyskoneikon ohjaus			
	1	Ulkolämpötilan mukaan ohjattu lämpötilataso	Kyllä	Kyllä
6	Jäähdytyskoneikon vuorottelukäyttö			
	1	Järjestys ainoastaan kuormien perusteella	Kyllä	Kyllä
	2	Tuottolaitteen tehokkuuteen ja ominaisuuksiin perustuvat järjestykset	Kyllä	Kyllä
D. ILMANVAIHDON JA ILMASTOINNIN OHJAUS				
1	Huoneen ilmavirran ohjaus			
	1	Aikaohjaus. Suomessa käytäntönä on ollut ohjata ilmavirtoja ilmastointikoneen avulla. Ilmavirran ohjaus toteutuu kokonaisuutena.	(Kyllä)	(Kyllä)
2	Ilmakäsittelykoneen ilmavirran ohjaus			
	1	Päälle/pois, aikaohjattu	Kyllä	Kyllä
3	Lämmönsiirtimen huurteen esto/sulatus			
	1	Huurteenesto/sulatustoiminto	Kyllä	Kyllä
4	Lämmöntalteenoton rajoitus (ohitus jäähdytystilanteessa)			
	1	Lämmöntalteenottoa rajoitetaan automaattisesti	Kyllä	Kyllä

5	Jäätymissuojaus		
1	Ilmastointikoneiden pattereiden jäätymissuojaus toimii asteittain	Kyllä	Kyllä
6	Ulkoilman käyttö jäähdytykseen		
1	Yöjäähdytystoiminto	Kyllä	Kyllä
2	Sekä ulkoilman että kierrätysilman määrä moduloidaan koko ajan, jotta mekaanisen jäähdytyksen määrä vähenee. Laskenta suoritetaan lämpötilojen perusteella	Kyllä	Kyllä
7	Tuloilman lämpötilan säätö		
1	Muuttuva asetusarvo ulkolämpötilan kompensoinnilla	Kyllä	Kyllä
8	Kosteuden hallinta		
1	Tuloilman kosteuden rajoitus (kastepisteen ohjaus)	Kyllä **)	Kyllä**)
2	Suora kosteuden säätö	Kyllä	Kyllä
E. VALAISTUKSEN OHJAUS			
1	Läsnäolon mukaan ohjattu valaistus		
1	Manuaalinen päällä/pois-kytkin	Kyllä	
2	Manuaalinen päällä/pois-kytkin + automaattinen sammutus viiveen jälkeen		Kyllä
3	Automaattinen tunnistus	Kyllä	Kyllä
2	Ohjaus päivänvalon mukaan		
1	Ei automaattista säätöä	Kyllä	Kyllä
2	Automaattinen kytkentä	Kyllä	Kyllä
F. KAIHDINOHJAUS			
1	Moottoritoiminen automaattisäätö	Kyllä	Kyllä
G. TEKNINEN KODIN- JA KIINTEISTÖNHALLINTA			
1	Asetusarvon hallinta		
1	Sovitus keskitetysti automaatio- ja ohjaustoiminnoilla	Kyllä	Kyllä
2	Koti- ja kiinteistöjärjestelmien vikailmaisien ja tuki näiden vikojen diagnostiikalle		
1	Tunnistettujen häiriöiden ja hälytysten keskitetty indikointi	Kyllä	Kyllä
3	Energiankulutuksen ja sisäolosuhteiden raportointi		
1	Trenditoiminnot ja kulutuksen määrittäminen (eriteltynä lämmitys, käyttövesi, ilmanvaihto, jäähdytys, sähkö jne.)	Kyllä	Kyllä
4	Smart Grid indikointi		
1	Rakennuksen energiajärjestelmiä hallitaan ja käytetään verkon kuormituksen mukaan, kysyntäpuolen hallintaa käytetään kuorman mukaan. Rakennuksen automaatiolla ohjataan rakennuksen kulutuskohteita tarpeen mukaan	Kyllä	Kyllä

Vapaajäähdytykseen ja tuloilman kosteudenhallintaan standardissa SFS-EN 15232-1:2017 esitetään vertailutasolla yöjäähdytyksen käyttämistä ja tuloilman kosteuden rajoitusta. Nämä eivät ole Suomessa yleisesti käytössä asuinrakennuksissa, mutta mikäli käytetään koneellista jäähdytystä, ne voidaan vaatia jo teknisen toimivuudenkin kannalta.

Taulukko L3.3. Tehokkuustaso.

	Toiminto	Asuinrakennus	Ei-asuinrakennus
A. LÄMMITYKSEN OHJAUS			
1	Lämmönluovutuksen ohjaus		
1	Huonekohtainen säätö, jossa viestintä- ja käyttötarkoituksen havaitseminen ohjainyksikön ja automaatio- ja ohjausjärjestelmän välillä (ei sovelleta hitaasti reagoiviin lämmönluovutusjärjestelmiin, esim. lattialämmitys)	Kyllä	Kyllä
2	Jakeluverkon meno- tai paluuveden lämpötilan säätö		
1	Kysyntälähtöinen ohjaus	Kyllä	Kyllä
3	Lämmöntuottolaitteen ohjaus		
1	Muuttuva lämpötilan säätö kuormituksesta riippuen	Kyllä	Kyllä
4	Lämmöntuottolaitteen ohjaus (ulkoyksikkö)		
1	Lämmöntuottolaitteen kapasiteetin muuttuva säätö kuormituksesta tai kysynnästä riippuen	Kyllä	Kyllä
5	Kattilaveden lämpötilataso		
1	Lämpötaso vakio	Kyllä	Kyllä
2	Lämpimän käyttöveden lämpötila pystytään eri käyttöolosuhteissa pitämään riittävän korkeana	Kyllä	Kyllä
6	Lämmöntuottolaitteiden vuorottelu		
1	Ohjaus dynaamisen järjestysluettelon mukaan (perustuu ennustettuun ja nykyiseen kuormitukseen, tuottolaitteiden tehokkuuteen ja kapasiteettiin)	Kyllä	Kyllä
B. LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN OHJAUS			
1	Kiertovesipumppujen ohjaus		
1	Kierroslukuohjattu vakiopaineinen säätö	Kyllä	Kyllä
3	Kierroslukuohjattu pumpun säätö (ulkoisen kysynnän signaali)	Kyllä	Kyllä
C. JÄÄHDYTYKSEN OHJAUS			
1	Lämmönluovutuksen ohjaus		
1	Kehittynyt keskitetty automaattiohjaus, jaksottainen käyttö ja/tai huonelämpötilan takaisinkytkennän säätö	Kyllä	Kyllä
2	Jäähdytysverkoston meno- tai paluuveden lämpötilan ohjaus		
1	Kysyntälähtöinen ohjaus (sisäilmankosteuden mukaan toimiva rajoitus kastepiste).	Kyllä	Kyllä
3	Jäähdytyksen (jakelu tai lämmönluovutuksen) aikatauluohjaus		
1	Automaattinen säätö optimaalisella käynnistyksellä/pysäytyksellä	Kyllä	Kyllä
4	Lämmityksen ja jäähdytyksen samanaikaisen käytön estäminen		
1	Täydellinen estäminen	Kyllä	Kyllä
5	Jäähdytyskoneikon ohjaus		
1	Huonekohtainen valvonta kommunikointi- ja	Kyllä	Kyllä

		läsnäolotiedolla (ei sovelleta hitaasti reagoiviin jäähdytysjärjestelmiin, esim. lattijäähdytykseen)		
6	Jäähdytyskoneikon vuorottelukäyttö			
	1	Kuorma ennustusohjaisella vuorottelulla (vuoro perustuu esim. lämpökertoimen (COP) ja laitteessa käytettävään tehoon sekä ennustuksen mukaiseen tehoon)	Kyllä	Kyllä
D. ILMANVAIHDON JA ILMASTOINNIN OHJAUS				
1	Huoneen ilmvirran ohjaus			
	1	Läsnäolotunnistus	Kyllä	Kyllä
2	Ilmakäsittelykoneen ilmvirran ohjaus			
	1	Tarpeenmukainen ohjaus	Kyllä	Kyllä
3	Lämmönsiirtimen huurteen esto/sulatus			
	1	Huurteenesto/sulatustoiminto	Kyllä	Kyllä
4	Lämmöntalteenoton rajoitus (ohitus jäähdytystilanteessa)			
	1	Lämmöntalteenottoa rajoitetaan automaattisesti	Kyllä	Kyllä
5	Jäätymissuojaus			
	1	Ilmastointikoneiden pattereiden jäätymissuojaus toimii asteittain	Kyllä	Kyllä
6	Ulkoilman käyttö jäähdytykseen			
	1	Ulkoilman ja kierrätysilman määrä moduloidaan kaikkien aikajaksojen aikana mekaanisen jäähdytyksen määrän minimoimiseksi. Laskenta suoritetaan lämpötilojen ja kosteuden perusteella	Kyllä	Kyllä
7	Tuloilman lämpötilan säätö			
	1	Muuttuva asetusarvo kuormituksesta riippuvalla kompensoinnilla	Kyllä	Kyllä
8	Kosteuden hallinta			
	1	Suora kosteuden säätö	Kyllä	Kyllä
E. VALAISTUKSEN OHJAUS				
1	Läsnäolon mukaan ohjattu valaistus			
	1	Automaattinen tunnistus (käsi käyttöisesti päälle tai automaattisesti käyttövalmiuden tunnistimen avulla)	Kyllä	Kyllä
2	Ohjaus päivänvalon mukaan			
	2	Automaattinen himmennys	Kyllä	Kyllä
F. KAIHDINOHJAUS				
	1	Yhdistetty valaistus/kaihdin/LVI-ohjaus	Kyllä	Kyllä
G. TEKNINEN KODIN- JA KIINTEISTÖNHALLINTA				
1	Asetusarvon hallinta			
	1	Sovitus keskitetysti automaatio- ja ohjaustoiminnoilla	Kyllä	Kyllä
2	Koti- ja kiinteistöjärjestelmien vikailmaisien ja tuki näiden vikojen diagnostiikalle			
	1	Vikojen ja hälytysten indikointi keskitetysti, mukaan lukien diagnosointitoiminnot	Kyllä	Kyllä
3	Energiankulutuksen ja sisäolosuhteiden raportointi			

