

Marjo Lyly

**ASUINRAKENNUSTEN ENERGIANKULUTUS JA AUTO-
MAATIOLLA SAAVUTETTAVAT HYÖDYT**

Opinnäytetyö

CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Huhtikuu 2014

TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Yksikkö Centria Ylivieska	Aika Huhtikuu 2014	Tekijä/tekijät Marjo Lyly
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma		
Työn nimi Asuinrakennusten energiankulutus ja automaatiolla saavutettavat hyödyt		
Työn ohjaaja FM Joni Jämsä		Sivumäärä 41 + 4
<p>Tavoitteeni oli tutkia asuinrakennusten energiankulutusta ja energiansäästömahdollisuuksia kotiautomaation avulla. Koska energiankulutus kodeissa tulee lisääntymään tietoteknisten laitteiden yleistyessä, tarkastelin myös energiankulutuksen kehityssuuntauksia sekä tulevaisuuden näkymiä.</p> <p>Opinnäytteessäni tutkin suomalaisten kotien energiankulutusta, kotiautomaation käytön tilannetta sekä automaatiosta saatavia hyötyjä. Lisäksi pyrin löytämään syitä, miksi kotiautomaation käyttö asuinrakennuksissa on edelleen vähäistä.</p> <p>Tarkastelin asuinrakennusten energiankulutusta maailmanlaajuisesti ja lisäksi valitsin muutamaman maan, joiden asuinrakennusten energiankulutusta tutkin tarkemmin.</p> <p>Työssäni esittelin myös kotiautomaatoratkaisuja, joilla on mahdollista saavuttaa huomattavia säästöjä.</p>		

Asiasanat
Energian säästäminen, energiatehokkuus, kotiautomaatio

ABSTRACT

Unit Centria University of Applied Sciences	Date April 2014	Author/s Marjo Lyly
Degree programme Electrical Engineering		
Name of thesis Residential energy consumption and the benefits of home automation		
Instructor M.Sc. Joni Jämsä		Pages 41 + 4
<p>My goal was to make a research concerning residential energy consumption. I also researched possibilities to reduce energy consumption with home automation. Because the energy consumption and the amount of computing appliances are increasing in dwellings, I wanted to view some consumption trends and future outlooks.</p> <p>In my study I researched energy consumption in Finnish households, prevalence of home automation and the benefits that can be achieved with automation. I also tried to find reasons why home automation is still quite rare investment in households.</p> <p>I chose a few countries to take a closer look of the residential energy consumption. In addition to this, I examined building consumption trends worldwide.</p> <p>I also introduced some home automation solutions which can provide significant savings.</p>		

Key words Energy consumption, energy efficiency, home automation
--

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

CO ₂	Hiilidioksidi, rakennusten energiankäytön aiheuttama kasvihuonekaasu.
E-luku	Rakennuksen vuotuista ostoenergian laskennallista kulu- tusta, joka on laskettu lämmitettyä nettoalaa kohden.
HVAC	Lyhenne sanoista Heating, Ventilation and Air Condition- ing. Lämmitys, ilmanvaihto ja koneellinen jäähdytys ovat talotekniikan järjestelmiä.
NZEB	Nearly Zero Energy Building. Lähes nollaenergiaraken- nus, jolla on erittäin korkea energiatehokkuus.
PJ	Petajoule on energian yksikkö, jota käytetään polttoainei- den ja muiden energialähteiden energiasisällön ilmaise- miseen. 1 PJ = 1000 TJ; 1 TJ = 0,278 GWh.
Primäärienergia	Primäärienergia on jalostamatonta luonnon energiaa mi- tattuna siinä muodossa kuin se on ennen muunnospro- sessia.
TWh	Terawattitunti on energian yksikkö, jota käytetään tuote- tun energiamäärän, sähkön ja lämmön, ilmaisemiseen.

**TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS**

1 JOHDANTO	1
2 RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUS JA ENERGIANKULUTUS	3
2.1 Energiankulutus kansainvälisellä tasolla	4
2.2 Automaatiostandardi SFS-EN 15232	6
2.3 Energiankulutus asuinrakennuksissa Suomessa	8
2.4 Asuntojen energiankulutuksen tarkastelua kansainvälisellä tasolla	13
2.4.1 Tanska	16
2.4.2 Kanada	19
2.4.3 Iso-Britannia	22
3 TALOAUTOMAATIO JA TOTEUSTUSTAVAT	24
3.1 Ohjaustekniikalla ohjattavat toiminnot	24
3.2 Ohjaustekniikkaratkaisut	26
4 AUTOMAATORATKAISUJA JA KIRJALLISUUSTUTKIMUKSIA	28
5 ÄLYKOTIEN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT JA KEHITYSSUUNTA	33
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	36
LÄHTEET LIITTEET	38
KUVIOT	
Kuvio 1. Energiankulutus kasvaa väestön ja talouden kehityksen myötä.	5
Kuvio 2. Koko maailman energiankulutus sektoreittain.	5
Kuvio 3. Kerroinmenetelmällä arvioitu automaation vaikutus.	7
Kuvio 4. Rakennusautomaation toiminnot luokittain.	8
Kuvio 5. Asuinrakennusten energiankulutus	9
Kuvio 6. Laitemäärien kehitys suomalaisissa kotitalouksissa.	12
Kuvio 7. Laitteiden kulutus omakotitalossa eri varustelutasoilla.	13
Kuvio 8. Rakennusten energiankulutuksen kehitys.	14
Kuvio 9. Energiankulutuksen jakautuminen asuinrakennuksissa.	15
Kuvio 10. Kulutuksen kehitys tulevaisuudessa.	16
Kuvio 11. Kodin energiankulutuksen jakautuminen.	17
Kuvio 12. Laitemäärän kehitys kodeissa 1990-2012.	18
Kuvio 13. Laitekohtainen sähkönkulutus vuodessa aikavälillä 1990-2012.	18
Kuvio 14. Kanadan energiankulutus sektoreittain.	19
Kuvio 15. Tilasto kanadalaisista kodeista.	21
Kuvio 16. Laitteiden kulutus vuosina 1990-2010.	21
Kuvio 17. Energiankulutus Iso-Britanniassa.	23
Kuvio 18. Energiankulutus asuinrakennuksissa.	23

Kuvio 19. Automaation vaikutus laitteiden päälläoloaikoihin	30
Kuvio 20. Smart home –markkinat segmenteittäin Euroopassa.	34
Kuvio 21. Älykotimarkkinat maakohtaisesti.	35

TAULUKOT

Taulukko 1. Laitesähkön kulutus Suomessa.	11
Taulukko 2. Rakennusten energiankulutus maittain.	14
Taulukko 3. Asuinrakennusten energiankulutus.	20
Taulukko 4. Energiankulutus huoneittain ja toteutuneet säästöt.	31
Taulukko 5. Automaatiojärjestelmien investointikustannukset.	32

1 JOHDANTO

Tutkimukseni tarkoituksena oli selvittää, millaisia säästöjä ja ratkaisuja älykkäät ohjausjärjestelmät voivat tarjota pientaloasujille. Tutkimukseeni sisältyi suomalais-ten asuinrakennusten energiankulutuksen tarkastelua, laitekohtaisten sähkönkulutuksen trendejä sekä automaation osuutta rakennuskannassa. Lisäksi valitsin muutaman maan, joiden osalta tutkin vastaavia tilastoja kuin Suomen kohdalla. Tutkimalla asuinrakennusten energiankulutuksen käyttäytymistä Suomen lisäksi Tanskasta, Kanadasta ja Iso-Britanniasta, tuloksena oli mielenkiintoinen tilannekatsaus asuntojen energiankulutuksen nykytilanteesta sekä tulevaisuuden näkymistä.

Asuinrakennuksia koskevat standardit ja määräykset ovat kiristyneet, sillä rakennusten kuluttama energia on nykyisin samalla tasolla kuljetuksen ja teollisuuden kulutusten kanssa, niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin. Rakennukset ovat myös merkittäviä CO₂-päästöjen aiheuttajia, joten energiankulutuksen vähentämisellä on suuri vaikutus ilmastonmuutosta vastaan käyvässä taistossa. Lisäksi työssäni käydään läpi menetelmiä, joilla voidaan arvioida melko tarkasti automaation vaikutusta rakennuksen energiankulutukseen.

Kulutustietoa talojen energiankulutuksesta on tilastoitu hyvin tarkasti 1990-luvulta lähtien. Maiden välisiä vertailuja olisi siis helppo tehdä, koska tutkittavien maiden tilastoinnit olivat suurelta osin lähtöisin 90-luvulta lähtien. Lisäksi sähkönkulutus on pääsääntöisesti jaettu hyvinkin samoilla periaatteilla, kuten laitesähkö, lämmitys ja valaistus. Asuinrakennusten energiankulutuksen tilastoinnit jaotellaan myös rakennustyypeittäin, minkä avulla maiden välisiä vertailuja on helppo tulkita.

Rakennusten sähkönkulutuksen kasvu tulee tulevaisuudessa nousemaan edelleenkin, johtuen muun muassa laitemäärien lisääntymisestä, mukavuusvaatimusten noususta sekä kotien jäähdytyksen yleistymisestä. Lisäksi kehittyvissä maissa talouden kasvu aiheuttaa lisäkulutusta rakennuksissa. Rakennusten energiankulu-

tusta tulisi vähentää radikaalisti ja taloautomaatio on yksi tehokas keino parantaa energiatehokkuutta sekä pienentää päästöjä.

Markkinoilla on runsaasti tarjolla taloautomaatiovalmistajia sekä eri menetelmiä toteuttaa kodin ohjausjärjestelmä. Silti taloautomaation käyttö ei ole edes uudisrakennuksissa vielä vakiintunut käytäntö, vaan järjestelmät katsotaan edelleen osittain turhiksi ja kalliiksi investoinneiksi.

2 RAKENNUSTEN ENERGIATEHOKKUUS JA ENERGIANKULUTUS

Tässä luvussa tarkastellaan tarkemmin asuntojen energiankulutusta sekä Suomen osalta että kansainvälisesti. Lisäksi kerrotaan rakennusten energiatehokkuudesta ja sen vaatimuksista.

Asuinrakennuksen energiatehokkuus koostuu sekä rakenteiden vaatimuksista että asujien energian käytöstä. Korjausrakentamisessa tulee noudattaa Ympäristöministeriön laatimia määräyksiä, joiden mukaan korjattavan rakennuksen tulee vastata uusia energiatehokkuusvaatimuksia. Määräyksiä vastaavan energiatehokkuuden voi saavuttaa rakennusosakohtaisesti eli tehostamalla rakennuksen lämmönpitävyyttä, kuten remontoimalla ulkoseinät ja uusimalla ikkunat ja ovet. Toinen vaihtoehto on pienentää rakennuksen käyttöön perustuvaa kulutusta vuositasolla. Kolmantena vaihtoehtona on määrittää rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta kertova E-luku, jonka pohjalta korjaustoimet tehdään ja saavutetaan vaadittu taso. (Ympäristöministeriö 2013.)

Uusien rakennusten energiankulutus määräytyy hyvin pitkälle aikavälille, koska rakennusten elinkaaren voidaan olettaa olevan useita vuosikymmeniä, joskus jopa yli sata vuotta. Yksinkertaisinta on suunnitella energiatehokkaat ratkaisut jo suunnitteluvaiheessa, koska valmiin rakennuksen energiatehokkuuden parantaminen vaatii usein suuria muutoksia. Energiatehokkuusvaatimukset rakennusmääräyksissä ovat tärkein yksittäinen mittari rakennuksen energiatehokkuutta tarkasteltaessa. (Perez-Lombart, Ortiz & Pout 2007.)

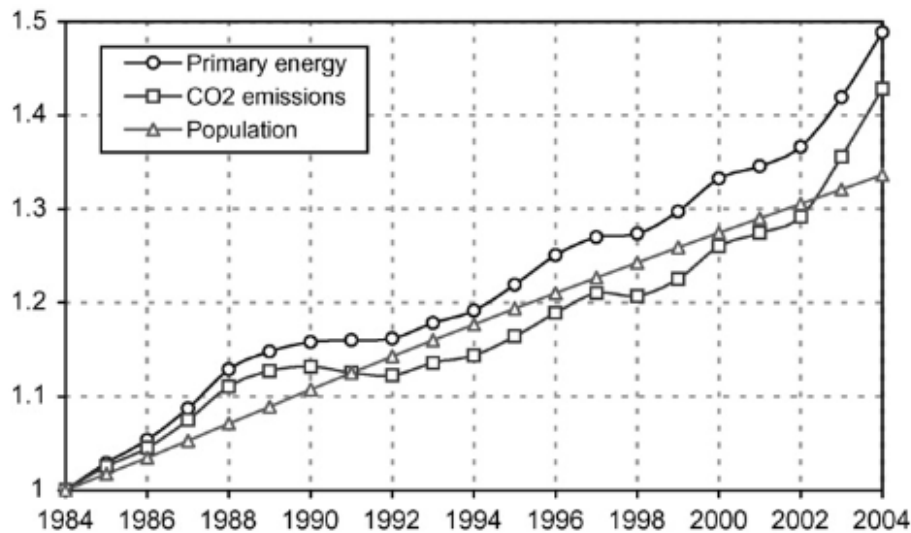
Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen on yksi keskeisimpiä Euroopan energiapolitiikan tavoitteita. EU:n direktiivi koskien rakennusten energiatehokkuutta pyrkii toteuttamaan tavoitetta, jonka mukaan vuonna 2020 uudet asuinrakennukset olisivat Nearly Zero-Energy-rakennuksia (NZEB). Lähes nollaenergiarakennuksella tarkoitetaan rakennusta, joka omaa erittäin korkean energiatehokkuuden. NZEB-rakennuksessa pyritään hyödyntämään tehokkaasti uusiutuvaa ja lähellä tuotettua energiaa. Jokainen EU:n jäsenvaltio tekee omat NZEB-määrittämisensä. Euroopan Komission tekemän raportin mukaan Suomessa NZEB-

määrityksiä ei ole vielä tehty ja tällä hetkellä Suomessa pyritään toteuttamaan matalaenergia- ja passiivitalorakentamista. (Euroopan Komissio 2013.)