	1	Trenditoiminnot ja kulutuksen määrittäminen	Kyllä	Kyllä
4	Hukkalämmön talteenotto ja lämmönsiirto			
	1	Hukkalämmön tai lämmönsiirron hallittu käyttö (sisältäen latauksen/purkamisen lämpöenergiavarastoon)		
5	Smart Grid indikointi			
	1	Rakennuksen energiajärjestelmiä hallitaan ja käytetään verkon kuormituksen mukaan; kysyntäpuolen hallintaa käytetään kuorman muutokseen	Kyllä	Kyllä

Automaation energiatehokkuustasojen soveltamisessa voi syntyä tulkinnallinen ongelma, joka liittyy siihen onko jollain automaatiotoiminnolla todellista merkitystä energiankulutuksen kannalta. Esimerkkinä voidaan mainita luonnonvalon mukaan ohjattava valaistus, joka on tehokkuustason vaatimuksena rakennuksen automaatiolle. Tiloissa, joissa päivänvalolla ei ole vaikutusta, ei päivänvalon huomioon ottavalla automaatiotoiminnolla ole käytännön merkitystä. Ratkaisu edelliseen esimerkkiin voisi olla, että selvissä tapauksissa automaatiotoiminnon tehokkuusluokka arvioidaan siten, että ensin harkitaan, mikä on tilan tavoitetason kannalta tarvittava automaatiotoiminto ja vasta sen jälkeen harkitaan, mihin luokkaan toiminto kuuluu. Tarvittavan tason toteuttavan toiminnon ei katsota heikentävän rakennuksen automaation tehokkuusluokkaa. Epäselvissä tapauksissa voidaan käyttää standardin esittämää yksityiskohtaista menetelmää.

Automaation energiatehokkuuden vaikutuksen määrittelymenetelmät

Standardissa SFS-EN 15232-1:2017 on esitetty arviointi automaation vaikutuksesta energiatehokkuuteen kahdella eri tavalla, kerroinmenetelmällä ja yksityiskohtaisella menetelmällä. Yksityiskohtainen menetelmä perustuu simuloituihin kertoimiin ja laskennassa rakennus järjestelmineen ja automaatio kuvataan yksityiskohtaisesti. Yksityiskohtaisen menetelmän kautta voidaan paremmin esittää automaation tuomat hyödyt.

Kerroinmenetelmä soveltuu vaikutuksen arviointiin rakennuksen suunnitteluvaiheessa, jolloin kaikki yksityiskohtaiset tiedot eivät vielä ole täysin tiedossa. Kertoimien määräytymiseen on kriteerit, jotka voidaan ryhmitellä rakennuksen automaation tehokkuusluokkien avulla. Menetelmä on yksinkertaisempi, kuin yksityiskohtainen menetelmä ja tämän vuoksi nopeampi soveltaa. Myös kerroinmenetelmä perustuu välillisesti simulointiin, sillä erityyppisten rakennusten kertoimet on laskettu simuloimalla tyypillisiä rakennuksia ja niiden käyttötapoja. Kullakin tehokkuusluokalla on takana tietty lista vaatimuksia rakennuksen automaatiosta. Ilmastollisten tekijöiden vaikutus tehokkuuskertoimiin on oletettu merkityksettömäksi. Kerroinmenetelmän käyttämät tehokkuuskertoimet on muodostettu eri rakennustyypeille. Kullekin rakennustypille on oletettu laskennallista tarkastelua varten tyypillinen käyttöprofiili, joka koostuu rakennustyyppin käyttöajoista ja ihmisten ja heidän käyttämiensä laitteiden aiheuttamista lämpökuormista.

Yksinkertaistuksista johtuen kerroinmenetelmää joudutaan käytännössä välttämättä soveltamaan ja tulkitsemaan. Muun muassa seuraavat asiat vaikuttavat soveltamiseen ja ne on ratkaistava soveltamisen yhteydessä:

- kerroinmenetelmän kaikkia järjestelmiä ei välttämättä ole käytössä kaikissa kohteissa (esimerkiksi jäähdytysjärjestelmä)
- kaikkia käytössä olevia ratkaisuja ei välttämättä ole mukana standardissa (esimerkiksi lämpimän käyttöveden lämpötila on Suomessa oltava vähintään 55 astetta)
- samaa tilaa ja toimintaa rakennuksessa saattaa palvella useampi kuin yksi järjestelmä (esimerkiksi radiaattorilämmitys ja ilmalämpöpumppu)

- toisarvoisten tilojen automaation energiatehokkuus (esimerkiksi varastot ja tekniset tilat)
- talotekniikan tavoitetason toteuttaminen on tärkeämpää kuin tehokkuusluokan saavuttaminen (esimerkiksi kellarikäytävässä luonnonvalon mukaan ohjautuva valaistus ei ole tarpeen, jos luonnonvaloa ei ole saatavilla)

Yksityiskohtaista menetelmää voidaan soveltaa kohteessa, mikäli lähtötiedot ovat kattavasti tiedossa. Tässä liitteessä keskitytään niihin seikkoihin, joita vertailutaso (normitaso) sisältää, eli kaikissa rakennuksissa automaatiojärjestelmää asennettaessa, vaihdettaessa tai päivitetessä järjestelmää normitaso täyttää vähintään vaaditun automaatiovelvoitteen.

Laskenta etenee kolmessa vaiheessa siten, että

1. Ensin lasketaan rakennuksen energiakulutus jollakin soveltuvalla menetelmällä. Suomessa huomioiden Ympäristöministeriön asetus 1010/2017 uuden rakennuksen energiatehokkuudesta
2. Seuraavaksi arvioidaan, millä tavalla tarkasteltavan rakennuksen automaation tehokkuusluokka poikkeaa siitä, miksi se oli oletettu energiakulutuksen laskennan yhteydessä. Suomessa käytettävässä rakennuksen energiakulutuksen laskentaohjeessa (RakMk: Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehon tarpeen laskenta, ohjeet, 2018) on taustaoletuksena, että rakennuksissa on tavanomainen rakennuksen automaation toteuttamistapa, normitaso (standardin määrittelyillä luokka C).
3. Lopuksi ensimmäisessä vaiheessa laskettu energiakulutuksen arvo korjataan kertoimia soveltaen sillä vaikutuksella, joka rakennuksen automaation vertailutasoa paremmalla tai huonommalla toteutuksella on rakennuksen energiakulutukseen.

Lämpökuormien minimoimisessa automaatiolla on oma roolinsa. Esimerkiksi yhdistetyn dynaamisen säädön avulla voidaan hallita energiakäytön huippukuormaa ja vähentää rakennuksen kokonaisenergiatarvetta (kuten lämmitys, jäädytys, ilmanvaihto, terminen massa ja valaistus). Valaistuksen ohjauksella on suora vaikutus ylimääräisiin lämpökuormiin. Keinovalaistuksen tarpeen osittainen korvaaminen päivänvalolla vähentää valaistuksen energiakulutusta. Läsnaolotiedoilla ja toiminta-aikojen määrittelyillä voidaan energian käyttöä vähentää.

Taulukko L3.4. Lämpöenergian (lämpö, LKV ja jäädytys) ja sähköenergian tehokkuuskertoimet – ei asuinrakennukset.

Luokka	Lämpöenergian hyötysuhdekerroin				Sähköenergian hyötysuhdekerroin			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Hotellit	0.68	0.85	1	1.31	0.90	0.95	1	1.07
Koulu	0.80	0.88	1	1.20	0.86	0.93	1	1.07
Luentosalit	0.50	0.75	1	1.24	0.89	0.94	1	1.06
Ravintolat	0.68	0.77	1	1.23	0.92	0.96	1	1.04
Sairaala	0.86	0.91	1	1.31	0.96	0.98	1	1.05
Toimisto	0.70	0.80	1	1.51	0.87	0.93	1	1.10
Liikerakennus	0.60	0.73	1	1.56	0.91	0.95	1	1.08

Taulukko L3.5. Lämpöenergian (lämpö, LKV ja jäähdytys) ja sähköenergian tehokkuuskertoimet – asuinrakennukset.

Luokka	Lämpöenergian hyötysuhdekerroin				Sähköenergian hyötysuhdekerroin			
	A	B	C	D	A	B	C	D
Asuinrakennukset	0.81	0.88	1	1.10	0.92	0.93	1	1.08

Esimerkiksi, jos rakennuksen automaatioaste nostetaan luokasta C luokkaan B, säästetään toimistorakennuksen sähköenergiassa 7 % (tehokkuuskerroin 0.93). Tässä tapauksessa, jos oletetaan että vuotuisen sähköenergian kustannukset luokan C automaatiotoiminnoilla on 20 000 €, säästetään vuositasolla 1400 € (20 000 € x kerroin).

Taulukko L3.6. Lämmityksen ja jäähdytyksen tehokkuuskertoimet – ei asuinrakennukset.

Luokka		A	B	C	D
Hotellit	Lämmitys	0.61	0.85	1	1.17
	Jäähdytys	0.76	0.79	1	1.76
Koulu	Lämmitys	0.80	0.88	1	1.20
	Jäähdytys	-	-	1	-
Luentosalit	Lämmitys	0.3 ^a	0.73	1	1.44
	Jäähdytys	0.64	0.94	1	1.57
Ravintolat	Lämmitys	0.69	0.76	1	1.21
	Jäähdytys	0.60	0.94	1	1.39
Sairaala	Lämmitys	0.86	0.91	1	1.31
	Jäähdytys	-	-	1	-
Toimisto	Lämmitys	0.70	0.79	1	1.44
	Jäähdytys	0.57	0.80	1	1.57
Liikerakennus	Lämmitys	0.55	0.71	1	1.56
	Jäähdytys	0.46 ^a	0.85	1	1.59

^a kertoimen arvo riippuu suuresti ilmanvaihdon lämmitys-/jäähdytystarpeesta.

Taulukko L3.7. Lämmityksen ja jäähdytyksen tehokkuuskertoimet – asuinrakennukset.

Luokka		A	B	C	D
Asuinrakennukset	Lämmitys	0.81	0.88	1	1.09
	Jäähdytys	-	-	-	-

Taulukossa L3.8ei-asuinrakennustyypeille yksityiskohtaiset rakennuksen automaation tehokkuuskertoimet valaistuksessa ja lisäenergiassa, jossa otetaan huomioon erilaiset rakennuksen automaation vaikutukset sähkön energiatehokkuuteen valaistuksessa ja laitesähköenergiassa.

Taulukko L3.8. Sähkö ja valaistus sekä sähkö ja lisäenergia tehokkuuskertoimet – ei asuinrakennukset.

Luokka		A	B	C	D
Hotellit	Sähkö ja valaistus	0,76	0,88	1	1,1
	Sähkö ja laitesähköenergia	0,78	0,89	1	1,12
Koulu	Sähkö ja valaistus	0,76	0,88	1	1,1
	Sähkö ja laitesähköenergia	0,74	0,87	1	1,12
Luentosalit	Sähkö ja valaistus	0,76	0,88	1	1,1
	Sähkö ja laitesähköenergia	0,78	0,88	1	1,11
Ravintolat	Sähkö ja valaistus	1	1	1	1,1
	Sähkö ja laitesähköenergia	0,92	0,96	1	1,09
Sairaala	Sähkö ja valaistus	1	1	1	1,2
	Sähkö ja laitesähköenergia	0,96	0,98	1	1,1
Toimisto	Sähkö ja valaistus	0,72	0,85	1	1,1
	Sähkö ja laitesähköenergia	0,72	0,86	1	1,15
Liikerakennus	Sähkö ja valaistus	1	1	1	1,1
	Sähkö ja laitesähköenergia	0,91	0,95	1	1,13

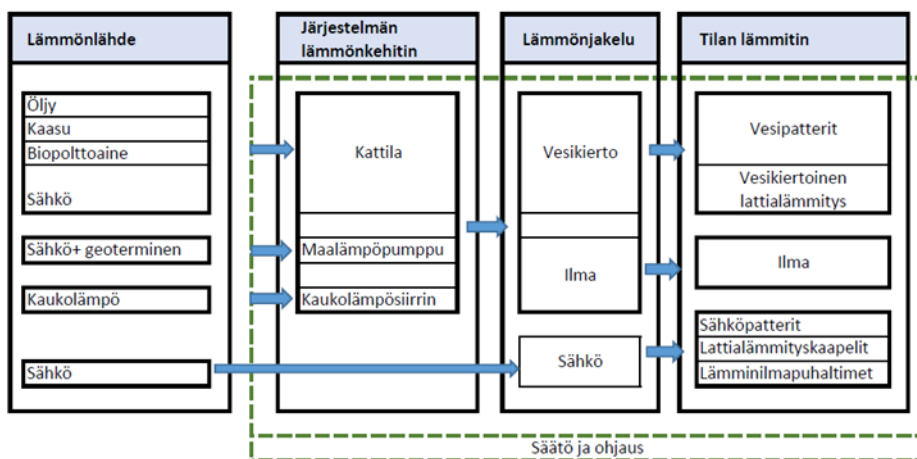
Liite 4. Tarkastusmenettelyyn piiriin kuuluvat järjestelmät

Tarkastuksen piiriin kuuluvat järjestelmät

Direktiivimuutoksessa artiklassa 2(15a) määritelty 'lämmitysjärjestelmä' on merkittävämpi laajempi kokonaisuus kuin rakennusten energiatehokkuusdirektiivin 2010/31/EU tarkastusvelvoitteen alla olevat lämmityskattilat. Tarkastuksiin liittyvät tehtävät ovat siis merkittävästi laajemmat ja useaan eri talotekniikan osa-alueeseen liittyviä.

Lämmitysjärjestelmä (Kuvio L4.1) muodostuu lämmönlähteestä (esim. erilaiset polttoaineet, maalämpö, sähkö, kaukolämpö), lämmönkehitysyksiköstä (esim. polttoainekattila polttimiseen, sähkökattila, maalämpöpumppu, lämmönsiirrin, lämmöntalteenotto-laite), siirtoverkostosta (esim. putkistot, kanavistot) ja lämmönluovuttimista (esim. patterit, lattialämmitysputket ja muut lämmönluovuttimet) sekä näiden viisaasti ohjatusta yhteistoiminnasta suhteessa tilojen lämmitystarpeeseen. Lämmitysjärjestelmä tai sen osa voi siten olla myös integroituna tilojen ilmanvaihtoon (ns. ilmalämmitys), jolloin lämmönluovuttimina toimivat ilmanvaihdon pääte-elimet (Kuvio L4.2). Sähkölämmitysjärjestelmissä huonekohtaisten lämmönluovuttimien (esim. sähköpatterit, lattialämmityskaapelit, puhaltimet) lisäksi on yleensä tilakohtaiset termostaatit sekä mahdolliset ohjauksykennät sähkökeskuksissa.

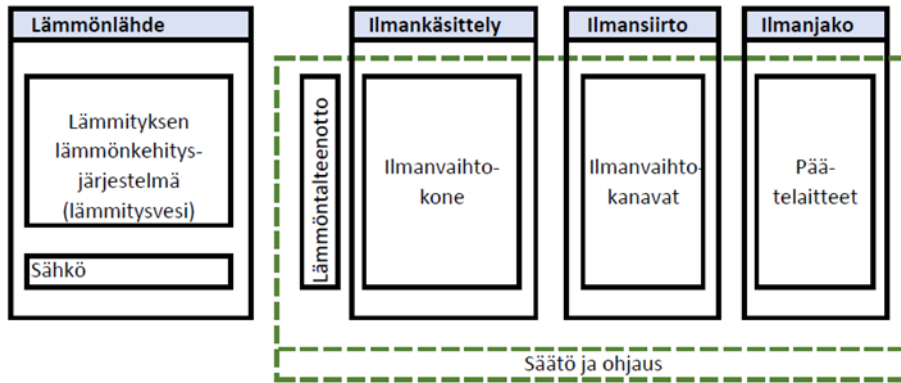
Kuvio L4. 1. Tyypilliset lämmitysjärjestelmän osat.



'Ilmanvaihtojärjestelmän' määritelmä direktiivin 2010/31/EU mukaan tarkoitetaan sisäilman käsittelyn edellyttämien osatekijöiden yhdistelmää, jolla lämpötilaa säädellään tai voidaan alentaa.

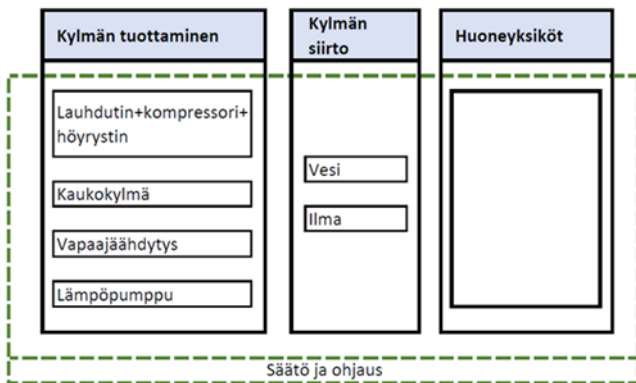
Ilmastointijärjestelmä -termillä tarkoitetaan kuitenkin Suomessa yleisesti järjestelmää, jolla pystytään hallitsemaan sisäilman olosuhteita. Suomessa ilmapuhaltajajärjestelmissä on jo määräysten kautta mukana lämmöntalteenottovelvoite. Nämä siis kuuluvat artiklan 14 määrittelyyn alle: yhdistetty lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmä (Kuvio L4.2).

Kuvio L4. 2. Tyypilliset ilmanvaihtojärjestelmän (ns. ilmalämmitys) osat. Mikäli ilmanvaihtokoneessa on myös jäähdytysosa, kyseessä on ilmastointijärjestelmä.



Direktiivimuutoksessa artikkelin 15 tarkastusten osalta kohdistuu ainoastaan niihin tilojen ilmanvaihdon ilmankäsittelyjärjestelmiin, joissa mukana on myös jäähdytystä (Kuvio L4.2 kuvateksti). Tällainen em. ilmastointijärjestelmä koostuu tyypillisesti lämmönkehityksen lisäksi jäähdytysenergian tuottoyksiköstä (esim. suorat tai välilliset kompressori – ja lämpöpumppujäähdytyskoneikot, kaukokylmä, vapaajäähdytys), ilmankäsittely-yksiköstä jäähdytysosineen (esim. tuloilmakoneen jäähdytyspatteri), siirtoverkostosta (esim. kanavistot, putket) ja huonepääte-elimistä sekä näiden viisaasti ohjatusta yhteistoiminnasta suhteessa tilojen jäähdytystarpeeseen. Tilojen jäähdytystarve voidaan toteuttaa myös erillisillä (Kuvio L4.3), ilmanvaihdosta erillään olevilla huoneyksiköillä (esim. puhallinkonvektorit, aktiivi- ja passiivipalkit), jotka tarvitsevat jäähdytysenergian tuottoyksikön (esim. suorat tai välilliset kompressori – ja lämpöpumppujäähdytyskoneikot, kaukokylmä, vapaajäähdytys) ja siirtoverkoston ja joiden toiminta ohjautuu joko kiinteänä osana ilmastoinnin ohjausjärjestelmää tai erillisillä huonesäätimillä tai termostaateilla.