2.1 Energiankulutus kansainvälisellä tasolla

Asuinrakennusten kulutuksen seuraaminen on yleensä jaettu lämmitykseen, kokonaisenergiankulutukseen, jäähdytykseen, valaistukseen sekä laitekohtaiseen kulutukseen. Maakohtaisia tilastoja on helppo tulkita, sillä energiankulutuksen jakautumiset on pääsääntöisesti jaoteltu samoilla periaatteilla.

Rakennusten energiatehokkuuden parantaminen on olennainen osa ilmastonmuutosta vastaan käyvässä taistossa. Jopa 40 prosenttia teollisuusmaiden käyttämää energiasta kuluu asuin- ja toimistorakennusten lämmitykseen, valaistukseen ja jäähdytykseen. Rakennusten energiankulutus on samalla tasolla teollisuuden ja kuljetuksen kulutusmäärien kanssa. International Energy Agency (IEA) on julkaissut tilastoja, joiden mukaan primäärienergian käyttö on kasvanut 49 prosenttia vuosien 1984 ja 2004 välillä, mikä vastaa kahden prosentin vuosittaista kasvua. Lisäksi CO₂-päästöt ovat nousseet 43 prosenttia vastaten 1.8 prosentin vuosikasvua. Energiankulutuksen kehitys on vahvasti yhteydessä väestönkasvuun ja talouden kehittymiseen. Kulutuksen ja CO₂-päästöjen kasvu suhteessa väestönkasvuun on kuvattu Kuviossa 1. (Perez-Lombart ym. 2007.)



KUVIO 1. Energiankulutus kasvaa väestön ja talouden kehityksen myötä. (Perez-Lombart ym. 2007.)

Kehittyvät maat Aasiassa, Lähi-Idässä, Etelä-Amerikassa ja Afrikassa lisäävät energiankulutusta vuosittain keskimäärin 3.2 prosenttia. Myös Kiinan osalta kehitys on ollut huimaa, sillä energiankulutus on kaksinkertaistunut viimeisen 20 vuoden aikana. Energiankulutus sektoreittain on kuvattu Kuviossa 2, jonka mukaan teollisuuden kulutus on laskenut 9 prosenttiyksikköä ja asuinrakennusten kulutus puolestaan noussut 6 prosenttiyksikköä vuosien 1973 ja 2004 välillä. Rakennusten vaatima energia jatkaa kasvuaan myös tulevaisuudessa, johtuen väestön määrän kasvusta, asumisvaatimusten noususta sekä lisääntyneestä sisällä vietetystä ajasta. Tästä syystä rakennusten energiatehokkuus on yksi tärkeimpiä energiapolitiikan tavoitteita sekä alueellisesti, kansallisesti että kansainvälisesti. (Perez-Lombart ym. 2007; Laustsen 2008.)

Final energy consumption by sector (%)	1973	2004	Ratio
Industry	39	30	0.76
Transport	25	28	1.14
Other sectors	36	42	1.16

KUVIO 2. Koko maailman energiankulutus sektoreittain. (Perez-Lombart ym. 2007.)

2.2 Automaatiostandardi SFS-EN 15232

EN 15232 Rakennusten energiatehokkuus, on eurooppalainen standardi, joka käsittelee rakennusautomaation vaikutusta energiatehokkuuteen. Standardi käsittää menetelmän, jonka mukaan voidaan arvioida automaation vaikutusta laskelmilla ja simuloinneilla. Standardi jakaa automaatiojärjestelmät neljään eri luokkaan, A:sta D:hen. Rakennuksesta ja järjestelmästä tarvitaan kuitenkin runsaasti lähtötietoja, mistä syystä kerroinmenetelmä on yksinkertaisin menetelmä arvioida automaation vaikutusta. (Ympäristöministeriö 2012.)

D-luokan mukaisia järjestelmiä ei tulisi käyttää uudisrakennuksissa lainkaan ja olemassa olevat D-luokan järjestelmät tulisi kehittää tehokkaammalle tasolle. D-luokassa ei ole otettu huomioon automaation vaikutusta energiatehokkuuteen ja säädöt ovat pääsääntöisesti manuaalisia. C-luokan rakennusautomaatio vastaa toteutustavaltaan tavanomaista automaatiota. Järjestelmässä toteutetaan automatisoidut säätö- ja ohjaustoiminnot. B-luokkaan kuuluu automaatiojärjestelmä, joka on toteutukseltaan C-luokkaa parempi. B-luokassa muun muassa huonesäätimet ovat liitettynä tiedonsiirtoyhteyden kautta automaatiojärjestelmään, valaistuksen säätö on automatisoitu sekä rakennuksen järjestelmien toiminta optimoidaan automaattisesti. Tehokkuusluokassa A automaatiojärjestelmä hyödyntää eri toimintojen informaatiota, energiatehokkuus on huomioitu kattavasti sekä energianhallinta on mahdollistettu järjestelmässä. (Ympäristöministeriö 2012.)

Rakennusmääräyksissä on minimivaatimustasona luokka C. Suosituksena pidetään kuitenkin tasoa B, jonka odotetaan olevan tulevaisuudessa tavanomainen taso. Standardin yksinkertaisempi ja yleisemmin käytetty menetelmä on kerroinmenetelmä (KUVIO 3). Kerroinmenetelmässä arvioidaan rakennuksen energiatehokkuus korjaamalla energiankulutus kertoimella, joka perustuu käytettyyn automaatiotasoon. Standardia käytetään uudis- sekä korjausrakentamisen suunnitteluun. Kuviossa 3 nähdään C-luokan olevan vertailuarvo ja eri automaatiotasojen tehokkuusluokkien mukaiset energiankäytön erot. A-luokan automaatiotasolla voidaan saavuttaa jopa 30 prosentin säästö lämmitys- ja jäähdytyskulutuksessa. Esimerkiksi hotellin lämmitykseen kuluva energia pienenesi 32 prosenttia, jos käytössä olisi luokan A automaatio. Kuviossa 4 on esitelty tarkemmin automaa-

tiotasojen sisältämät toiminnot. Standardiin SFS-EN 15232 ja Ympäristöministeriön oppaaseen perustuen on laadittu valintatyökalu (LIITE 1), jonka avulla voidaan määrittää haluttu automaatiotaso. (Ympäristöministeriö 2012.)

Energialuokat, SFS-EN 15232	Säästömahdollisuudet lämmitysenergiassa			Säästömahdollisuudet sähkönkulutuksessa		
	Toimisto	Koulu	Hotelli	Toimisto	Koulu	Hotelli
A Erittäin energiatehokas rakennusautomaatio ja liityntä kiinteistövalvomoon	0,70	0,80	0,68	0,87	0,86	0,90
B Edistynyt rakennusautomaatio, osittainen liityntä kiinteistövalvomoon	0,80	0,88	0,85	0,93	0,93	0,95
C Vakiotasoinen rakennusautomaatio	1	1	1	1	1	1
D Tehoton rakennusautomaatio, manuaalinen ohjaus	1,51	1,20	1,31	1,10	1,07	1,07

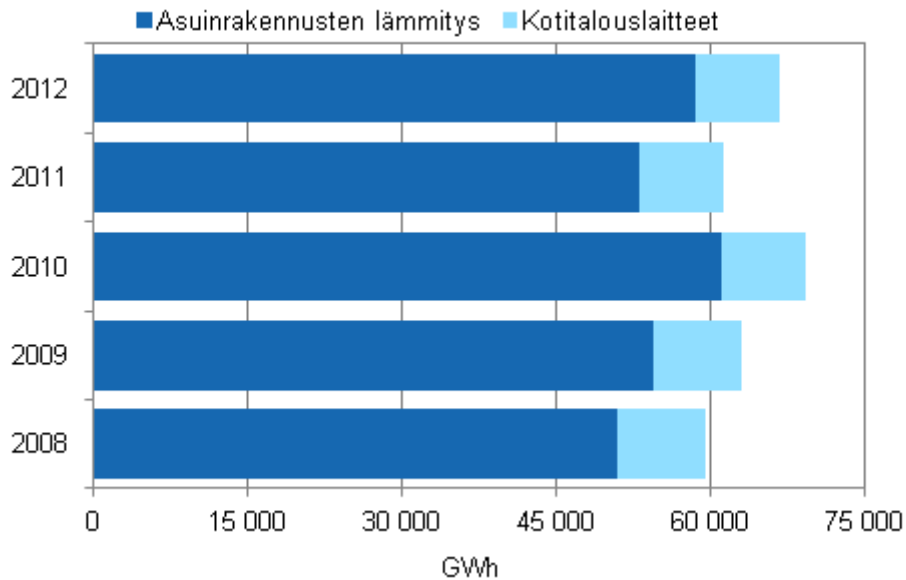
KUVIO 3. Kerroinmenetelmällä arvioitu automaation vaikutus. (ABB KNX-taloautomaatio 2012.)

	Lämmitys/jäähdytys	Ilmanvaihto/huonesäätö	Valaistus	Aurinkosuojaus
A	<ul style="list-style-type: none"> - Rakennusautomaation valvomo vaatimuksena, huonekohtainen säätö tarpeen mukaan (käyttö, ilmanlaatu jne.) - Tarpeen mukainen tai ulkolämpötilan mukaan ohjautuva - Lämmityksen ja jäähdytyksen automaattinen ohjaus 	<ul style="list-style-type: none"> - Ilmanvaihdon säätö huone- tasolla läsnäolon tai tarpeen mukaan - Huone- tai poistoilman kosteuden säätö 	<ul style="list-style-type: none"> - Valaistuksen ohjaus ja säätö luonnon valon määrän mukaan - Kytkeä päälle/pois läsnäolo- tunnistimen avulla 	<ul style="list-style-type: none"> - Aurinkosuojauksen integrointi läsnäolon, lämmityksen, jäähdytyksen ja ilmanvaihdon kanssa
B	<ul style="list-style-type: none"> - Automaattinen huonekohtainen säätö, rakennusautomaation integrointi valvomon - Tarpeen mukainen tai ulkolämpötilan mukaan ohjautuva - Osittainen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän integrointi 	<ul style="list-style-type: none"> - Huonekohtainen ilmastoinnin säätö aikaohjelmilla - Ilmanvaihdon säätö asetusarvojen ja ulkolämpötilan mukaan - Ilmankosteuden säätö 	<ul style="list-style-type: none"> - Valaistuksen ohjaus ja säätö luonnon valon määrän mukaan - Kytkeä päälle/pois läsnäolo- tunnistimen avulla 	<ul style="list-style-type: none"> - Kaihtimien ja markkiesien sähkötoiminen käyttö ja automaattinen ohjaus
C	<ul style="list-style-type: none"> - Automaattinen huonekohtainen ohjaus ja säätö termostaattiventtiileillä - Tarpeen mukainen tai ulkolämpötilan mukaan ohjautuva - Osittainen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmän integrointi 	<ul style="list-style-type: none"> - Ilmastoinnin huonekohtainen säätö aikaohjelmilla - Ilmanvaihdon säätö asetusarvojen mukaan - Ilmankosteuden osittainen hallinta 	<ul style="list-style-type: none"> - Valaistuksen voimakkuuden manuaalinen säätö/himmennys - Kytkeä päälle/pois manuaalisesti 	<ul style="list-style-type: none"> - Kaihtimien ja markkiesien sähkötoiminen käyttö ja yksinkertainen automaattinen ohjaus
D	<ul style="list-style-type: none"> - Keskitetty rakennusautomaatio tai ei automaattista säätöä - Keskitetty lämmityksen ohjaus - Ei lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien integrointia 	<ul style="list-style-type: none"> - Ilmastoinnin huonekohtainen manuaalinen säätö tai ei säätöä - Kiinteä ilmanvaihto - Ei ilmankosteuden hallintaa 	<ul style="list-style-type: none"> - Manuaalinen kytkeä päälle/pois 	<ul style="list-style-type: none"> - Kaihtimien ja markkiesien sähkötoiminen käyttö, manuaalinen ohjaus

KUVIO 4. Rakennusautomaation toiminnot luokittain. (ABB KNX-taloautomaatio 2012.)

2.3 Energiankulutus asuinrakennuksissa Suomessa

Tilastokeskuksen raportti vuodelta 2012 osoitti, että Suomessa asuinrakennukset kuluttivat sähköä noin 22 TWh, joka on viisi prosenttia enemmän edelliseen vuoteen verrattuna. Vuonna 2012 energiaa kului asuinrakennuksiin noin 67 TWh, joka on yhdeksän prosenttia enemmän kuin vuonna 2011. Kotitalouslaitteiden osalta kulutus pieneni kaksi prosenttia ja lämmitykseen kuluvan energian osuus kasvoi 11 prosenttia edellisvuodesta. (Tilastokeskus 2013.)



KUVIO 5. Asuinrakennusten energiankulutus. (Tilastokeskus 2013.)

Adato Energian toteuttamassa tutkimushankkeessa tutkittiin asuinrakennusten kulutusta ajanjaksolla 2006 – 2011. Energiatehokkaiden valaisimien ansiosta valaistuksen osuus asuinrakennusten sähkönkulutuksesta on pudonnut kahdeksaan prosenttiin, kun vuonna 2006 osuus oli vielä 14 prosenttia. Vuonna 2013 julkaistun Kotitalouksien sähkönkulutus–raportin mukaan vuoden 2007 kulutusmittauksissa näkyi vahvasti siirtyminen energiansäästölamppuihin. Vaikka ulkovalaistuksen osuus on lisääntynyt runsaasti, valaistuksen sähkönkulutus on lähes puolittunut vuodesta 2006. (Adato Energia Oy 2013.)

Televisioiden osalta suuntaus on samanlainen, laitemäärät ja ruutukoot ovat kasvaneet, mutta samalla laitekannan uudistuminen ja energiätehokkaamman valmistilakulutuksen myötä kokonaissähkönkulutus väheni viidellä prosentilla. Vuonna 2011 televisioiden sähkönkulutuksen osuus oli kolme prosenttia asuntojen kokonaiskulutuksesta. (Adato Energia Oy 2013.)