Kuvio L4. 3: Tyypilliset ilmanvaihtokoneesta erillisen ilmastointijärjestelmän (sis. jäähdytystä).



Liite 5. Sanasto ja tulkinnat

Direktiivin 2018/844 määritelmät:

Rakennuksen teknisillä järjestelmillä (Technical Building System; TBS) tarkoitetaan teknisiä laitteita, joita käytetään rakennuksen tai rakennuksen osan tilojen lämmitykseen, tilojen jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, käyttöveden lämmitykseen, kiinteään valaistukseen, rakennuksen järjestelmien automaatioon ja ohjaukseen, paikalla tapahtuvaan sähköntuotantoon tai näiden yhdistelmään, mukaan luettuna ne järjestelmät, jotka käyttävät uusiutuvista lähteistä peräisin olevaa energiaa.

Rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmillä (Building Automation and Control Systems; BACS) tarkoitetaan järjestelmää, joka kattaa kaikki tuotteet, ohjelmistot ja tekniset palvelut, jotka voivat tukea rakennuksen teknisten järjestelmien energiatehokasta, taloudellista ja turvallista toimintaa automaattisen ohjauksen avulla sekä helpottamalla kyseisten rakennuksen teknisten järjestelmien manuaalista hallintaa

Lämmitysjärjestelmällä (heating system) tarkoitetaan sisäilman käsittelyn edellyttämien osatekijöiden yhdistelmää, jolla vähintään tilojen alin tavoitelämpötila saavutetaan

Lämmönkehittimellä (heat generator) tarkoitetaan lämmitysjärjestelmän osaa, joka tuottaa hyötylämpöä yhdellä tai useammalla seuraavista prosesseista:

- polttoaineiden poltto esimerkiksi lämmityskattilassa
- sähkövastuslämmitysjärjestelmän lämmityselementeissä tapahtuva Joule-ilmiö
- lämmön talteenotto ympäröivästä ilmasta, ilmanvaihdon poistoilmasta tai vesi- tai maalämpölähteestä lämpöpumppua käyttäen.

Erittäin pienellä erillisellä verkolla (micro isolated system) tarkoitetaan Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivin 2009/72/EY 2 artiklan 27 kohdassa määriteltyä erittäin pientä erillistä verkkoa.

Direktiivin 2010/31/EU määritelmät:

Rakennuksella (building) tarkoitetaan katettua seinällistä rakennetta, jonka sisäilmaston (ehdotus: sisäolosuhteiden) ylläpitämiseen käytetään energiaa.

Rakennuksen energiatehokkuudella (energy performance of a building) tarkoitetaan laskettua tai mitattua energiamäärää, joka tarvitaan rakennuksen tyypilliseen käyttöön liittyvän energiatarpeen täyttämiseen ja johon sisältyy muun muassa lämmitykseen, jäähdytykseen, ilmanvaihtoon, veden lämmitykseen ja valaistukseen käytetty energia.

Uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla (energy from renewable sources) tarkoitetaan uusiutuvista, muista kuin fossiilisista lähteistä peräisin olevaa energiaa eli tuuli- ja aurinkoenergiaa, ilmalämpöenergiaa, geotermistä energiaa, hydrotermistä energiaa ja valtamerienergiaa, vesivoimaa, biomassaa, kaatopaikoilla ja jätevedenpuhdistamossa syntyvää kaasua ja biokaasua;

Rakennuksen osalla (building unit) tarkoitetaan rakennuksessa olevaa osa- aluetta, kerrosta tai huoneistoa, joka on suunniteltu tai muunneltu käytettäväksi erillisenä

Eurooppalaisella standardilla (European standard) tarkoitetaan Euroopan standardointikomitean, Euroopan sähkötekniikan standardointikomitean tai Euroopan telealan standardointilaitoksen hyväksymää, julkiseen käyttöön saatettua standardia

Yhteistuotannolla (cogeneration) tarkoitetaan lämpöenergian sekä sähköenergian ja/tai mekaanisen energian samanaikaista tuottamista samassa prosessissa

Ilmastointijärjestelmällä (air-conditioning system) tarkoitetaan sisäilman käsittelyn edellyttämien osatekijöiden yhdistelmää, jolla tilan sisäilmaolosuhteita hallitaan.

Lämmityskattilalla (boiler) tarkoitetaan lämmityskattilan rungosta ja polttimesta muodostuvaa yksikköä, joka on suunniteltu siirtämään palamisessa vapautuva lämpö nesteisiin

Nimellisteholla (effective rated output) tarkoitetaan valmistajan vahvistamaa ja takaamaa suurinta mahdollista kilowatteina ilmaistua lämpötehoa, joka voidaan jatkuvassa käytössä tuottaa valmistajan ilmoittamalla hyötysuhteella.

Lämpöpumpulla (heat pump) tarkoitetaan konetta, laitetta tai järjestelmää, joka siirtää lämpöä luonnonympäristöstä, kuten ilmasta, vedestä tai maaperästä, rakennuksiin tai teollisuussovelluksiin kääntämällä lämmön luonnollisen virtauksen siten, että se virtaa alhaisemmasta lämpötilasta korkeampaan. Vaihtosuuntaiset lämpöpumput voivat myös siirtää lämpöä rakennuksesta luonnonympäristöön.

Kaukolämmityksellä (district heating) tai kaukojäähdytyksellä (district cooling) tarkoitetaan termisen energian jakelua höyryn, kuuman veden tai jäähdytetyn nesteen muodossa keskitetystä tuotantolähteestä verkoston välityksellä useisiin rakennuksiin tai kohteisiin käytettäväksi lämmitykseen tai jäähdytykseen sisätiloissa tai prosesseissa

Standardin SFS-EN 15232-1:2017 määritelmät

Laitesähköenergia (Auxiliary energy) on sähköenergia, jota talotekniset järjestelmät (lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto- ja/tai lämmin käyttövesi) käyttävät rakennukseen tulevien energiavirtojen muuntamiseen hyötyenergiaksi.

Rakennuksen automaatio ja ohjaus (Building Automation and Controls; BAC) on tuotteet, ohjelmistot ja palvelut automaattiseen ohjaukseen, prosessien säätöön, manuaaliohjaukseen, monitorointiin, ja rakennuksen hallintaan – talotekniikan tehokasta, taloudellista ja turvallista toimintaa varten.

Ohjaustoiminto (Control function). Vaikutetaan rakennuksen automaatioon ja ohjaukseen. Ohjaustoiminto on esimerkiksi laitteiden kytkemistä päälle ja pois.

Energiatehokkuus (Energy efficiency) Laskennallinen tai mitattu energiamuotojen kertoimilla painotettu hankittu nettoenergia, joka on kulutettu tai jonka arvioidaan täyttävän rakennuksen standardisoituun käyttöön liittyvät tarpeet. Käytön tarpeita voivat olla muun muassa lämmitys, jäähdytys, ilmanvaihto, lämmin käyttövesi ja valistus.

Integroitu toiminto (Integrated function) tarkoittaa yhteisten datapisteiden, parametrien, erilaisten rakennuspalvelujen ja -teknologioiden välisten suhteiden vaikutusta rakennuksen automaatioon ja ohjaukseen.

Talotekniikka (Technical Building System; TBS) on kiinteistön teknisten palveluiden, järjestelmien ja laitteiden kokonaisuus. Se tuottaa kiinteistössä ja sen tiloissa tapahtuville toiminnoille hallitut olosuhteet ja huolehtii käytön tarvitsemasta energian saannista ja tiedon välittämisestä. Talotekniikka voidaan teknologisesti jakaa LVI-talotekniikkaan ja sähköiseen talotekniikkaan, joka sisältää sähköenergiajärjestelmän lisäksi mm. valaistuksen, tietotekniset järjestelmät mukaan lukien kiinteistöautomaation.

ToVa-käsikirjan (2007) määritelmät:

Jatkuva toimivuuden varmistaminen [Continuous commissioning process]. Rakennuksen järjestelmien toimivuus edellyttää jatkuvia säännöllisiä tarkistus- ja varmistustoimia koko rakennuksen elinkaaren ajan.

Toimivuuden varmistaminen. (Cx ; Commissioning). Prosessi toimivuuden ja energiatehokkuuden varmistamiseksi. Toimivuuden varmistusprosessissa tarkistetaan tilaajan vaatimuksien ja käyttäjien tarpeiden kattavuus, rakennuksen järjestelmien toimivuus- ja energiatehokkuusvaatimukset, auditoidaan osapuolien ratkaisut ja toimenpiteet toimivuuden saavuttamiseksi ja todennetaan, että rakennus saavuttaa

asetetut energiatehokkuus- ja toimivuustavoitteet käytössä. x tarkoittaa toimivuuden varmistuksen päätyyppettä, uudisrakennushankkeessa, jatkuvana rakennuksen käytönaikana ja vanhassa rakennuksessa.

Muita määritelmiä:

Automaatio tarkoittaa itsetoimivaa, jossa toiminta tapahtuu ilman ihmisen ohjaavaa tai suorittavaa osuutta.

Kiinteistöautomaatio (Building Automation System; BAS) on kiinteistöjen käyttöön ja valvontaan liittyvä automaation kokonaiskäsite, joka voi sisältää useita rakennuksia ja rakennusten ulkopuolisia alueita ja niihin liittyviä automaatiotratkaisuja. Kiinteistöautomaation kuuluvat mm. LVI- ja jäähdytystoiminnot, sähkönjakelu, valaistus, kulunvalvonta, paloilmaisin ja muut vastaavat järjestelmät.

Kiinteistöautomaatiojärjestelmän lähtökohtana on ohjata, säätää ja valvoa sekä optimoida kiinteistön keskeisiä toimintoja. Se muodostaa kokonaisuuden, joka muodostuu tuotteista, ohjelmistoista sekä järjestelmien ja palveluiden kokonaisuudesta.