Samalla, kun valaistuksen ja televisioiden sähkönkulutus on laskenut, kodin muut tietotekniset laitteet ovat kaksinkertaistaneet sähkönkäytön viidessä vuodessa. Vaikka valaistuksen ja televisioiden kulutus on pienentynyt, kotitalouksien laitteiden sähkönkulutus kokonaisuudessaan on säilynyt ennallaan johtuen muiden laitteiden määrän kasvusta. Vaikka tietokoneet ja muut tietotekniikkalaitteet ovat ke-

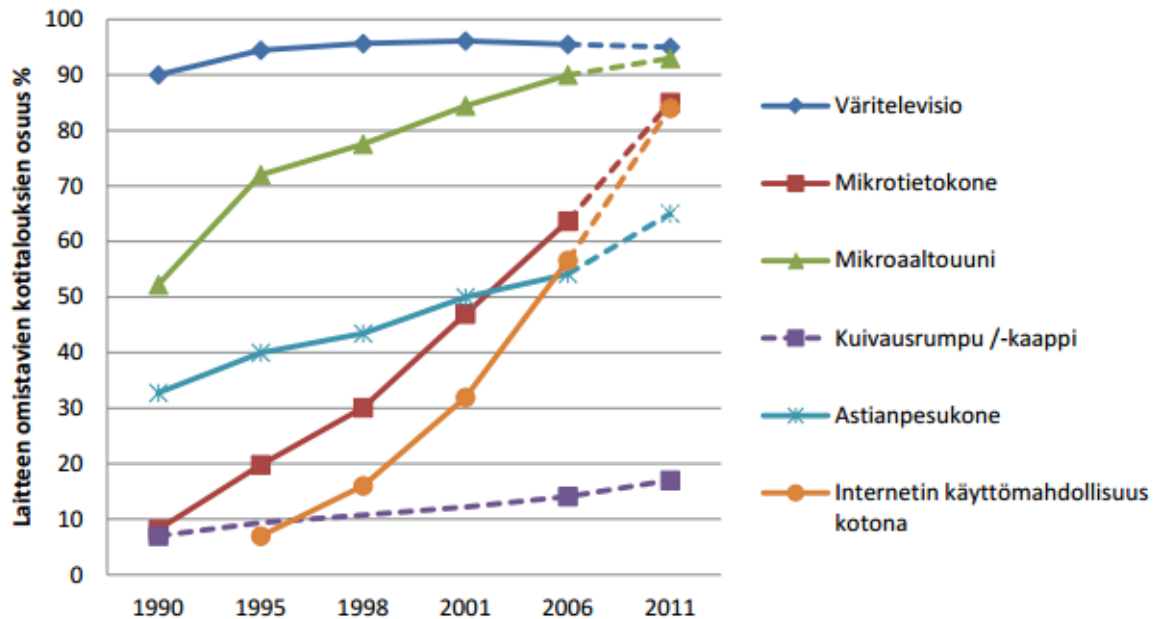
hittyneet energiankulutuksen osalta, laitemäärän kasvu on ollut voimakkaampaa. Tietotekniikkalaitteiden kulutus vuoden 2011 osalta oli neljä prosenttia. (Adato Energia Oy 2013.)

Taulukossa 1 on kuvattu kulutusryhmää, johon kuuluu ruoanlaitto, kodin sähkölaitteet sekä valaistus. Tämän ryhmän kulutus sähkön kokonaiskäytöstä vuonna 2011 oli 41 prosenttia, joka on viisi prosenttiyksikköä pienempi vuoden 2006 kulutukseen verrattuna. Taulukon 1 kulutukset on kerätty kaikkien asuntotyyppien laskelmista. Tarkasteltaessa pelkästään omakoti- ja paritaloja, laitesähkön osuus oli 34 prosenttia vuonna 2011. Nykyisin ruoanvalmistukseen käytetään vähemmän aikaa, mikä näkyy ruoanlaittoon liittyvässä sähkönkulutuksessa lievänä laskuna sekä mikroaaltouunien yleistymisenä. Kylmälaitteiden tekniikan kehittyminen näkyy selvästi sähkönkulutuksen laskuna. Ryhmä Muu sisältää kodin yleiset pienlaitteet kuten imurit, hiustenkuivaajat sekä akvaariot. Näiden sähkönkulutuksen osuus oli suuri, jopa yhdeksän prosenttia koko ryhmän kulutuksesta. (Adato Energia Oy 2013.)

TAULUKKO 1. Laitesähkön kulutus Suomessa (Adato Energia Oy 2013.)

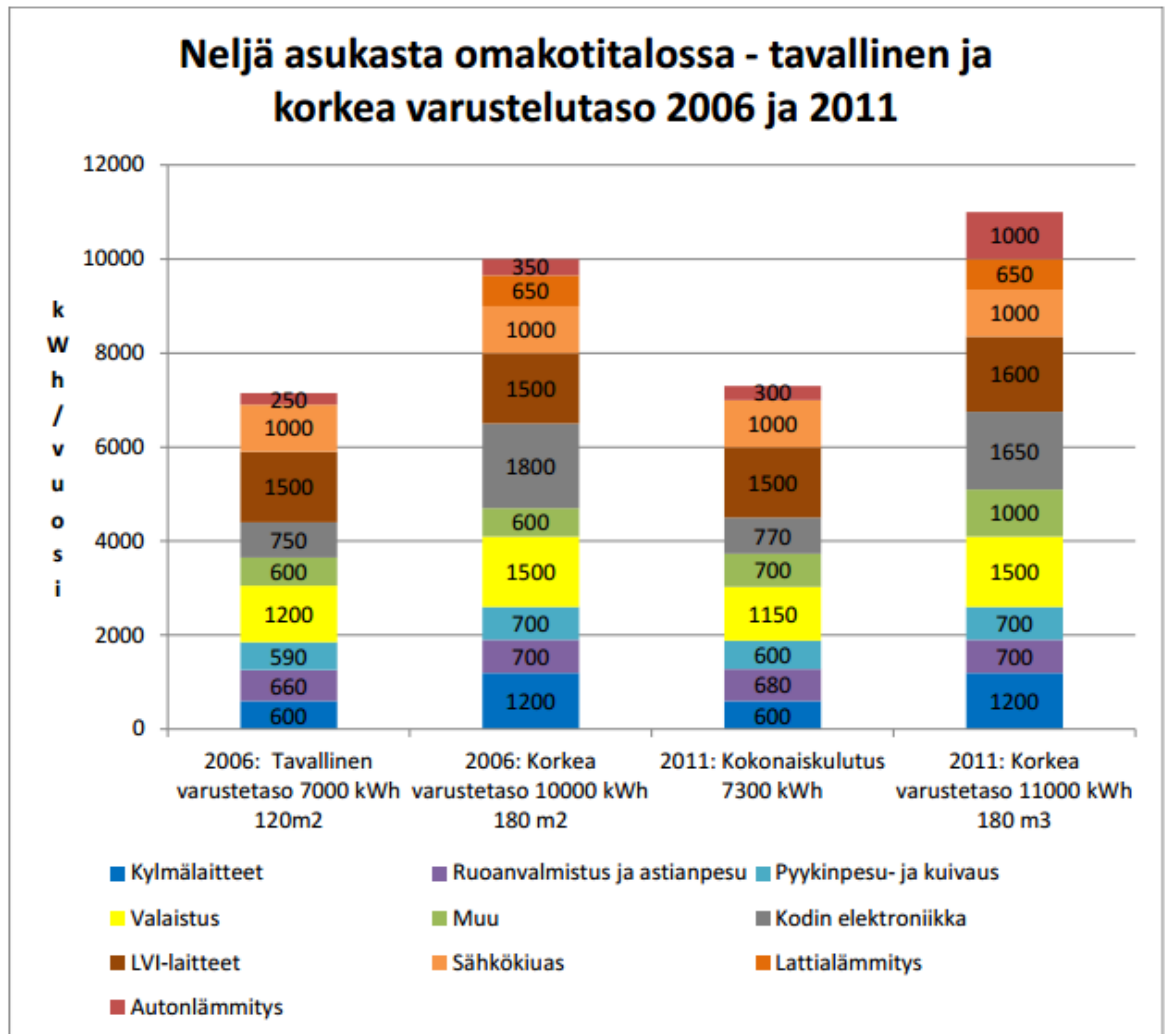
	1993		2006		2011	
	GWh	%	GWh	%	GWh	%
Ruoanlaitto						
Liesi ja muu ruoanvalmistus	796	6 %	653	4 %	632	3 %
Kodin sähkölaitteet						
Astianpesukone	125	1 %	261	1 %	367	2 %
Pyykinpesu ja kuivaus	316	2 %	391	2 %	373	2 %
Kylmälaitteet	2 215	15 %	1461	8 %	1410	7 %
Televisio ja lisälaitteet	537	4 %	834	5 %	564	3 %
Tietokone ja lisälaitteet	(-)		407	2 %	848	4 %
Autonlämmitys	226	2 %	215	1 %	571	3 %
Muu	623	4 %	1468	8 %	1649	9 %
Valaistus						
Sisävalaistus	1 541	11 %	2427	14 %	1230	6 %
Ulkovalaistus	(-)		85	0 %	290	2 %
Yhteensä	6 379	44 %	8201	46 %	7935	41 %

Laitemäärien kehitys on kuvattu Kuviossa 6. Vuonna 2011 vain 15 prosenttia Suomen kotitalouksista oli ilman tietokonetta, kun vielä 2006 vastaava luku oli noin 40 prosenttia. Internetin yleistävyys on kulkenut samaa tahtia tietokoneiden kanssa. Televisioiden osalta laitemäärien ei odoteta enää kasvavan. Kuivausrumpujen määrän kasvu on ollut erittäin maltillista 90-luvulta lähtien. Laitemäärien jyrkästä kasvusta huolimatta asukkaiden lukumäärä taloutta kohti on laskenut. Vuonna 1993 omakotitaloudessa asui keskimäärin 2.88 henkilöä ja vastaavasti vuonna 2011 omakotitalossa asui keskimäärin 2.59 henkilöä. (Adato Energia Oy 2013.)



KUVIO 6. Laitemäärien kehitys suomalaisissa kotitalouksissa. (Adato Energia Oy 2013.)

Kotitalouksien sähkökäyttö-tutkimuksessa tutkittiin varustelutason vaikutusta sähkönkulutukseen. Kuviossa 7 on havainnollistettu kaukolämmitteisen nelihenki- sen omakotitalon sähkönkulutus tavallisella sekä korkealla varustelutasolla. Korkean varustelutason omakotitalossa kylmälaitteiden joukkoon kuului jääkaappien ja pakastinten lisäksi viinikaappi. Keittiölaitteiden sekä pesukoneiden osalta laitemäärät olivat molemmissa varustelutasoissa kutakuinkin samat. Suurin ero varustelutasoissa oli elektroniikkalaitteissa, joiden sähkönkulutus oli merkittävästi suurempi korkean varustelutason talossa. Korkean varustelutason elektroniikka koostui useista tietokoneista ja televisioista, tulostimesta, kotiteatterilaitteistosta sekä laajakaistayhteydestä. Korkean varustelutason talossa autonlämmityksessä käytettiin sisätilalämmitintä, mikä nosti sähkönkulutusta merkittävästi. (Adato Energia Oy 2013.)



KUVIO 7. Laitteiden kulutus omakotitalossa eri varustelutasoilla. (Adato Energia Oy 2013.)

2.4 Asuntojen energiankulutuksen tarkastelua kansainvälisellä tasolla

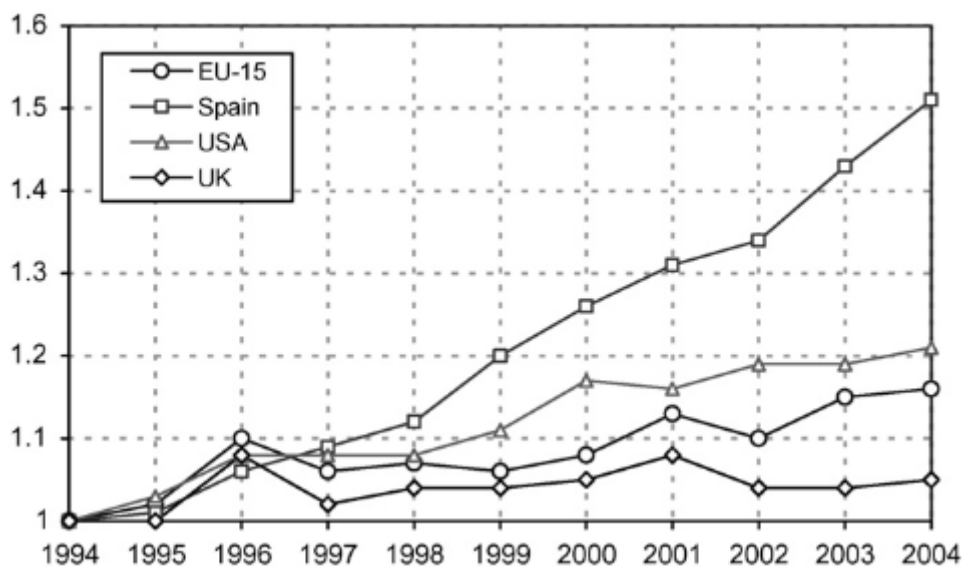
IEA:n tutkimuksessa todettiin, että vuonna 2004 EU:ssa rakennusten käyttämä energia oli 37 prosenttia kokonaiskulutuksesta ja vuositasolla kasvua on tullut 1.5 prosenttia (TAULUKKO 2). Vastaava luku Iso-Britanniassa oli 39 prosenttia vastaten puolen prosentin vuosittaista kasvua. (Perez-Lombart ym. 2007.)

TAULUKKO 2. Rakennusten energiankulutus maittain (Perez-Lombart ym. 2007.)

Weight of buildings energy consumption

Final energy consumption (%)	Commercial	Residential	Total
USA	18	22	40
UK	11	28	39
EU	11	26	37
Spain	8	15	23
World	7	16	24

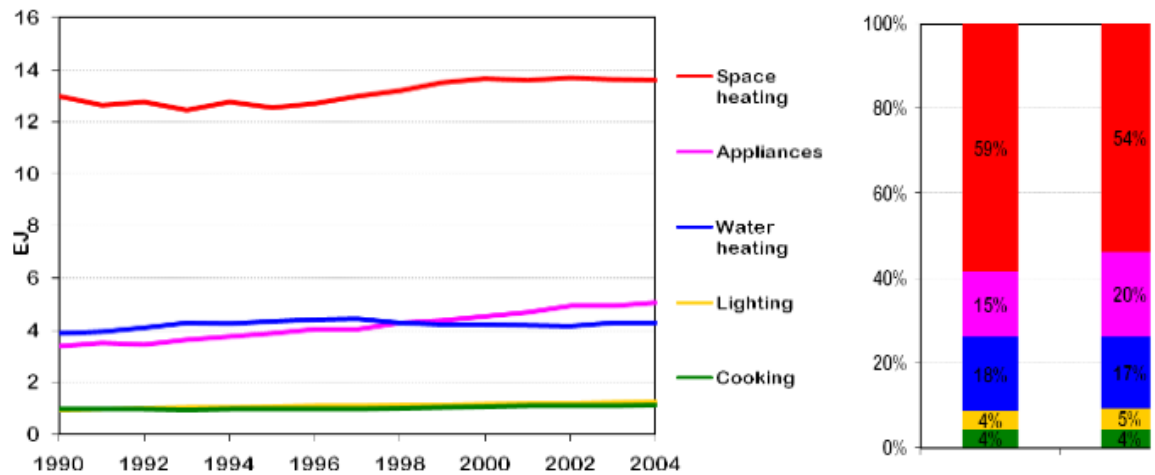
Espanjassa puolestaan rakennusten energiankulutuksen osuus oli 23 prosenttia, joka on kuitenkin kasvamassa johtuen talouskasvusta, rakennusalan laajenemisesta sekä erityisesti lisääntyneiden HVAC-järjestelmien vuoksi (KUVIO 8). Espanjan energiankulutus on noussut vuodessa 4.2 prosenttia. (Perez-Lombart ym. 2007.)



KUVIO 8. Rakennusten energiankulutuksen kehitys. (Perez-Lombart ym. 2007.)

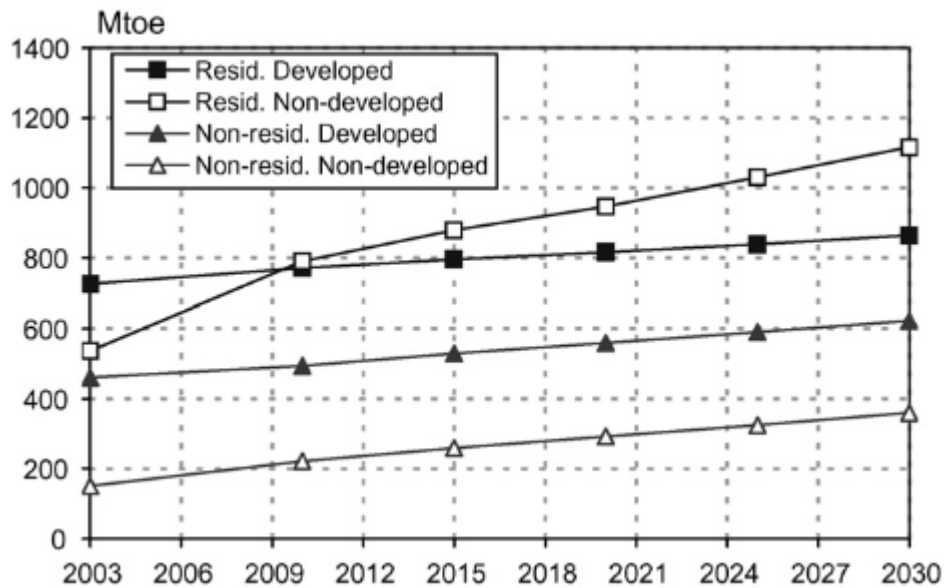
EU on kiristänyt merkittävästi HVAC-järjestelmien vaatimuksia muun muassa tarkastusten osalta, sillä HVAC on suurin kulutusryhmä sekä asuin- että toimistorakennuksissa (KUVIO 9). HVAC-järjestelmien kasvava osuus selittyy asumis- ja mukavuusvaatimusten nousulla. HVAC-järjestelmillä on merkittävä osuus, noin 50 prosenttia, rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta. Esimerkiksi USA:ssa

HVAC:n osuus koko maan energiankulutuksesta on noin 20 prosenttia. (Perez-Lombart ym. 2007.)



KUVIO 9. Energiankulutuksen jakautuminen asuinrakennuksissa. (Laustsen 2008.)

Arvioidaan, että seuraavien 20 vuoden aikana rakennussektorin energiankulutus tulee kasvamaan 34 prosenttia. Vuonna 2030 asuntojen kulutuksen ennustetaan olevan jopa 67 prosenttia ja muiden rakennusten kulutus 33 prosenttia. Kehittyvissä maissa julkinen sektori laajenee muun muassa koulutuksen ja terveydenhuollon kehittyessä, jolloin myös energiankulutuksen arvellaan kaksinkertaistuvan 25 vuodessa (KUVIO 10). (Perez-Lombart ym. 2007.)



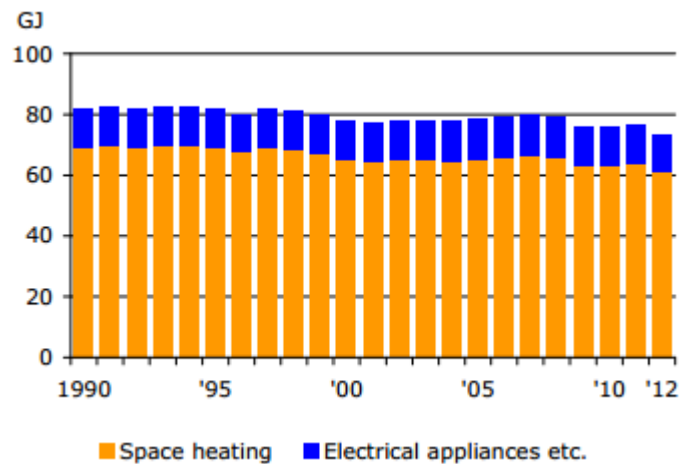
KUVIO 10. Kulutuksen kehitys tulevaisuudessa. (Perez-Lombart ym. 2007.)

2.4.1 Tanska

Kuten muissakin maissa, myös Tanskassa rakennusten energiankulutus on suuri. Vuonna 2012 asuinrakennukset käyttivät 31 prosenttia Tanskan energiankulutuksesta. Tanskalaisen State of Green –järjestön mukaan rakennusten energiankulutusta on mahdollista vähentää olemassa olevalla teknologialla vähintään 50 prosenttia. (State of Green 2011.)

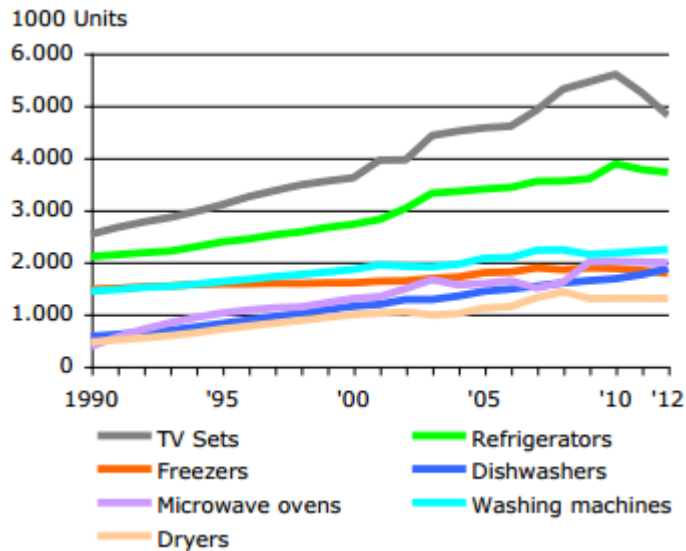
Jo vuodesta 1961 lähtien Tanskalla on ollut käytössä määräyksiä koskien uusia rakennuksia. Talojen energiatehokkuuden parantaminen on lähtöisin öljykriisistä 70-luvulla, jolloin talojen lämmittäminen kallistui huomattavasti. Tästä eteenpäin energiavaatimukset sekä määräykset ovat kiristyneet useita kertoja. Nykyisin talojen lämmöntarve on enää 25 prosenttia vuoteen 1971 verrattuna. Tanskan tavoitteena on, että vuoden 2020 voimaan tulevien määräysten myötä uudet talot olisivat NZEB-rakennuksia. Öljyn käyttö on vähentynyt huomattavasti, sillä vuosien 1990 ja 2012 välillä öljyn osuus on pudonnut 75 prosenttia. Uusiutuvien energianlähteiden osuus puolestaan vuonna 2012 oli 152 prosenttia vuoteen 1990 verrattuna. (Danish Energy Agency 2012.)

Tanskalaisen kodin keskimääräinen energiankulutus vuonna 2012 oli 73.2 GJ, josta 60.9 GJ kului rakennuksen sekä veden lämmitykseen. Vuoteen 1990 verrattuna energian kokonaiskulutus on laskenut 10.9 prosenttia. Kodin elektroniisiin laitteisiin kului 12.3 GJ, joka on 3.2 prosenttia vähemmän 90-lukuun nähden. Energiankulutuksen jakautuminen ja kehitys on esitetty Kuviossa 11.



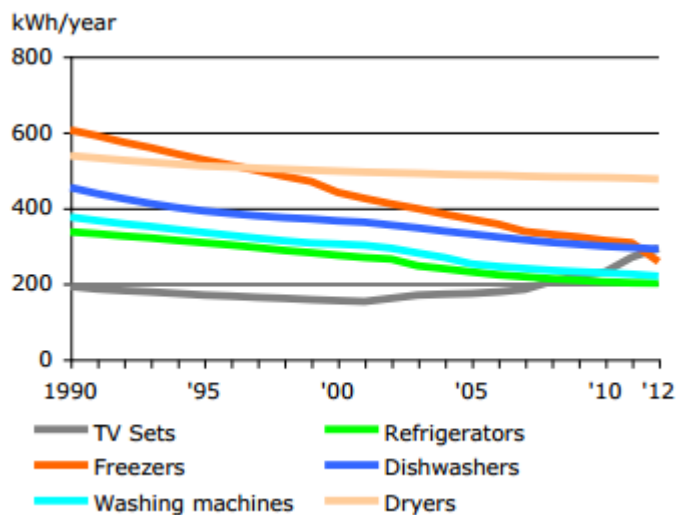
KUVIO 11. Kodin energiankulutuksen jakautuminen. (Danish Energy Agency 2014.)

Elektronisten laitteiden määrä on noussut jyrkästi vuodesta 1990, kuten Suomesakin (KUVIO 12). Muun muassa mikrojen määrä vuonna 2012 oli 421 prosenttia suurempi vuoteen 1990 verrattuna, astianpesukoneiden määrä kasvoi 228 prosenttia ja kuivausrumpujen määrä kasvoi 182 prosenttia. Samalla ajanjaksolla laitteiden energiankulutus on puolestaan ollut laskusuunnassa. (Danish Energy Agency 2014.)



KUVIO 12. Laitemäärän kehitys kodeissa 1990-2012. (Danish Energy Agency 2014.)

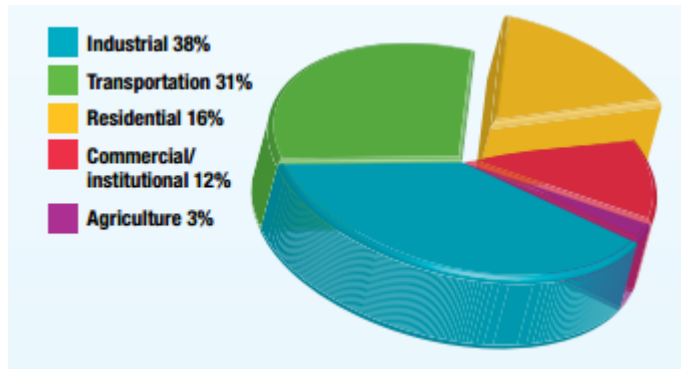
Laitemäärän kasvusta huolimatta sähkönkulutus kodin laitteilla on laskusuunnassa, mikä johtuu tekniikan kehityksestä. Kuviossa 13 on esitetty eräiden laitteiden sähkönkulutuksen kehitys. Esimerkiksi jääkaappien vuosittainen sähkönkulutus on pudonnut 200 kWh:iin vuoden 1990 336 kWh:sta. (Danish Energy Agency 2014.)



KUVIO 13. Laitekohtainen sähkönkulutus vuodessa aikavälillä 1990-2012. (Danish Energy Agency 2014.)

2.4.2 Kanada

Kanadassa kotien energiankulutuksesta noin 80 prosenttia käytettiin tilojen sekä veden lämmitykseen vuonna 2010 ja kodit kuluttivat 16 prosenttia maan kokonaisenergiankulutuksesta (KUVIO 14). (Appleby 2013.)



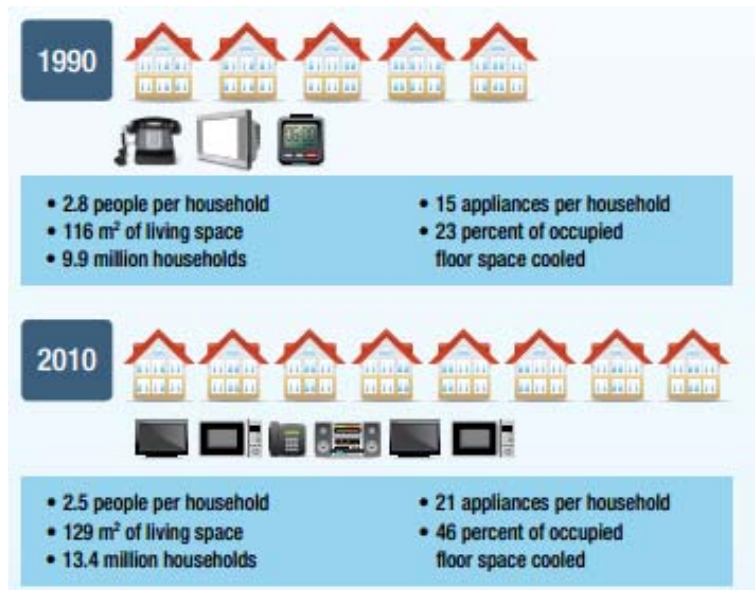
Kuvio 14. Kanadan energiankulutus sektoreittain. (Appleby 2013)

Kokonaisenergiankulutus asuntosektorilla oli vuonna 2011 1 456.2 PJ, josta kodin laitteet kuluttivat 13.6 prosenttia, valaistus 3.8 prosenttia, tilojen lämmitys 62.2 prosenttia ja veden lämmitys 19.6 prosenttia (TAULUKKO 3). (Natural Resources Canada 2013.)

TAULUKKO 3. Asuinrakennusten energiankulutus. (Natural Resources Canada 2013.)