Laitesähköenergia (Auxiliary energy) on sähköenergia, jota talotekniset järjestelmät (lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto- ja/tai lämmin käyttövesi) käyttävät rakennukseen tulevien energiarvirtojen muuntamiseen hyötyenergiaksi.

Rakennuksen automaatio on niiden tuotteiden, ohjelmistojen, järjestelmien ja palveluiden kokonaisuus, jolla rakennuksessa käytettävä automaatio suunnitellaan toteutettavaksi tai on toteutettu jossakin rakennuksessa.

Rakennuksen automaatio- ja ohjausjärjestelmä (Building Automation and Control Systems; BACS) on se osa rakennuksen automaatiosta, joka toimii yhtenäisenä järjestelmänä talotekniikan käytössä. Sisältäen kaikki tuotteet, ohjelmistot ja palvelut automaattiseen säätöön (sisältäen lukitustoiminnot), monitorointiin, manuaaliohjaukseen ja rakennuksen hallintaan – talotekniikan tehokasta, taloudellista ja turvallista toimintaa varten.

Liite 6. Vaikutusten arviointi: Suurten ei-asuinrakennusten automaatiovelvoite

Vaikutusten arvioinnin piiriin kuuluvat rakennukset

Vuodesta 2021 eteenpäin kaikessa suurten, tehontarpeelta 290 kW ylittävien lämmitys ja/tai lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmien ei-asuinrakentamisessa asennetaan, vaihdetaan ja päivitetään tehokkuustason automaatiojärjestelmiä. Vanhoista järjestelmistä suurin osa ehditään päivittää tai vaihtaa tehokkuustason automaatiojärjestelmäksi vuoden 2025 loppuun mennessä ilman direktiivin ohjausta. Ainoastaan vuosina 2016–2020 vaihdettuja järjestelmiä ei ehditä päivittää/vaihtaa normaalin päivitys/vaihtosyklin mukaisesti tehokkuustasolle vuoden 2025 loppuun mennessä. Siten, direktiivin ohjausvaikutus kohdistuu näihin rakennuksiin nopeuttaen niiden automaatiojärjestelmien päivitys- ja vaihtosykliä.

Arvioinnin oletukset

- Vuosien 2016–2020 aikana rakennetuista uusista rakennuksista joko 30 prosenttiin tai 50 prosenttiin on asennettu tehokkuus -tason automaatio ja loppuihin edistyksellisen -tason automaatio. Vuoteen 2025 mennessä edistyksellinen automaatio - siis joko 70 prosentin tai 50 prosentin - on päivitettävä edistykselliseltä tasolta tehokkuus tasolle.
- Automaatiojärjestelmät päivitetään vuoteen 2025 mennessä
- Järjestelmäpäivityksillä oletetaan saavutettavan 10 prosentin säästö ostettavassa lämmitysenergiassa.
- Hiilidioksidipäästöjen vähennys lasketaan lämmitystapakohtaisesti seuraavilla päästökertoimilla: kaukolämpö 210 kg CO₂/MWh, öljy 263 kg CO₂/MWh, sähkö 164 kg CO₂/MWh, kaasu 198 kg CO₂/MWh ja BIO 0 kg CO₂/MWh.
- Asiantuntijahaastattelujen mukaan uuden julkisen rakennuksen automaationjärjestelmän kustannukset ovat vaihdelleet julkisissa rakennuksissa 25-50 €/m². Kohteen koko vaikuttaa kustannuksiin, koska sekä pienissä että suurissa järjestelmissä on sekä peruskustannuksia että tilojen ja järjestelmien määrästä riippuvia muuttuvia kustannuksia. Direktiivin vaatimuksen täyttäminen edellyttää ainoastaan edistyksellisen tason automaation päivittämisen tehokkuus -tason automaatioksi. Järjestelmät itsessään puolestaan vaikuttavat siihen, miten kustannustehokkaasti päivitys pystytään tekemään. Päivityskustannus on haarukoitu välille 5-10 €/m² oletuksella, että teknologian kehittymisen myötä myös automaatiojärjestelmien päivitys sujuu kustannustehokkaammin. Lisäkustannus järjestelmän etävalvontaan ja ohjaukseen 1200 €/a.
- Energian hintoina käytetään sekä 2021 että 2030 vuoden 2018 hintoja: kaukolämpö 5 snt/kWh, öljy 6 snt/kWh, 3 sähkö snt/kWh, 4 kaasu snt/kWh ja biopolttoaine 2 snt/kWh. Energia on hinnoiteltu ilman arvonlisäveroa.

Direktiivin vaatimus kohdistuu 1440–2015 rakennukseen, n. 40 % liike- ja liikenteenrakennuksia, n. 40 % julkisia rakennuksia ja n. 20 % toimistorakennuksia (Taulukko L6.1). Rakennusrekisterin mukaan rakennuksista 85 prosenttia on liitetty kaukolämpöön ja 10 prosentissa on öljylämmitys.

Rakennuksissa kuluu ostoenergiaa 1950-2700 GWh vuodessa. Automaatiovaatimuksen 10 prosentin energiasäästöoletuksen ansiosta energiaa säästettäisiin vuoteen 2025 mennessä 195-270 GWh ja päästöjä vähennettäisiin 40-55 000 tonnia hiilidioksidia (Taulukko L6.2). Laskettuna verottomilla energianhinnoilla, energiakustannukset laskevat yhteensä 9,2-12,9 miljoonaa euroa (Taulukko L6.3).

Taulukko L6.1. Tehokkaan automaation kohteena olevat rakennukset.

	50 % vaatii päivityksen	70 % vaatii päivityksen	Osuus
Liikerakennukset	487	682	34 %
Toimistorakennukset	309	432	21 %
Liikenteen rakennukset	93	130	6 %
Hoitoalan rakennukset	158	222	11 %
Kokoontumisrakennukset	106	148	7 %
Opetusrakennukset	287	402	20 %
Rakennuksia yhteensä, kpl	1440	2015	100 %

Taulukko L6.2. Nopeutetussa aikataulussa korjattavien ei-asuinrakennusten energiankulutus sekä vaatimuksella aikaan saatava energiansäästö ja päästövähennys.

	Energian kulutus GWh/a		Energiansäästö GWh/a		Päästövähennys t CO ₂ /a	
Kaukolämpö	1630	- 2280	163	- 228	34 000	- 48 000
Öljy	70	- 100	7	- 10	2 000	- 3 000
Sähkö	50	- 70	5	- 7	1 000	- 1 000
Kaasu	160	- 220	16	- 22	3 000	- 4 000
Bio	10	- 20	1	- 2	0	- 0
Maalämpö	10	- 20	1	- 2	0	- 0
Lämmitys yhteensä	1950	- 2700	195	- 270	40 000	- 55 000
Kiinteistösähkö	1500	- 2100	150	- 210	25 000	- 36 000

Esimerkkikohde: 7000 m²; 35 000 m³; kaukolämpö; ominaiskulutus 15 kWh/m³,a

Ostoenergian säästö: 53 400 kWh/a. Kustannussäästö: 2700 €/a.

Investoinnin lisäkustannus: 35 000-70 000 €. Investointi jaettuna 15 vuodelle: 2300-4600 €.

Ohjaus- ja valvonnan vuosimaksuun lisäkustannus: 1200 €/a.

Elinkaarikustannuslisä: 3500-5800 €/a (kustannussäästöä suuremmat).

Elinkaarikustannus tilavuutta kohti: 0,10-0,17 €/m³. Laajennus toimenpiteen kohteena olevaan rakennuskantaan (Taulukko L6.3). Nettosäästö tarkoittaa, että toimenpiteestä aiheutuvat säästöt ovat toimenpiteestä aiheutuvia kustannuksia suuremmat.

Taulukko L6.3. 2016-2020 rakennettujen ei-asuinrakennusten edistysellinen -tason automaation päivitys tehokkuus -tason automaatioksi 2025 mennessä.

	50 % vaatii päivityksen	70 % vaatii päivityksen
Toimenpiteen kohde m ³	50 000 000	70 000 000
Energiansäästö GWh	195	270
Päästövähennys t CO ₂	40 000	55 000
Säästö energiakustannuksissa €	9 200 000	12 900 000
Päivityskustannus 0,17 €/m ³	-8 500 000	-11 900 000
Nettosäästö €	700 000	1 000 000
Nettosäästö € / t CO₂	18	18
Päivityskustannus 0,10 €/m ³	-5 000 000	-7 000 000
Nettosäästö €	4 200 000	5 900 000
Nettosäästö € / t CO₂	105	105

Liite 7. Vaikutusten arviointi: Suurten asuinrakennusten automaatiovelvoite

Vaikutusten arvioinnin piiriin kuuluvat rakennukset

Suuren asuinrakennuksen raja on vähintään 20 asuntoa ja kerrosalaa 1500 neliometriä. Väestörekisterin ylläpitämän rakennus- ja huoneistorekisterin (RHR) mukaan vuoden 2017 lopussa oli 22 210 tämä määritelmän mukaista rakennusta (Taulukko L7.1). Rakennusten energiankulutuksen perusskenaarion³⁹ rakennusten ominaiskulutusten (kWh/m³) ja eri lämmitystapojen hyötysuhteiden perusteella suuret asuinrakennukset käyttävät ostoenergiaa 9750 GWh vuodessa (taulukko L7.2). Rekisterin mukaan suurin osa rakennuksista on liitetty kaukolämpöön.

Taulukko L7.1. Suuret asuinrakennukset, joissa enemmän kuin 20 asuntoa vuoden 2017 lopussa.