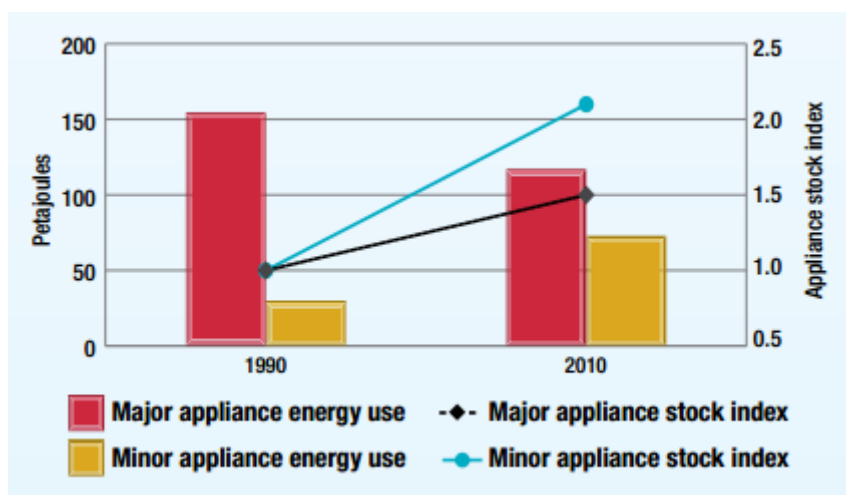
	1990	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Total Energy Use (PJ)	1,282.5	1,371.2	1,500.4	1,504.5	1,428.7	1,362.5	1,456.2
Energy Use by End-Use (PJ)							
Space Heating	798.1	810.2	920.8	932.1	900.6	827.3	899.0
Water Heating	251.1	294.3	305.4	299.3	284.5	279.3	295.1
Appliances	174.5	184.0	190.3	193.9	177.1	177.8	183.5
Lighting	48.9	57.2	58.2	59.0	53.2	53.7	54.0
Space Cooling	9.8	25.5	25.8	20.3	13.3	24.4	24.6
Shares (%)							
Space Heating	62.2	59.1	61.4	62.0	63.0	60.7	61.7
Water Heating	19.6	21.5	20.4	19.9	19.9	20.5	20.3
Appliances	13.6	13.4	12.7	12.9	12.4	13.1	12.6
Lighting	3.8	4.2	3.9	3.9	3.7	3.9	3.7
Space Cooling	0.8	1.9	1.7	1.3	0.9	1.8	1.7

Samaan aikaan, kun kanadalaisten kotien keskimääräinen asukasluku on pudonnut vuoden 1990 2.8 asukkaasta vuoden 2010 2.5 asukkaaseen, asumistilojen koko on kasvanut 116 neliömetristä 129 neliömetriin (Kuvio 15). Vuonna 1990 kodeissa oli keskimäärin 15 laitetta, kun taas vuonna 2010 laitemäärä oli kasvanut 21 laitteeseen. 46 prosenttia asumistiloista oli jäähdytetty vuonna 2010, vastavasti vuonna 1990 tiloista vain 23 prosenttia oli jäähdytetty. (Appleby 2013.)



KUVIO 15. Tilasto kanadalaisista kodeista. (Appleby 2013.)

Vuoden 1990 tilastoinneista lähtien merkittävät laitteet, kuten jääkaapit, pakastimet, pesukoneet ja uunit, ovat pudottaneet kulutusta 24.2 prosenttia, vaikka laitemäärä kasvoi 48.2 prosenttia. Kotien laitteiden kokonaisenergiansäästö on kuitenkin kumoutunut johtuen pienempien laitteiden, kuten televisioiden ja tietokoneiden, kasvaneesta määrästä. Vuonna 1990 alle yksi kuudesta kodista omisti tietokoneen, kun vuonna 2010 viidestä kodista yli neljässä oli tietokone. (Appleby 2013.)



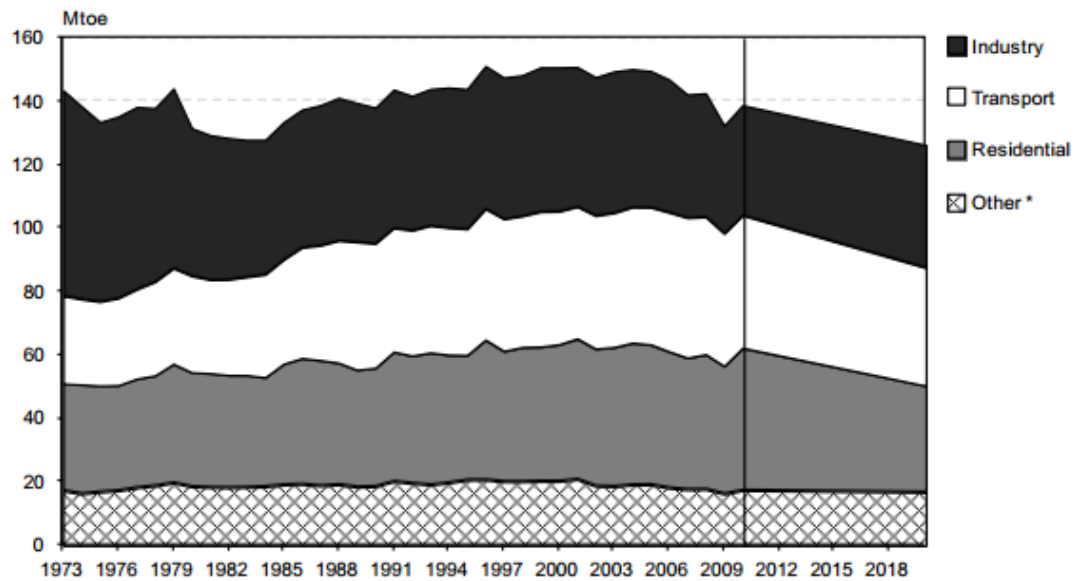
KUVIO 16. Laitteiden kulutus vuosina 1990 ja 2010. (Appleby 2013.)

2.4.3 Iso-Britannia

Iso-Britanniassa on vastaavanlainen kehityssuunta kuin Kanadassa, asuntojen määrä on kasvanut, mutta asukkaiden määrä asuntoa kohti on laskenut. Vuonna 1970 asunnossa asui keskimäärin 2.9 henkilöä ja vuoteen 2005 mennessä talouden koko oli enää 2.3 henkilöä. Asuntotyypeistä omakotitalojen osuus on hieman kasvanut ja huoneistojen osuus puolestaan laskenut. Tyypillisesti omakotitalojen lämpöhäviöt ovat suuremmat kuin pienempien asuntojen. Iso-Britanniassa omistusasuminen on noussut suosituksi, minkä myötä suurempi joukko on itse vastuussa asuntojen tehokkuudesta. Tavoitteena on, että vuodesta 2016 lähtien uudet asunnot olisivat täysin CO₂-vapaita. (Utley & Shorrocks 2008.)

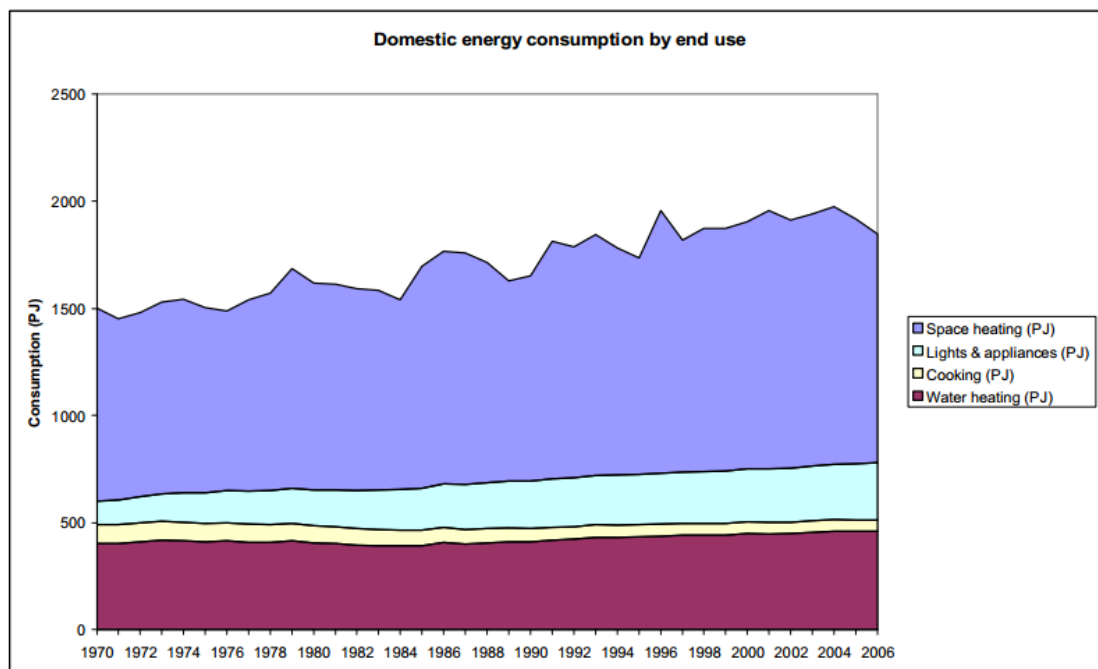
Koska Iso-Britannian rakennuskanta on yksi vanhimmista Euroopassa, tavoitteena on keskittyä olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parantamiseen. Lisäksi ihmisten tietoisuuden kasvattamisen avulla pyritään vaikuttamaan kulutustottumuksiin ja sen myötä energian säästämiseen. Kulutusmittareita lisätään miljooniin asuntoihin, minkä on todettu vaikuttavan asukkaiden kulutustottumuksiin. (International Energy Agency 2012.)

Iso-Britannian suurin energian loppukäyttäjä on asuntosektori, joka kuluttaa 32 prosenttia koko maan käyttämästä energiasta (KUVIO 17). (International Energy Agency 2012.)



KUVIO 17. Energiankulutus Iso-Britanniassa. (International Energy Agency 2012.)

Asuinrakennusten energiankulutuksen jakautuminen on esitetty Kuviossa 18. Ruoanlaittoon kuluvan energian määrä on ollut lievässä laskussa, veden lämmityksen osuus on pysynyt suhteellisen tasaisena ja laitteiden energiankulutus on ollut tasaisessa nousussa vuodesta 70-luvulta lähtien. (Utley & Shorrock 2008.)



KUVIO 18. Energiankulutus asuinrakennuksissa. (Utley & Shorrock 2008.)

3 TALOAUTOMAATIO JA TOTEUSTUSTAVAT

Taloautomaatiolla hallitaan taloteknisiä laitteita ja järjestelmiä. Ohjauksen avulla voidaan toteuttaa yhtenäinen ja energiaa säästävä kokonaisuus mukavuudesta tinkimättä. Erillisten toimintojen säästövaikutuksia on vaikea arvioida, joten nimenomaan automaation ja rakennusteknisten toteutusten yhteisvaikutus ratkaisee, kuinka paljon energiaa voi säästää. Yksi tärkeimmistä ohjaustekniikan tavoitteista on estää vastakkaisten toimintojen, kuten lämmityksen ja jäähdytyksen, yhtäaikainen toiminta. (Ympäristöministeriö 2012.)

Taloautomaation tarkoituksena on lisätä asumismukavuutta, turvallisuutta sekä energiatehokkuutta. Taloautomaation avulla voidaan hallita muun muassa lämpökuormia, valaistusta, ilmastointia, lämmitystä, turvajärjestelmiä, kaihtimia, kodin elektronisia laitteita ja pistorasioita. Lisäksi automaation avulla voidaan seurata reaaliaikaisesti kodin energiankulutusta, minkä on todettu olevan erityisen tärkeää pyrittäessä vaikuttamaan asukkaiden kulutustottumuksiin. Automaation avulla saadaan myös optimoitua rakennusteknisten ratkaisujen hyödyt ja vähennettyä suunnittelu-, asennus- ja kaapelointikustannuksia. Lisäksi järjestelmän laajentamismahdollisuudet takaavat turvallisen ja pitkäikäisen investoinnin tulevaisuuden varalle. (Ympäristöministeriö 2012.)

3.1 Ohjaustekniikalla ohjattavat toiminnot

Tässä kappaleessa esitellään tavanomaisimmin ohjattavat kohteet. Ohjausjärjestelmien tulisi toimia keskenään niin, etteivät vastakkaiset toiminnot, tyypillisesti lämmitys ja jäähdytys, olisi yhtä aikaa päällä.

Valaistuksen ohjauksella voidaan ohjata valaistustasoa päivänvalon mukaan, mikä mahdollistaa valaisimien energiankulutuksen minimoinnin ja samalla päivänvalon tehokkaan hyödyntämisen. Turhia lämpökuormia, joita valaisimet aiheuttavat, saadaan vähennettyä ohjaamalla valaisimia yhdessä lämmitysjärjestelmän kanssa.

Valaistusohjausta toteutetaan tilanneohjauksilla, liiketunnistimilla, valaistusvoimakkuusantureilla, sälekaihtimien säätimillä sekä läsnäoloantureilla. (ABB 2011.)

Verhomoottoriohjaimilla toteutetaan markiisien ja verhojen ohjausta. Verhojen ja markiisien ohjaus perustuu yhteistoimintaan lämmityksen, jäähdytyksen ja sääolosuhteiden kanssa. Sääaseman tiedot, kuten tuulennopeus, auringon häikäisy ja sade, ohjaavat verhomoottoriohjaimia. (ABB KNX-taloautomaatio 2012.)

Sisäilmanlaatua on mahdollista tarkkailla muun muassa kosteusantureilla sekä CO₂-antureilla. Esimerkiksi saunomisen jälkeen pesutilojen kosteus on huomattavan korkealla, jolloin ilmastoinnin tarve kasvaa hetkellisesti. Ilmastointi voidaan ohjata päälle, kunnes normaalitila on saavutettu. Ilmastoinnin tarve lisääntyy, kun rakennuksen tiloissa on esimerkiksi enemmän ihmisiä ja hiilidioksidipitoisuus nousee. CO₂-antureiden mittauksiin perustuvalla ilmastoinnilla saadaan aikaan miellyttävä sisäilma. (ABB KNX-taloautomaatio 2012.)

Rakennusten lämmitystä, jäähdytystä ja huoneiden lämpötiloja voidaan ohjata esimerkiksi huonekohtaisilla termostaateilla, markiiseilla ja läsnäoloantureilla. Auringosta saatavan lämpösäteilyn hyödyntäminen etenkin kesäaikaan mahdollistaa lämmityksen alentamisen. (ABB KNX-taloautomaatio 2012.)

Turvallisuuteen liittyviä ohjausteknisiä ratkaisuja on muun muassa kameravalvonnat, vesivuotoihin liittyvät anturit, palovaroitinjärjestelmä sekä murtohälytykset. Vesivahingon sattuessa järjestelmä katkaisee vedentulon tai ilmoittaa vuodosta hälytyksillä. Lisäksi talon tapahtumia on mahdollista seurata etänä internetin välityksellä, kun asukkaat ovat esimerkiksi pitkällä matkalla. (ABB KNX-taloautomaatio 2012; Koskinen 2013.)

3.2 Ohjaustekniikkaratkaisut

Ohjaustekniikka kehittyy jatkuvasti, etenkin langattomat ratkaisut ovat vallanneet alaa yksinkertaisemmän asennettavuuden vuoksi. Tässä kappaleessa esittelen lyhyesti muutamia mahdollisia tekniikoita, joilla kodin ohjausjärjestelmän voi toteuttaa.

Avoimella automaatiolla tarkoitetaan tekniikkaa, jota kukaan ei omista eikä tekniikasta peritä tekijänoikeusmaksuja. Tiedonsiirtoprotokollat ovat tunnettuja, avoimia sekä kaikkien käytettävissä. Järjestelmä mahdollistaa sen, että laite- ja järjestelmätoimittajat ovat vapaasti valittavissa. (Ympäristöministeriö 2012.)

KNX on avoin standardi asuin-, toimisto- ja teollisuusrakennusten järjestelmien ohjaukseen. KNX-taloautomaatiojärjestelmä toimii linkkinä sähkönjakelukomponenttien välillä mahdollistaen koko kodin sähköisten toimintojen ohjauksen. Järjestelmän avulla voidaan muodostaa älykäs verkko, johon on liitetty valaistus, ilmastointi, lämmitys, turvajärjestelmä, AV-järjestelmät, verhot ja kodin elektroniset laitteet. Taloautomaation toimintoja voidaan siis ohjata yhdellä järjestelmällä. Ympäri maailmaa on satoja valmistajia, joiden tuotteet soveltuvat KNX-tekniikkaan. Väylätekniikalla toteutetun kodinohjausjärjestelmän avulla voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. (ABB 2011.)

Väylätekniikka sisältää toimilaitteet, kytkinyksiköt sekä väylän. Toimilaitteiden tehtävänä on vastaanottaa komentoja, kytkinyksiköt suorittavat komennot ja väylän tehtävänä on toteuttaa tiedonsiirto toimilaitteiden ja kytkinyksikköjen välillä. Toiminta perustuu antureiden antamiin komentoihin, jotka päätyvät ohjausväylän kautta toimilaitteille. Toimilaitteiden tehtävänä on ohjata talon toimintoja, joita on muun muassa lämmitys, jäädytys ja kodinkoneet. Tiedonsiirtoreittinä on mahdollista käyttää joko sähköverkon kaapelointia, valokaapelia, kierrettyä parikaapelia tai langatonta yhteyttä. Toimintojen ohjaus toteutetaan kytkimillä, painikkeilla, ohjauspaneeleilla tai kauko-ohjauksella. (ABB 2011.)

Johan Stigzeliuksen, KNX Finland ry:n puheenjohtajan, mukaan Suomessa asennetaan noin 300 järjestelmää vuosittain. KNX-järjestelmillä toteutettu valaistuso-

jaus arvioidaan tuottavan jopa 35 - 50 prosentin energiansäästön, markiisijärjestelmien säästöpotentiaali on 10 - 13 prosenttia. (Anteroinen 2012.) Järjestelmien asennusmäärät eivät ole kovinkaan suuria, vaikka toteutuksia on asennettu jo 90-luvulta lähtien.

Muita tunnettuja väylätekniikoita on muun muassa ModBus, X10, LON ja BACnet. Langattomia järjestelmiä, jotka hyödyntävät radiotekniikkaa, on muun muassa Z-Wave, ZigBee, Bluetooth ja WLAN. Langattomien toteutusten suurimpana etuna on kaapeloinnin vähyys, minkä ansiosta järjestelmä on helpompi rakentaa olemassa olevaan rakennukseen.

4 AUTOMAATORATKAISUJA JA KIRJALLISUUSTUTKIMUKSIA

Sustainable Urban Living –konseptin mukainen älytalo Adjutantti on Espoossa sijaitseva kerrostalo. Rakennuksessa on toteutettu huoneistokohtainen seurantajärjestelmä, josta asukkaat voivat seurata sähkön, veden ja lämmitysenergian kuluusta. Ohjausjärjestelmä on toteutettu KNX-väylätekniikalla. (Suomen Rakennuslehti 2011.)

Adjutantissa on panostettu ekotehokkuuteen, kuten aurinkoenergian käyttöön. Rakennus tuottaa itse energiaa aurinkopaneeleilla, joista saatavalla sähköllä portaitot valaistaan ja sähköautoja ladataan. Aurinkosähköllä saadaan tuotettua noin 30 prosenttia rakennuksen tarpeesta. (Suomen Rakennuslehti 2011.)

Kerrostaloon tullessa järjestelmä tunnistaa asukkaan tunnistekortilta, avaa ulkooven ja sytyttää valaistuksen. Järjestelmä kutsuu hissin, joka tietää viedä asukkaan oikeaan kerrokseen. (Skanska 2011.) Huoneistoissa automaatiojärjestelmään on liitetty valaistus, lämmitys, ilmastointi sekä pistorasiat. Poistuttaessa huoneistosta lämmitys voidaan ohjata kaksi astetta kylmemmälle sekä pistorasiat ja valaistus kytketään pois päältä. Automaation avulla arvioidaan saavutettavan 15 prosentin säästö. (Skanska 2012.)

Tanskalaisen Aaborgin yliopiston The Comfort Houses –projektissa seurattiin kahdeksan passiivitalon asukkaiden elämää vuosien 2008 ja 2011 välillä.

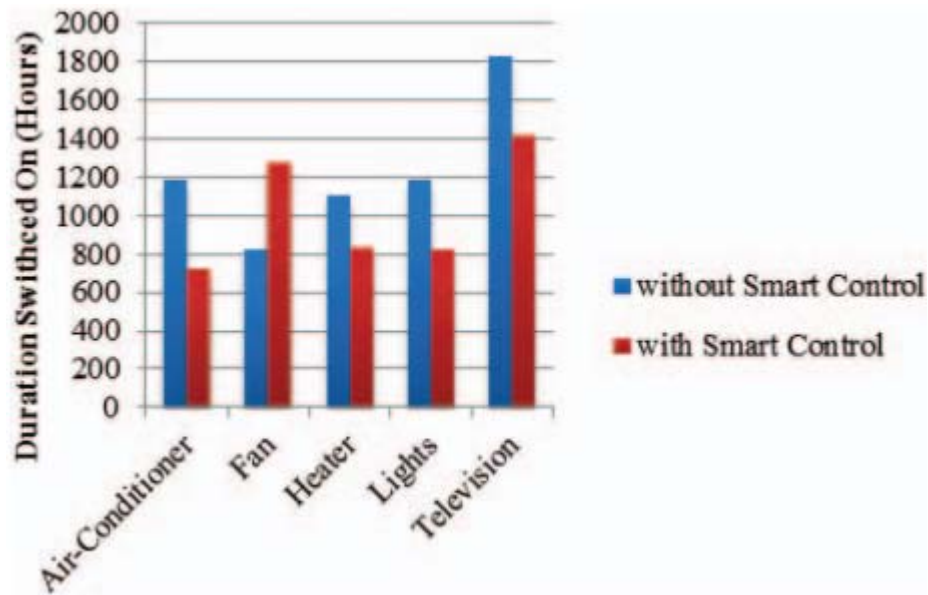
Taloissa pyrittiin hyödyntämään sekä luonnollista ilmanvaihtoa että auringonvaloa ja lämpösäteilyä. Ikkunoiden avaukset ja sulkeutumiset on ohjattu automaatiolla. Ikkunoiden avautumista ohjaa sisälämpötila, huoneilman kosteus tai CO₂-taso. Automaatio ohjaa ikkunoiden avaamista muun muassa asukkaiden ollessa poissa kotoa tai yöllä asukkaiden nukkuessa. Näin voidaan hyödyntää luonnollinen ilmanvaihto ilman, että itse tarvitsisi avalla ikkunoita. Kosteuspitoisuus rakennuksen sisällä vaihtelee sisällä olevien ihmisten määrästä riippuen sekä ilmanvaihdon tilan mukaan. CO₂-taso nousee talvella, kun luonnollista ilmanvaihtoa, eli ikkunoiden aukipitämistä ei juurikaan ole. Auringonvaloa hyödyntämällä voidaan vähentää

merkittävästi keinotekoisien valaistuksen käyttöä. Lisäksi kesällä markiisien ohjauksella saadaan vähennettyä jäähdytyksen tarvetta. (Larsen, Jensen & Daniels 2012.)

Rakennusten sijoittelulla ilmansuuntien mukaan on merkittävä vaikutus, kun pyritään hyödyntämään auringosta saatavaa ilmaisenergiaa. Talojen suunnittelussa tulisikin ottaa huomioon, missä huoneissa auringonvalosta saadaan eniten hyötyä, ja missä valoa tarvitaan vähiten. Auringosta saatavan valon avulla voidaan vähentää merkittävästi elektronisen valaistuksen tarvetta. (Larsen ym. 2012.)

Tutkimuksessa huomionarvoisena pidettiin asukkaiden omaa käyttäytymistä. Joissakin tapauksissa asukkaat olivat alkaneet manuaalisesti avaamaan ikkunoita aiheuttaen sisälämpötilan laskua, mikä puolestaan aiheutti lämmityksen päälleohjauksen. Toisena ongelmana ilmeni rakennuksen ylikämpeneminen, koska asukkaat halusivat nauttia enemmän näkymistä ja ylikämpenemisestä johtuen rakennus vaati lisää jäähdytystä. Ohjausjärjestelmien säätäminen ”omin päin” johti siis helposti kulutuksen lisääntymiseen. Yksi suurimmista energiankulutuksen tekijöistä onkin talossa asuva henkilö. (Larsen ym. 2012.)

Australialaisen yliopiston tutkimus, Energy Conservation in a Smart Home 2011, pyrki todentamaan älykkään ohjaustekniikan tarjoamia etuja. Tutkimuksessa seurattiin neljän kodin energiankulutuksen laskua, kun ohjausjärjestelmä oli toteutettu Z-Wave-ratkaisulla. Olohuoneeseen asennettiin sensoreita, kuten liiketunnistimia, lämpötilasensoreita ja valaistusvoimakkuussensoreita. Tutkimuksessa havaittiin, että laitteiden päälläoloaika lyhenee merkittävästi, kun käytetään älykäästä ohjaustekniikkaa (KUVIO 19). Turha energiankulutus johtuu pääsääntöisesti ihmisten huolimattomasta toiminnasta. Ohjaustekniikka voi siis huolehtia laitteiden sammuttamisesta ja täten laskea energiankulutusta tinkimättä silti mukavuudesta. (Tejani, Al-Kuwari & Potdar 2011.)



KUVIO 19. Automaation vaikutus laitteiden päälläoloaikoihin. (Tejani ym. 2011.)

Tutkimuksessa havaittiin myös, että ohjausjärjestelmän avulla laitteiden kulumista saatiin vähennettyä ja täten käyttöikää pidennettyä. Taulukossa 4 on kuvattu vuoden seurannan jälkeen toteutuneet säästöt. Kulutukset on listattu huoneittain, kun käytössä ei ole ohjausjärjestelmää sekä kulutus ohjausjärjestelmää käyttämällä. Ohjausjärjestelmän avulla vuodessa saavutettiin merkittävä taloudellinen säästö ja yli 2 700 kWh:n energiansäästö. (Tejani ym. 2011.)

TAULUKKO 4. Energiankulutus huoneittain ja toteutuneet säästöt. (Tejani ym. 2011.)

Scenario	without Smart Gateway control (kWh)	with Smart Gateway control (kWh)	Difference (kWh)	Cost Saving (\$)
Living Room	4044.596	2780.448	1264.148	227.55
Dining Area	183.553	123.841	59.712	10.75
Kitchen	2087.024	2061.820	25.204	4.54
Master Bed Room	3366.062	2736.425	629.637	113.33
Children's Bed Room	2034.359	1404.722	629.637	113.33
Guest Bed Room	467.336	322.776	144.560	26.02
Master Bathroom	43.952	37.634	6.318	1.14
Common Bathroom	46.630	39.969	6.661	1.20
Others	2516.300	2516.300	0.000	0.00
Total	14789.813	12023.935	2765.878	497.86

Amerikkalaisessa tutkimuksessa (Home Automation in the Wild: Challenges and Opportunities 2011) tutkijat halusivat tuoda esiin, millaisia positiivisia sekä negatiivisia vaikutuksia taloautomaatio on saanut aikaan asukkaissa. Tutkimuksessa selvitettiin neljäntoista talouden osalta, kuinka kauan automaatio on ollut asukkaiden käytössä, mikä järjestelmä heillä on käytössä ja kuinka paljon järjestelmään on investoitu (TAULUKKO 5). Joihinkin taloihin järjestelmä oli hankittu taloautomaatio toimittajilta asennuksineen ja osa järjestelmästä oli toteutettu tee-se-itse – menetelmällä (DIY). Valmiit järjestelmät olivat investointikustannuksiltaan pääsääntöisesti huomattavasti kalliimpia, mutta myös itserakennetut järjestelmät voivat olla laajuudesta riippuen kallis investointi. (Brush, Lee, Mahajan, Agarwal, Saroiu & Dixon 2011.)

TAULUKKO 5. Automaatiojärjestelmien investointikustannukset. (Brush ym. 2011.)