	Lukumäärä rak-kpl	Kerrosala m ²
Suuret rivi- ja ketjutalot	26	52 000
Suuret kerrostalot	22 184	62 336 000
Yhteensä vaatimusten kohteena	22 210	62 388 000
Kaikki rivi- ja ketjutalot	81 000	34 166 000
Vaatimusten kohteet kaikista rivi- ja ketjutaloista	0,03 %	0,15 %
Kaikki kerrostalot	61 000	99 145 000
Vaatimusten kohteet kaikista kerrostaloista	36 %	63 %

Taulukko L7.2. Suurten asuinrakennusten ostoenergian kulutus ja hiilidioksidipäästöt vuosittain.

	Ostoenergian kulutus 2017		Hiilidioksidipäästöt 2017	
	GWh/a	Osuus	1000 t CO ₂	Osuus
Kaukolämpö	9 010	92 %	1890	92 %
Öljy	530	5 %	140	7 %
Sähkö	180	2 %	30	1 %
Kaasu	10	0,1 %	2	0,1 %
Bio	1	0,01 %	0	-
Maalämpö	20	0,2 %	3	0,1 %
Yhteensä	9 750	100 %	2065	100 %

Asuinrakennusten korjaustarpeen -ennakointimallin⁴⁰ mukaan rakennuskannan lämmitysjärjestelmistä korjataan kolme prosenttia vuosittain. Asuntotuotantotarpeen ennusteen⁴¹ perusteella arvioituna uusia suuria asuinrakennuksia tullaan rakentamaan keskimäärin 270 vuosittain. 97 prosenttia uusista suurista rakennuksista liitetään kaukolämpöön (ostoenergian kulutus 25 kWh/m³) ja kolmeen prosenttiin asennetaan maalämpö (ostoenergiankulutus 8 kWh/m³).

³⁹ Mattinen, M., Heljo, J. & Savolahti, M. Rakennusten energiakulutuksen perusskenaario Suomessa 2015 – 2020. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 35/2016.

⁴⁰ Nippala, E. & Vainio, T. Asuinrakennusten korjaustarve 2006-2035. VTT Technology 274. 2016.

⁴¹ Vainio, T. Asuntotuotantotarve 2015-2040. VTT Technology 247. 2016.

Tehokkaiden automaatio- ja ohjausjärjestelmien lämmitysenergian säästövaikutukset ja lisäkustannukset perustuvat tutkimusryhmän asiantuntemukseen sekä tapaustutkimuksiin⁴² ja palvelun tuottajilta saatuihin tietoihin^{43 44}.

Arvioinnin oletukset

Tehokkaan automaatio- ja ohjausjärjestelmän vaikutuksia arvioidaan seuraavasti:

- Olemassa oleviin asuinrakennuksiin asennetaan tehokkuustason automaatiojärjestelmä lämmitysjärjestelmän tai yhdistetyn lämmitys- ja ilmastointijärjestelmän peruskorjauksen tai uudisrakentamisen yhteydessä
- Lämmitysjärjestelmien korjauksia tehdään vuosittain 3 prosentissa asuinrakennuksista.
- Uusia suuria asuinrakennuksia rakennetaan vuosittain 2,7 milj.m³ (270 rakennusta).
- Suurissa asuinrakennuksissa saavutetaan 10 prosentin lämmityksen ostoenergiansäästö.
- Hiilidioksidipäästöjen vähennys lasketaan lämmitystapakohtaisesti seuraavilla päästökertoimilla: kaukolämpö 210 kg CO₂/MWh, öljy 263 kg CO₂/MWh, sähkö 164 kg CO₂/MWh, kaasu 198 kg CO₂/MWh ja Bio 0 kg CO₂/MWh.
- Tehokkaan järjestelmän lisäkustannus on suurissa asuinrakennuksissa 7500-10500 euroa
- Etävalvonnan ja ohjauksen vuosimaksu on suurissa asuinrakennuksissa 1000 euroa vuodessa.
- Energian hintoina käytettiin sekä 2021 että 2030 vuoden 2018 hintoja: kaukolämpö 6 snt/kWh, öljy 8 snt/kWh, 4 sähkö snt/kWh, 5 kaasu snt/kWh ja biopolttoaine 3 snt/kWh. Hinnat sisältävät arvonlisäveron.

Lähtötiedoilla ja oletuksilla laskettu energiansäästö ja päästövähennys vuonna 2021 (Taulukko L7.3) ja vuonna 2030 (Taulukko L7.4).

⁴² Juuso, M. Asuinkeuhkon energiankulutuksen hallinta älykkään asukasportaalien avulla. Diplomityö. Tampereen Teknillinen Yliopisto. 2013.

⁴³ Leanheat. 2500 kohteen yhteenveto. (selvityksen käyttöön toimitettu aineisto)

⁴⁴ Tampereen Sähkölaitos: Älykästä kaukolämpöä kiinteistön mittojen mukaan

Energiansäästö, päästövähennykset ja taloudelliset vaikutukset

Taulukko L7.3. Suuret asuinrakennukset vuosi 2021.

	Energiansäästö GWh / vuosi			Päästövähennys t CO ₂ / vuosi			Kustannussäästö 1 000 €
	Vanhat	Uudet	Yhteensä	Vanhat	Uudet	Yhteensä	
Kaukolämpö	28	7	34	5827	1373	7200	2060
Öljylämmitys	2	0	2	415	0	415	130
Sähkölämmitys	1	0	1	89	0	89	20
Maalämpö	0,1	0,1	0	9,5	9,4	19	0
Bio	0	0	0	0	0	0	0
Kaasu	0	0	0	6	0	6	0
Lämmitys yhteensä	30	7	37	6 300	1 400	7 700	2 200
Kiinteistö- ja huoneistosähkö	11	4	16	1820	737	3476	620

Taulukko L7.4. Suuret asuinrakennukset vuosi 2030

	Energiansäästö GWh / vuosi			Päästövähennys t CO ₂ / vuosi			Kustannussäästö 1 000 €
	Vanhat	Uudet	Yhteensä	Vanhat	Uudet	Yhteensä	
Kaukolämpö	243	65	308	51002	13729	64731	18490
Öljylämmitys	14	0	14	3629	0	3629	1100
Sähkölämmitys	5	0	5	777	0	777	190
Maalämpö	0,5	0,6	1	83	94	177	40
Bio	0	0	0	0	0	0	0
Kaasu	0	0	0	52	0	52	10
Lämmitys yhteensä	262	66	328	55 500	13 800	69 300	19 800
Kiinteistö- ja huoneistosähkö	97	45	142	15927	7374	3476	5680

Esimerkkikohde: 2800 m²; 10 000 m³; 36 asuntoa; kaukolämpö.

Energiansäästö: 41 500 kWh/a. Kustannussäästö: 2500 €/a. Takaisinmaksuaika: 2,5-3 vuotta.

Investoinnin lisäkustannus: 7500...10 500 €. Ohjaus- ja valvonnan vuosimaksuun lisäkustannus: 1000 €/a.

Elinkaarikustannuslisä: 1500-1700 €/a. Elinkaarikustannus tilavuutta kohti: 0,15...0,17 €/m³. Laajennus toimenpiteen kohteena olevaan rakennuskantaan (Taulukko L7.5).

Taulukko L7.5. Suurten asuinrakennusten edistyksellisen automaation päivitys tehokkuus -tasolle.

	2021	2030
Toimenpiteen kohde m ³	10 000 000	90 000 000
Energiansäästö GWh/a	37	328
Päästövähennys t CO ₂ /a	7 700	69 300
Säästö energiakustannuksissa €	2 200 000	19 800 000
Päivityskustannus 0,17 €/m ³	-1 700 000	-15 300 000
Nettosäästö €	500 000	4 500 000
Nettosäästö € / t CO₂	65	65
Päivityskustannus 0,15 €/m ³	-1 500 000	-13 500 000
Nettosäästö €	700 000	6 300 000
Nettosäästö € / t CO₂	90	90

Liite 8. Vaikutusten arviointi: Vapaaehtoinen automaatiovelvoite uudisrakentamiselle

Vaikutusten arvioinnin piiriin kuuluvat rakennukset

Kuten luvussa 4.2.2 todetaan, vapaaehtoinen automaatiovelvoite vaikuttaa käytännössä vain uusien erillisten pientalojen ratkaisuihin. Asuntotuotantotarpeen ennusteen⁴⁵ perusteella arvioituna uusia erillisiä pientaloja rakennetaan vuosittain 5800 rakennusta. Pientalojen ostoenergian kulutus tilojen lämmitykseen vaihtelee biopolttoaineiden 40 kWh/m³ maalämmön 7 kWh/m³. Lämmitystapojen hyötysuhteet huomioiden yhden vuoden aikana rakennettavat uudet erilliset pientalot lisäävät ostoenergiankulutusta 20 GWh ja hiilidioksidipäästöjä 3400 tonnia. Viime vuosina rakennetuissa kohteissa suosituimmat lämmitystavat ovat olleet maalämpö noin 53 prosentin osuudella ja sähkö 22 prosentin osuudella.

Edistyksellisten automaatio- ja ohjausjärjestelmien lämmitysenergian säästövaikutukset ja lisäkustannukset verrattuna normitasoon perustuvat tutkimusryhmän asiantuntemukseen sekä tapaustutkimuksiin⁴⁶.

Arvioinnin oletukset

Edistyksellisen automaatio- ja ohjausjärjestelmän vaikutuksia arvioidaan suhteessa normijärjestelmään seuraavasti:

- Uusia erillisiä pientaloja rakennetaan 5800 kpl. Niistä 30 tai 50 prosenttiin asennetaan edistyksellinen automaatio.
- Tilojen lämmityksen energiansäästö kaksi prosenttia.
- Hiilidioksidipäästöjen vähennys lasketaan lämmitystapakohtaisesti seuraavilla päästökertoimilla: kaukolämpö 210 kg CO₂/MWh, öljy 263 kg CO₂/MWh, sähkö 164 kg CO₂/MWh, kaasu 198 kg CO₂/MWh ja BIO 0 kg CO₂/MWh.
- Edistyksellisen järjestelmän lisäkustannus vaihtelee 4000-6000 euroon.
- Etävalvonnan ja ohjauksen vuosimaksu on 150 euroa vuodessa.
- Energian hintoina käytettiin sekä 2021 että 2030 vuoden 2018 hintoja: kaukolämpö 6 snt/kWh, öljy 8 snt/kWh, 4 sähkö snt/kWh, 5 kaasu snt/kWh ja biopolttoaine 3 snt/kWh. Hinnat sisältävät arvonlisäveron.