	ID	Time (years)	Brands	~ Cost (USD)
DIY	D1	4	Elk M1	\$5,000
	D2	2	Elk M1, Charmed Quark	\$10,000
	D3	1.5	mControl, Leviton	\$5,000
	D4	1	X10	\$200
	D5	2	Lorax, BayWeb	\$14,500
	D6	2	Control4	\$50,000
	D7	5	X10 Active Home	\$300
	D8	2	Lagotek	< \$5,000
	D9	10	ISY-99i, Insteon, X10	\$3,000
Outsourced	O1	3	HAI	Unknown
	O2	6	Creston	\$60,000
	O3	2.5	Control4	\$120,000
	O4	10	EIB Instabus, KNX	\$13,500
	O5	2	Lagotek, AudioQuest,	\$20,000

Lähes jokaisessa tutkimuskohteessa automaatiolla ohjattiin valaistusta. Viihdejärjestelmät kuuluivat ohjattaviin toimintoihin yhdessätoista kodissa. Kymmenessä kodissa oli järjestelmään liitetty lämmityksen sekä sälekaihtimien ohjaus.

Tutkimuksessa tuli esiin neljä suurinta negatiivisia puolta automaatiosta. Korkea hinta ja joustamattomuus kuuluivat haittapuoliin. Etenkin tee-se-itse –taloudet toivoivat, ettei järjestelmä sitoisi käyttäjää yhden valmistajan taakse. Kolmantena negatiivisena puolena oli heikko hallittavuus. Hallittavuuden osalta turhautumista aiheutti muun muassa järjestelmien pitkät reaktioajat, muutosten tekemisen hankaluus sekä ylläpito. Neljäntenä asiana, joka aiheutti epävarmuutta, oli turvallisuus. Etäkäytön katsottiin olevan hyödyllinen, kun talosta ollaan poissa pidempiä aikoja. Tietoturva kuitenkin huolestutti monia asukkaita etenkin valvontakameroiden ja automaattisten ovien lukitusten osalta. Moni asukas oli sitä mieltä, että etäkäyttöön tarkoitettujen sovellusten käytössä uhkana on ulkopuolisten pääsy järjestelmiin. Alussa järjestelmät olivat aiheuttaneet asukkaissa epäilyksiä, mutta lähes kaikki haastateltavat kotitaloudet olivat tyytyväisiä automaatiojärjestelmään. (Brush ym. 2011.)

5 ÄLYKOTIEN TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT JA KEHITYSSUUNTA

Rakennusteollisuuden mukaan korjausrakentamisen määrä on ylittänyt uudisrakentamisen määrän, joten energiatehokkuuden parantamisessa huomio on kiinnitettävä ennen kaikkea korjattaviin rakennuksiin. Omakotitaloissa energiatehokkuuden kehittäminen on kannattavinta, koska rakennuskannasta tilavuudeltaan suurin on ylivoimaisesti omakotitalot. Tulevaisuudessa uusiutuvan energian, kuten aurinkoenergian, käyttöä tullaan kannattamaan sekä uudis- että korjausrakentamisessa. (Rakennusteollisuus 2013.)

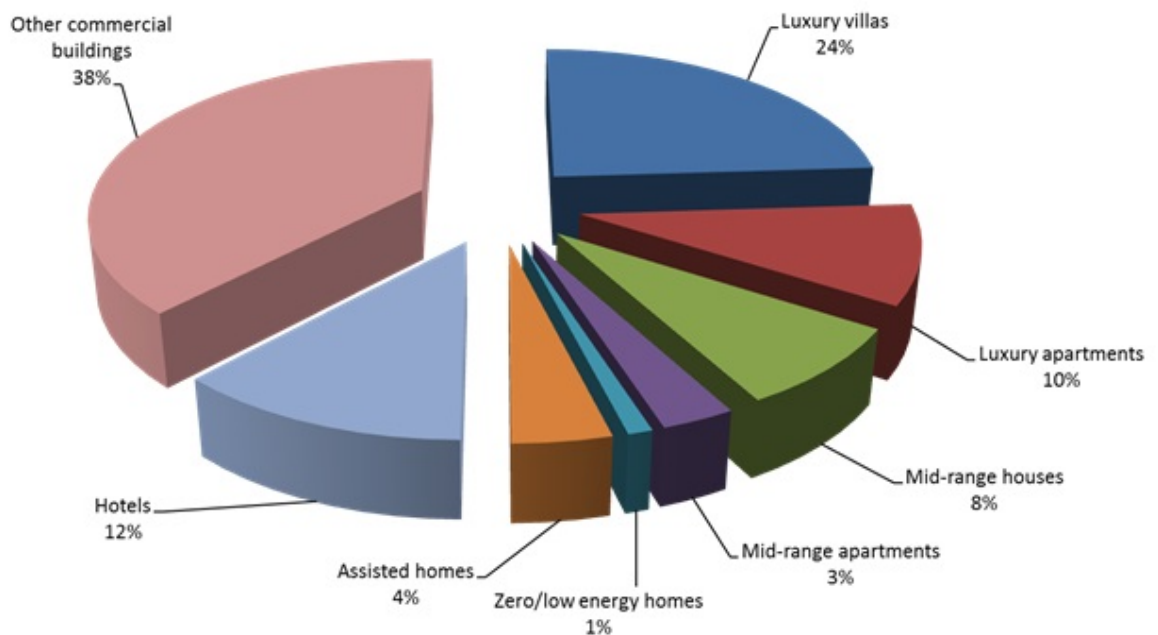
Nykyisin kaikissa uusissa autoissa on ajotietokone, joka seuraa muun muassa kulutusta ja ilmoittaa häiriöistä ja mahdollisista vaaroista. Ajotietokoneet ohjaavat ja valvovat kuljettajan toimintaa, mikä on verrattavissa taloautomaatiojärjestelmän periaatteeseen. Vaikka asunnon hankintahinta voi olla jopa kymmenkertainen auton arvoon verrattuna, taloon asennettavat älykkäät ohjausjärjestelmät ovat edelleen harvinainen sijoitus. (Koskinen 2013.) Syynä voi olla se, että talopakettitoimituksissa on harvoin älykotitoteutus valmiiksi mukana, saati edes ohjaustekniikan asennusvalmiudet. Rakentaja joutuu itse tutkimaan ohjausteknisiä ratkaisuja ja tekemään investoinnin talopakedin lisäksi. Autoissahan on ajotietokone vakiovarusteena, joten sen ei mielletä aiheuttavan lisäkustannuksia toisin kuin älykotijärjestelmien.

Taloautomaatio voi tulevaisuudessa seurata jopa sähkönhinnan muuttumista, jolloin automaatio ohjaa sähkönkäyttöä alhaisemman hinnan ajankohtaan. (Koskinen 2013.)

BSRIA:n (Building Services Research and Information Association) Smart Homes market –tutkimuksen mukaan tavallisten omakotitaloasujien sektoria taloautomaatio ei ole vielä tavoittanut. Luksusasuntojen, hotellien ja julkisten rakennusten markkinaosuus on kaikkein suurin (KUVIO 20). Taloautomaation hintojen tulisi laskea, jotta kysyntä kasvaisi tavanomaisten rakentajien ja remontoijien keskuudessa. Kiinnostus energiankulutuksesta ja älykoteja kohtaan on kasvanut viime vuosi-

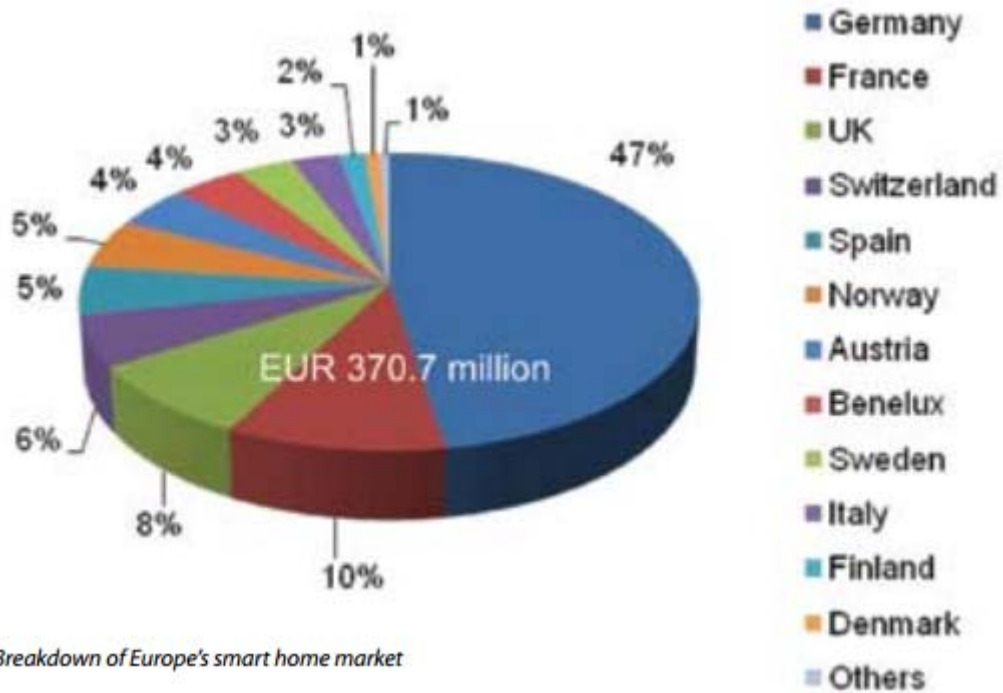
na, mutta edelleen ihmisten tietoisuus järjestelmiä kohtaan on heikolla tasolla. (Europe's smart home market, 2012.)

Vuonna 2012 älykotijärjestelmien markkina-arvo Euroopassa oli yli 500 miljoonaa euroa. Kasvua on tullut liki 19 prosenttia vuosien 2010 ja 2012 välillä. Markkinoiden odotetaan kasvavan vuosittain kahdeksan prosenttia vuoteen 2015 asti. Markkinoiden suosituin protokolla on KNX, jonka osuus on 68 prosenttia. (Europe's smart home market 2012.)



KUVIO 20. Smart home-markkinat segmenteittäin Euroopassa. (Global smart homes market, 2014.)

Saksassa markkinat ovat huomattavan suuret verrattuna muihin Euroopan maihin (KUVIO 21). Seuraavaksi suurimmat älykotimarkkinat ovat Ranskassa, Iso-Britanniassa ja Sveitsissä. Smart Home 2010 Europe-tutkimuksen mukaan Hollannissa älykotimarkkinoiden yksi tärkeistä alueista on kotihoito. Hollannin hallitus tukee taloudellisesti kotihoidon kehitystä, jotta kotona voitaisiin asua pidempään. (Europe's smart home market 2012.)



KUVIO 21. Älykotimarkkinat maakohtaisesti. (Europe's smart home market, 2012.)

Pohjois-Amerikassa asuntomarkkinoiden vilkastuminen, järjestelmien hintojen lasku ja tietoisuus nousu ovat päätekijöitä, joiden ansiosta älykotimarkkinat ovat kasvaneet vuosittain kahdeksan prosenttia. Vuonna 2012 markkina-arvo oli 0.7 miljardia dollaria. Älykotimarkkinoista valaistuksen ja kulutuselektroniikan ohjaus ovat suurimmat kohteet. (Global smart homes market, 2014.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Nykyisin kodin omistajat saavat käsiinsä runsaasti tietoa omasta sähkönkulutuksesta. Kulutusmittareiden avulla on mahdollista tiedostaa, mihin kotona kuluu sähköä ja miten kulutusta voi pienentää. Laitekohtaisen sähkönkulutuksen reaaliaikaisen seurannan on todettu vaikuttavan myönteisesti kulutustottumuksiin. Sähkön hinnan nousulla on myös vaikutusta kulutuskäyttäytymiseen.

Kehityssuunta asumisväljyyden osalta on samanlaista Suomen ja muiden maiden vertailussa. Rakennustyyppistä riippumatta asukkaiden lukumäärä asutokunnittain on laskusuunnassa ja asuinpinta-ala henkilöä kohti vastaavasti kasvusuunnassa.

Älykkäät ohjausjärjestelmät ohjaavat tehokkaasti kaikkia rakennuksen toimintoja, mutta käyttäjän omalla toiminnalla on vaikutusta energiansäästöjen toteutumisessa. Automaatiolla tulee olemaan merkittävä rooli rakennusmääräysten kiristyessä ja siirryttäessä matalaenergiarakentamisesta nollaenergiarakentamiseen. Asuinrakennuksissa tullaan jatkossa käyttämään uusiutuvaa energiaa, jonka avulla rakennus voi tuottaa oman energiansa.

Automaation edut ovat selkeimmin havaittavissa suurissa rakennuksissa, kuten toimisto- ja sairaalarakennuksissa, joissa energiankulutus on suuremmassa mittakaavassa. Lisäksi automaation tarjoamat energiansäästöt tulevat asuinrakennuksia tehokkaammin esiin loma-asunnoissa, joissa ei asuta vakituisesti. Kun loma-asunto on tyhjiällä, automaatio hoitaa sekä sisälämpötilan laskemisen että valaistuksen ja laitteiden virrankatkaisun.

Taloautomaation avulla saatavat hyödyt ovat kiistattomat, mutta silti älykäs ohjaustekniikka mielletään edelleen luksustuotteeksi, johon ei kannata sijoittaa. Taloautomaatio ei ole vielä saavuttanut suurta suosiota asuntorakentamisen alalla, vaikka tekniikkaa on ollut markkinoilla kymmeniä vuosia. Automaatio tuo huomattavaa lisäarvoa asunnolle, puhumattakaan energian säästämisestä, asumismukavuudesta tai turvallisuudesta. Nykyisin valmistajia ja tekniikoita on saatavilla runsaasti, mutta ihmisten tietoisuus eri toteutustavoista on edelleen heikko ja järjestelmät

koetaan usein myös vaikeakäyttöisiksi ja kalliiksi. Tulevaisuudessa älykkäät sähköverkot ja sähköautot tekevät tuloaan, puhumattakaan jokapaikan tietotekniikasta (Ubiquitous computing) sekä asioiden ja esineiden internetistä (IoT). Tekniikan avulla kodista on mahdollisuus tehdä paikka, jota rakennus itse kontrolloi. Tässä kehityssuunnassa ihmisten on vaikea pysyä mukana.