Lähtötiedoilla ja oletuksilla laskettu energiansäästö ja päästövähennys vuonna 2021 (Taulukko L8.1) ja vuonna 2030 (Taulukko L8.2).

Taulukko L8.1. Uudet erilliset pientalot vuosi 2021.

	Energiansäästö GWh/a	Päästövähennys t CO ₂
Kaukolämpö	0,1 - 0,2	24 - 34
Öljylämmitys	0,0 - 0,0	1 - 1
Sähkölämmitys	0,1 - 0,1	9 - 13
Maalämpö	0,1 - 0,2	23 - 32
Bio	0,0 - 0,1	0 - 0
Kaasu	0,0 - 0,0	0 - 0
Lämmitys yhteensä	0,4 - 0,5	57 - 80
Kiinteistö- ja huoneistosähkö	0,6 - 0,8	98 - 138

⁴⁵ Vainio, T. Asuntotuotantotarve 2015-2040. VTT Technology 247. 2016.

⁴⁶ mm. Lämsä, J. KNX automaatio omakotitalossa. Opinnäytetyö. Savonia-ammattikorkeakoulu. 2015.

Taulukko L8.2. Uudet erilliset pientalot vuosi 2030.

	Energiansäästö GWh/a		Päästövähennys t CO ₂	
Kaukolämpö	1,2	- 1,6	244	- 342
Öljylämmitys	0,0	- 0,0	6	- 9
Sähkölämmitys	0,6	- 0,8	95	- 132
Maalämpö	1,4	- 1,9	227	- 318
Bio	0,4	- 0,6	0	- 0
Kaasu	0,0	- 0,0	0	- 0
Lämmitys yhteensä	3,6	- 6,0	574	- 800
Kiinteistö- ja huoneistosähkö	6	- 8	983	- 1374

Esimerkkikohde: 160 m²; 570 m³; sähkölämmitys.

Investoinnin lisäkustannus: 4000...6000 €. Ohjaus- ja valvonnan vuosimaksu: 150 €/a.

Elinkaarikustannuslisä: 400... 550 €/a. Elinkaarikustannus tilavuutta kohti: 0,75...0,90 €/m³

Energiansäästö (uusi rakennus): 75 kWh/a. Kustannussäästö: 3 €/a. Takaisinmaksuaika: > 100 vuotta.

Laajennus toimenpiteen kohteena oleviin uusiin erillisiin pientaloihin (Taulukko L8.3).

Taulukko L8.3. Uusien erillisten pientalojen varustaminen edistyksellisen tason automaatiolla. Vaihteluväli perustuu oletukseen, jonka mukaan joko 50 prosenttiin tai 30 prosenttiin rakennuksista asennettaisiin edistyksellisen tason automaatio.

	Vuosi 2021		Vuosi 2030	
Toimenpiteen kohde m ³	1 380 000	- 2 300 000	13 800 000	- 23 000 000
Energiansäästö GWh/a	0,4	- 0,5	4	- 5
Päästövähennys t CO ₂	57	- 80	575	- 800
Säästö energiakustannuksissa €	16 200	- 22 700	162 300	- 227 200
Lisäkustannus 0,90 €/m ³	-1 242 000	- -2 070 000	-12 420 000	- -20 700 000
Nettolisäkustannus €	-1 225 800	- -2 047 300	-12 257 700	- -20 472 800
Nettolisäkustannus € / t CO₂	-21 400	- -25 600	-21 400	- -25 600
Lisäkustannus 0,75 €/m ³	-1 035 000	- -1 725 000	-10 350 000	- -17 250 000
Nettolisäkustannus €	-1 018 800	- -1 702 300	-10 187 700	- -17 022 800
Nettolisäkustannus € / t CO₂	-17 800	- -21 300	-17 800	- -21 300

Liite 9. Vaikutusten arviointi: Tarkastusmenettely

Öljy-, kaasu- ja biopolttoaineita käyttävät lämmitysjärjestelmät

Tarkastusten piiriin kuuluvat direktiivimuutoksen mukaisesti ne ei-asuinrakennukset, joiden lämmitysteho ylitti 70 kW, mutta alitti 290 kW. Tämä tieto saatiin öljy-, bio- ja kaasulämmitysjärjestelmistä suoraan toimialajärjestöiltä (Lämmitysenergiayhdistys Bioenergia ry. ja Kaasuyhdistys), jotka pitävät yllä tietoja käytössä olevista kattiloista. Laskennassa käytetyt tiedot on esitetty taulukoissa Taulukko L9.1-L9.6. Öljykattiloiden tiedot ovat vuoden 2018 tietoja, bio- ja kaasukattiloiden ovat vuoden 2017 tietoja.

Taulukko L9.1. Kaasulämmityskattiloiden määrä (kpl).

Rakennustyyppi ja kattilan nimellisteho	Enintään 70 kW	70- 290 kW	Yli 290 kW
Erillinen pientalo	4190	0	0
Rivi-, ketjutalo ja asuinkerrostalo	0	810	0
Muu (palvelurakennus)	0	1050	0
Yhteensä	0	1860	0

Taulukko L9.2. Kaasulämmityskattiloihin ostettu energia (GWh).

Rakennustyyppi ja kattilan nimellisteho	Enintään 70 kW	70- 290 kW	Yli 290 kW
Erillinen pientalo	126	0	0
Rivi-, ketjutalo ja asuinkerrostalo	0	185	0
Muu (palvelu-arakennus)	0	362	0
Yhteensä	126	548	0

Taulukko L9.3. Biolämmityskattiloiden määrä (kpl).

	Enintään 70 kW	70- 290 kW	Yli 290 kW
Erillinen pientalo	220 000	0	0
Rivi -ja ketjutalo	200	800	50
Asuinkerrostalo	0	220	110
Muu (palvelurakennus)	400	3950	200
Yhteensä	220 600	4970	360

Taulukko L9.4. Biolämmityskattiloihin ostettu energia (GWh).

Kattilatyypin ja kattilan nimellisteho	enintään 70 kW	70-290 kW	yli 290 kW
Pilkekattilat	3600	0	0
Muut biokattilat	330	200	500

Taulukko L9.5. Öljykattiloiden määrä (kpl).

Rakennustyyppi ja kattilan nimellisteho	Enintään 70 kW	70- 290 kW	Yli 290 kW
Erillinen pientalo	155 000	0	0
Rivi -ja ketjutalo	3 400	2 900	0
Asuinkerrostalo	500	1 900	0
Muu (palvelurakennus)	7 600	12 900	2 000
Yhteensä	166 500	17 700	2 000

Taulukko L9.6. Öljylämmityskattiloihin ostettu energia (GWh).

Rakennustyyppi ja kattilan nimellisteho	Enintään 70 kW	70-290 kW	Yli 290 kW
Erillinen pientalo	3 700	0	0
Rivi -ja ketjutalo	160	400	0
Asuinkerrostalo	20	700	0
Muu (Palvelurakennus)	590	3040	910
Yhteensä	4 470	4 140	910

Kaukolämpö, sähkölämmitys- ja maalämpöjärjestelmät

Kaukolämpö-, sähkölämmitys- ja maalämpöjärjestelmien lämmitystehon sekä kompressori-, lämpöpumppu- ja kaukojäähdytteisten rakennusten jäähdytysjärjestelmien jäähdytystehon arvioinnin lähtökohtana käytettiin Väestörekisterin ylläpitämän rakennus- ja huoneistorekisterin (RHR) viimeisintä saatavilla olevaa aineistoa vuodelta 2017. Viime vuosina yleistyneitä ilma-ilma-, ilma-vesi- ja poistoilmalämpöpumppuja ei käsitelty.

Tarkastusten piiriin kuuluvat sähkö-, maalämpö- ja kaukolämmitysrakennukset poimittiin laskemalla rakennuksille lämmitystehon tarve (kW). Poiminnassa otettiin huomioon eri rakennustyyppien sijainnista ja rakennusajankohdasta riippuva lämmitystehontarve ns. konduktanssikertoimilla (kW/K,k-m²). Kerroin kattaa rakenteiden johtumishäviöt ja ilmanvaihdon tarvitseman lämmitystehon. Säävyöhykkeellä⁴⁷ r ikäkaudella *t* rakennetun rakennustyyppin *i* rakennuksen *k* lämmitysteho lasketaan kaavalla:

$$\text{Lämmitysteho}_k = \text{Konduktanssi}_{i,t} \times \text{Kerrosala}_k \times (\text{Sisälämpötila} - (-\text{Mitoituslämpötila}_r)),$$

Sisälämpötilaksi on oletettu 21°C.

Taulukko L9.7. Lämmitystehon tarpeeltaan yli 70 kW asuinrakennusten yhteenlaskettu tilavuus ja niiden ostoenergia (GWh). Ei-asuinrakennuksista (palvelurakennuksista) vain tehontarpeeltaan 70 kW-290 kW väliin sijoittuvat rakennukset.

	Rakennusten tilavuus 1000 m ³			Ostoenergia GWh/a		
	Kaukolämpö	Sähkö	Maalämpö	Kaukolämpö	Sähkö	Maalämpö (sähkö)
Erilliset pientalot	260	320	20	14	15	1
Rivi- ja ketjutalot	4 470	930	140	218	53	12
Asuinkerrostalot	265 380	1 630	1 230	11 217	323	29
Palvelurakennukset	75 000	11 760	2 820	2 815	634	69
Yhteensä	345 000	15 000	4 000	14 300	1 000	100

⁴⁷ Ympäristöministeriö. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet 2012. D3 Suomen rakentamismääräyskokoelma. 2012.

Jäähdytysjärjestelmät

Rakennusten jäähdytystehon laskennassa hyödynnettiin karkeita arvioita keskimääräisestä jäähdytystehontarpeista (W/k-m²) rakennustyypeittäin ja ikäluokittain (Taulukko L8.8) ottaen huomioon, että riippuen rakennustyyppistä jäähdytettävien kerrosneliöiden osuus kaikista kerrosneliöistä vaihtelee 50 - 80 %. Näiden avulla laskettiin rakennustyypeittäin ja ikäluokittain kynnsarvot kerrosaloille, joiden ylittyessä jäähdytystehontarve ylittää 70 kW. Tarkastusvaatimuksen kohteena olevissa rakennuksissa olisi kerrosalaa yhteensä 12 milj.m² jäähdytystehontarpeen ollessa vuosittain 120 GWh.

Taulukko L9.8. Jäähdytysjärjestelmien oletukset.

Rakennustyyppi		Keski- määräinen jäähdytys- tehontarve (W/k-m ²)	Keski- määräinen jäähdytys- energian- tarve [kWh/k-m ²]	Osuus rakennuksista, joissa 100 % jäähdytys (iv+tila)	Osuus rakennuksista, joissa 50 % jäähdytys (iv)	
Asuin- rakennukset	Rakennettu 2004-2020	Kerrostalo	15	3	1 %	5 %
Liike- rakennukset	Rakennettu ennen 1987	Liikerakennus, myymälät, kauppakeskus, hotelli, ravintola	40	12	50 %	40 %
		Loma-asunnot, asuntolat	20	3	50 %	40 %
	Rakennettu 1987-2020	Liikerakennus, myymälät, kauppakeskus, hotelli, ravintola	40	15	50 %	40 %
		Loma-asunnot, asuntolat	20	3	50 %	40 %
Toimisto- rakennukset	Rakennettu ennen 1987		30	11	0 %	90 %
	Rakennettu 1987-2020		50	17	50 %	40 %
Liikenteen rakennukset. Rautatie-, linja- auto ja lentoasemat, satama- terminaalit, tietoliikenteen rakennukset	Rakennettu ennen 2000		40	15	0 %	90 %
	Rakennettu 2000-2020		40	15	50 %	40 %
Hoitoalan rakennukset	Rakennettu ennen 1987	Keskussairaalat, muut sairaalat	40	12	0 %	90 %
		Terveyskeskukset, erityislaitokset, vanhainkodit, lasten- ja koulukodit, vankilat	20	6	0 %	90 %
	Rakennettu 1987-2020	Keskussairaalat, muut sairaalat	40	15	50 %	40 %
		Terveyskeskukset, erityislaitokset, vanhainkodit, lasten- ja koulukodit, vankilat	20	6	50 %	40 %
Kokoontumis- rakennukset	Rakennettu ennen 1987	Teatterit, konsertti- ja kongressitalot, elokuvateatterit	40	12	0 %	90 %
		Kirjastot, museot, näyttelyhallit, kirkot, jäähallit, uimahallit, monitoimihallit ym.	40	12	0 %	90 %
	Rakennettu 1987-2020	Teatterit, konsertti- ja kongressitalot, elokuvateatterit	40	15	50 %	40 %
		Kirjastot, museot, näyttelyhallit, kirkot, jäähallit, uimahallit, monitoimihallit ym.	40	15	50 %	40 %
Opetus- rakennukset	Rakennettu ennen 2000		40	15	0 %	90 %
	Rakennettu 2000-2020		40	15	40 %	50 %

Taulukko L9.9. Jäähdytysjärjestelmävaatimuksen kohteena oleva rakennuskanta ja jäähdytys vuosittain GWh.

	Kompressori tai lämpöpumppu		Kaukojäähdytys	
	Kerrosala milj.m ²	Ostoenergia GWh/a	Kerrosala milj.m ²	Ostoenergia GWh/a
Asuinrakennukset	0,02	0,06	0,02	0,02
Liike- ja toimistorakennukset	7	64	7	18
Julkiset rakennukset	6	31	6	9
Yhteensä	12	95	12	26

Arvioinnin oletukset

Tarkastusten vaikutusten arvioinnissa on käytetty seuraavia oletuksia:

- Kaikkien järjestelmien tarkastusväli on viisi vuotta. Tarkastuksesta saatu hyöty kuluu loppuun jakson aikana.
- Tarkastukseen käytetään aikaa 1-2,5 työpäivää sen mukaan miten monta tai monimutkaista järjestelmää on tarkastettavana. Henkilötyöpäivän kokonaiskustannus on 700 € sisältäen arvonlisäveron (asuinrakennukset). Ei-asuinrakennuksissa ilman arvonlisäveroa 565 €.
- Tarkastuksen seurauksena vähintään 50 %, mutta enintään 75 % tarkastetuista kohteista tekee suositellut energiatehokkuuden parannukset (I. huolto, seuranta-, puhdistus- tai säätötoimenpiteitä).
- Hiilidioksidipäästövähennykset on laskettu liitteen 2 päästökertoimilla.
- Energian hinnat vuoden 2018 tasossa: kaukolämpö 6 snt/kWh, öljy 8 snt/kWh, 4 sähkö snt/kWh, 5 kaasu snt/kWh, biopolttoaine 3 snt/kWh ja kaukokylmä 3 snt/kWh. Hinnat sisältävät arvonlisäveron (asuinrakennukset). Palvelurakennusten laskennassa energianhinnasta arvonlisävero on vähennetty.
- Tarkastusten vaikutukset ovat asiantuntija-arvio (Taulukko L9.10).

Taulukko L9. 10. Tarkastusten laskennan pääoletukset.

Järjestelmä	Säästövaikutus tarkastusvälillä %/5a	Säästövaikutus vuodessa %/a
Öljykattilat	2	0,4
Biokattilat (muu kuin pilkekattila)	1 (puhdistus ja huolto) 2,5-5 (muut säätötoimenpiteet)	0,2 (puhdistus ja huolto) 0,5-1 (muut säätötoimenpiteet)
Kaasukattilat	1	0,2
Sähkölämmitys	1-5	0,2-1
Maalämpö	1-5	0,2-1
Kompressori- tai lämpöpumppu jäähdytys	1-5	0,2-1
Kaukojäähdytys	1-5	0,2-1

Suhteessa tarkastuksilla olisi mahdollista vaikuttaa biopolttoaineita käyttäviin lämmitysjärjestelmiin. Vuositasolla ostoenergian säästö voisi olla 0,7-1,2 prosenttia. Kauko-, öljy- ja sähkölämmityksessä säästön arvioidaan vaihtelevan 0,2-1 prosenttiin. Öljylämmitysjärjestelmien huollolla ja puhdistuksella on mahdollista vähentää ostoenergiankulutusta 0,4 prosenttia vuodessa.

Taulukko L9. 11. Vaikutusoletuksilla laskettu ostoenergian säästö ja päästövähennykset.

	Ostoenergiesäästö GWh/a	CO ₂ päästöjen vähennys t CO ₂ /a
Kaukolämpö	14,3 - 107,0	2 995 - 22465
Öljylämmitys	8,3 - 12,4	2 191 - 3286
Sähkölämmitys	1,0 - 7,7	168 - 1262
Maalämpö	0,1 - 0,8	18 - 136
Bio	1,7 - 4,3	0 - 0
Kaasu	0,5 - 0,8	109 - 164
Lämmitysjärjestelmät yhteensä	26 - 133	5 500 - 27 300
Kompressori- tai lämpöpumppujäähdytys	0,1 - 1,4	16 - 233
Kaukojäähdytys	0,02 - 0,1	2 - 13
Jäähdytys yhteensä	0,1 - 1,6	17 - 245

Tarkastusten kannattavuutta on tutkittu rakennusten omistajien kannalta siten, että keskimääräiselle direktiivin kohteena olevalle rakennukselle on laskettu energiansäästö samoin periaattein ja ominaiskäyttöoletuksin kuin koko kohde rakennuskannalle. Tarkastusten piiriin kuuluvien erillisten pientalojen kerrosala on keskimäärin 1400 neliometriä, rivi- ja ketjutalojen 1200 neliometriä, asuinkerrostalojen 2200 neliometriä ja palvelurakennusten 1360 neliometriä. Jäähdytystapauksen pinta-ala on oletettu 4000 neliometriä.

Mikäli rakennusten omistajat tekisivät tarkastajien suosittelemat toimenpiteet, pystyisivät he säästämään energiakustannuksissaan vuosittain muutamista kymmenistä euroista sataan euroon (Tauluko L9.12). Taulukon esimerkit on laskettu niille talotyypeille, joiden osuus on ostoenergiankulutuksella mitattuna suurin asianomaisesta lämmitys- tai jäähdytysjärjestelmästä. Säästöt eivät riittäisi kattamaan tarkastusten aiheuttamia vuosikustannuksia, jotka on arvioitu kohteen vaativuudesta riippuen 140-280 €/a.

Taulukko L9. 12. Vaikutusoletuksilla

	Ostoenergiesäästö kWh/a	Kustannussäästö €/a
Kaukolämpö (asuinkerrostalo)	450 - 2250	30 - 140
Öljylämmitys (palvelurakennus)	900 - 1115	60 - 90
Sähkölämmitys (erillinen pientalo)	240 - 1190	10 - 45
Maalämpö (asuin kerrostalo)	150 - 740	5 - 30
Bio (erillinen pientalo)	1150 - 3085	35 - 75
Kaasu (palvelurakennus)	425 - 525	20 - 25
Kompressori tai LP jäähdytys	20 - 240	1 - 8
Kaukojäähdytys	50 - 600	1 - 14