LÄHTEET

ABB. 2011. Investoi rakennusautomaatioon, KNX-taloautomaatio. Saatavissa:

http://www.asennustuotteet.fi/documents/Esitteet/investoi_rakennusautomaatioon_FIN_11-2011.pdf. Luettu 19.11.2013

ABB KNX-taloautomaatio. 2012. Tuoteluettelo 2012. Saatavissa:

http://www.rexel.fi/Documents/Tuotteet%20ja%20palvelut/Esitteet%20ja%20luettelot/Tiedostot/ABB_KNX_Tuoteluettelo_2012.pdf Luettu 20.11.2013

Adato Energia Oy. 2013. Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011 tutkimusraportti. Saatavissa:

http://www.motiva.fi/files/8300/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_Tutkimusraportti.pdf Luettu 24.1.2014

Anteroinen, S. 2012. Automaatiolla ilmastonmuutosta kaatamaan. Kiinteistö & talotekniikka. Saatavissa: <http://www.publico.com/magazine/pdf/689.pdf>. Luettu 4.12.2013

Appleby, J. 2013. Office of Energy Efficiency: Energy Efficiency Trends in Canada 1990 to 2010, 2013. Saatavissa:

http://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/data_e/trends.cfm?attr=0 Luettu 20.2.2014

BSRIA (Building Services Research and Information Association). 2012. Europe's smart home market, 2012. Saatavissa:

<https://www.bsria.co.uk/news/article/europes-smart-home-market-highly-concentrated-but-growing//> . Luettu 4.1.2014

BSRIA (Building Services Research and Information Association). 2014. Global smart homes market, 2014. Saatavissa:

<https://www.bsria.co.uk/news/article/global-smart-homes-market/>. Luettu 20.3.2014

Brush, A., Lee, B., Mahajan, R., Agarwal, S., Saroiu, S. & Dixon, C. 2011. Home automation in the wild: Challenges and Opportunities. Saatavissa:
http://research.microsoft.com/pubs/145863/HomeOSCHI_cameraready_Final.pdf.
Luettu 5.1.2013

Danish Energy Agency. 2012. Energy Policy in Denmark. Saatavissa:
http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/dokumenter/publikationer/downloads/energy_policy_in_denmark_-_web.pdf. Luettu 10.1.2014

Danish Energy Agency. 2014 Energy Statistics 2012. Saatavissa:
http://www.ens.dk/sites/ens.dk/files/info/tal-kort/statistik-noegletal/aarlig-energistatistik/energy_statistics_2012.pdf. Luettu 10.1.2014

Euroopan Komissio. 2013. Progress by Member States towards Nearly Zero-Energy Buildings. Saatavissa:
http://ec.europa.eu/energy/efficiency/buildings/buildings_en.htm. Luettu 20.1.2014

International Energy Agency IEA. 2012. Energy Policies of IEA Countries: The United Kingdom 2012 Review. Saatavissa:
http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/UK2012_free.pdf. Luettu 21.2.2014

Koskinen, V. 2013. Älykoti tulee. Automaatioväylä 4/2013 Saatavissa:
http://www.automaatiovayla.fi/images/stories/lehdet/Automaatiovayla4_2013.pdf.
Luettu 23.2.2014

Larsen, T., Jensen, R. & Daniels, O. Aalborg University. 2012. The Comfort Houses. Saatavissa:
<http://www.komforthusene.dk/files/KOMFORT%20HUSENE/Vidensdeling/Measurements%20and%20analysis.pdf>. Luettu 22.3.2014

Laustsen, J. 2008. Energy efficiency requirements in building codes, energy efficiency polices for new buildings 2008. Saatavissa:

http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Building_Codes.pdf.

Luettu 4.3.2014

Natural Resources Canada 2013. Residential Secondary Energy Use by End-use, 2013. Saatavissa:

<http://oee.nrcan.gc.ca/corporate/statistics/neud/dpa/showTable.cfm?type=CP§or=res&juris=ca&rn=2&page=4&CFID=32359041&CFTOKEN=82f5894fcee818de-FA658459-D23F-6A66-C1B0290C447C5ECD> Luettu 18.2.2014

Perez-Lombart, L., Ortiz, J. & Pout, C. 2007. A review on buildings energy consumption information. Saatavissa:

http://www.esi2.us.es/~jfc/Descargas/ARTICULOS/PAPER_LPL_1_OFF-PRINT.pdf. Luettu 4.3.2014

Skanska. 2012. Adjutantti Case Study. Saatavissa: [fi-](#)

file:///C:/Users/User/Downloads/SkanskaCS95_Adjutantti.pdf. Luettu 23.2.2014

Skanska. 2011. Ympäristöystävän koti on kaupungissa. Saatavissa: [fi-](#)

<file:///C:/Users/User/Downloads/Espoon%20Adjutantti%20esite.pdf>. Luettu 25.1.2014

Suomen Rakennuslehti. 2011. Skanskan uusi ekotehokas kerrostalo tarjoaa sähköauton asukkaiden käyttöön. Artikkelin luettavissa:

<http://www.rakennuslehti.fi/uutiset/projektit/26012.html>. Luettu 20.1.2014

State of Green. 2011. Energy Efficiency. Saatavissa:

<http://www.stateofgreen.com/en/Energy-Efficiency>. Luettu 2.3.2014

Tejani, D., Al-Kuwari, A. & Potdar, V. 2011. Energy Conservation in a Smart Home. Saatavissa:

<http://ieeexplore.ieee.org.ezproxy.centria.fi/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=5936632>. Luettu 28.11.2013

Tilastokeskus. 2013. Asumisen energiankulutus 2012. Saatavissa: http://www.stat.fi/til/asen/2012/asen_2012_2013-11-13_tie_001_fi.html. Luettu 20.3.2014

Utley, J. & Shorrock, L. 2008. Domestic Energy Fact File. Saatavissa: http://www.bre.co.uk/filelibrary/pdf/rpts/Fact_File_2008.pdf. Luettu 22.2.2014.

Ympäristöministeriö. 2013. Olemassa olevan rakennuksen energiatehokkuus. Saatavissa: http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Rakentaminen/Rakennuksen_energia_ja_ekotehokkuus/Olemassa_olevan_rakennuksen_energiatehokkuus. Luettu 24.1.2014

Ympäristöministeriö. 2012. Rakennusten automaation vaikutus energiatehokkuuteen. Saatavissa: http://www.avoinautomaatio.fi/doc/standardi_sfs-en_15232/Rakennusten-automaation-vaikutus-energiatehokkuuteen.pdf. Luettu 3.3.2014

Ohje välilehden lämpöenergian ja sähköenergian vertailukulutuksen täyttämiseen

Lämpöenergian Lämpöenergian vertailukulutukseen täytetään kohteen lämpöenergian vuotuinen **vertailukulutus**: energiankulutus (kWh/a). Sisältää sekä lämmitykseen että jäähdytykseen käytettävän energian. Voit käyttää energiatodistuksessa olevia lukuja 'Lämmitysenergian kulutus' ja 'Jäähdytysenergian kulutus' yhteenlaskettuna.

Sähköenergian Sähköenergian vertailukulutukseen täytetään kohteen talotekniikkalaitteiden ja valaistuksen **vertailukulutus**: vuotuinen energiankulutus (kWh/a).

Isoilla rakennuksilla voidaan käyttää kiinteistösähkönkulutusta. Kiinteistösähkөөn sisältyy tyypillisesti rakennuksen kiinteän valaistusjärjestelmän sähkönkulutus, talotekniikan pumppujen, puhaltimien, automatiikkalaitteiden, kiinteistösaunojen ja hissien, sekä rakennuksen ulkopuolella valaistuksen ja kohdelämmitysten (autopaikat, sulanapito) kuluttama sähkö.

Voit käyttää tässä energiatodistuksessa olevaa lukua 'Kiinteistösähkön kulutus'. Koska asuinkerrostalon tapauksessa energiatodistuksen kiinteistösähkön kulutukseen ei sisälly asuntojen valaistussähkö, voidaan se tässä yhteydessä lisätä kiinteistösähkön kulutukseen. Asuntojen valaistussähkö voidaan selvittää arvioimalla (esimerkiksi rakentamismääräyskoelman osien D3 ja D5 avulla) tai mittaamalla. Muiden (kuin asuinkerrostalojen) isojen rakennusten energiatodistuksen kiinteistösähkön kulutukseen sisältyy kaikki tässä huomioitava valaistussähkö.

Pienrakennuksilla käytetään valaistussähkön ja talotekniikan käyttämän sähkön yhteenlaskettua kulutusta. Käytetyt kulutuslukemat voivat olla mitattuja tai arvioituja. Lisäohjeita näiden järjestelmien sähkönkäytön arvioimiseksi on esimerkiksi rakentamismääräyskoelman osassa D5.

Esimerkkikulutuksia: (Huom, nämä ovat vain esimerkinomaisia lukemia tietyille kiinteistöille, käytä kohteen mitattuja tai arvioituja lukemia)

Toimistorakennus, 3480 brm² lämpöenergiankulutus: 453 510 kWh/a (lämmitysenergiankulutus) + 48 019 kWh/a (jäähdytysenergiankulutus) = 501 529 kWh/a.

sähköenergiankulutus: 163 542 kWh/a (kiinteistösähkönkulutus, sisältää valaistussähkön)

Asuinkerrostalo, 1330 brm² lämpöenergiankulutus: 205 865 kWh/a (lämmitysenergiankulutus, ei jäähdytystä)

sähköenergiankulutus: 23 322 kWh/a (kiinteistösähkönkulutus) + 9 310 kWh/a (arvioitu asuntojen valaistussähkö) = 32 632 kWh/a

Pientalo, 163 brm² lämpöenergiankulutus: 28 010 kWh/a (lämmitysenergiankulutus, ei jäähdytystä)

sähköenergiankulutus: 2 282 kWh/a (arvioitu talotekniikan ja valaistussähkön käyttö, ei sisällä "pistorasiasähköä")

Minkälaisia asioita haluat automaation hoitavan käyttäjän puolesta? _____

1.

- Automaatiolla hoidetaan turvallisuuteen ja talotekniikan käyttöön liittyviä välittömiä asioita. Muut asiat käyttäjä hoitaa itse.
- Automaatio lisäksi säättää ja ohjaa talotekniikkaa ja sähköjärjestelmiä niin, että käyttäjän sisäolosuhteille (lämpötila, valaistus, ilmanlaatu, jne.) asettamat tavoitearvot toteutuvat.
- Automaatio lisäksi optimoi järjestelmien toimintaa niin, että energiaa kuluu mahdollisimman vähän.
- Automaatio lisäksi raportoi toteutuneista olosuhteista ja kulutuksista sekä havaitsee poikkeamat tavoitearvoista.

Millä tavalla haluat käyttäjän voivan ohjata ja vaikuttaa sisäolosuhteisiin? _____

2.

- Käyttäjä ohjaa täysin manuaalisesti suurinta osaa energiaa käyttäviä laitteita. (esimerkiksi käsikäyttöiset valokytkimet tai moottorikäyttöiset varjostimet)
- Käyttäjä asettaa sisäolosuhteet itsenäisesti toimivien tilakohtaisten säätö- ja ohjauslaitteiden avulla. (erillisjärjestelmät)
- Käyttäjä asettaa sisäolosuhteet osana automaatiojärjestelmää toimivien säätö- ja ohjauslaitteiden avulla ja automaatio ottaa huomioon muiden tilojen vaikutuksen käyttäjän valintoihin.
- Sisäolosuhteita ohjataan tarpeenmukaisesti käyttäjän antamien tilakohtaisten tavoitearvojen perusteella.

Mihin rakennuksen energiatehokkuus perustuu? _____

3.

- Tehdään rakentamismääräysten mukainen minimitaso ratkaisu.
- Tavoitellaan rakentamismääräyksiä parempaa ratkaisua rakenteellisin keinoin.
- Tavoitellaan rakentamismääräyksiä parempaa ratkaisua myös talotekniikan energiatehokkuutta parantamalla.
- Tavoitellaan rakentamismääräyksiä parempaa ratkaisua edellisten lisäksi myös automaatoratkaisujen avulla.
- Halutaan lisäksi seurata energiatehokkuuden toteutumista ja siihen vaikuttavien järjestelmien ja laitteiden toimintaa säännöllisesti.

Millä tavalla haluat automaation ehkäisevän tarpeetonta energian kulutusta? _____

4.

- Laitteet ja järjestelmät ovat itsenäisiä eikä niiden välille ole suunniteltu minkäänlaista ohjauskytettä.
- Laitteiden asetusarvot on valittu niin, että laitteet eivät vaikuta vastakkaisiin suuntiin (esimerkiksi ei lämmitetä ja jäädytetä samanaikaisesti).
- Laitteiden asetusarvot on lisäksi valittu niin, että heikoimman hyötysuhteen laite käynnistyy viimeisenä.
- Laitteiden käyttöjärjestys tulee lisäksi määrittää automaattisesti ja väärä käyttö tulee estää automaattisesti.

Millä tavalla vältetään ylimääräistä lämmitys- tai jäähdytystarvetta?

5.

- Automaatiota ei käytetä tähän asiaan.
- Käyttäjä voi käsikäyttöisillä käyttölaiteilla vaikuttaa lämmitys- tai jäähdytystarpeeseen. Hän voi esimerkiksi laittaa käsin aurinkovarjostimen ikkunoiden eteen.
- Ylimääräinen jäähdytys- tai lämmityskuorma estetään automaattisesti.
- Automaatio huomioi ylimääräisen kuorman ja muuttaa talotekniikan toimintaa niin, että ylimääräinen kuorma estetään tai voidaan käyttää hyväksi.

Millä tavalla automaatiota käytetään ilmaisenergioiden (esimerkiksi auringonsäteilyn lämpökuorma) hyödyntämiseen?

6.

- Automaatiota ei käytetä ilmaisenergioiden käytön ohjaamisessa.
- Ilmaisenergioita hyödynnetään kullakin hetkellä, mikäli niitä on juuri silloin käytettävissä.
- Rakennus on suunniteltu varastoimaan energiaa rakenteisiin ja varaajiin. Automaatiota käytetään varaamisen ja purkamisen ohjaamiseen.

Millä tavalla huomioidaan taloteknisten järjestelmien tuottama häviöteho (esimerkiksi johtumishäviöiden minimointi)?

7.

- Ei millään tavalla.
- Paremmat eristyksen ja muut rakenteelliset ratkaisut.
- Ohjaamalla lisäksi järjestelmien lämpötilatasoja niin, että johtumishäviöt ovat mahdollisimman pienet.
- Ohjaamalla lisäksi pumppuja ja puhaltimia niin, että siirtohäviöt ovat mahdollisimman pienet.

Lisävaatimus automaation minimitasoksi (1. välilehden valintojen lisäksi):

A - Tekninen kodin- ja kiinteistönhallinta, energiankulutuksen raportointi ja seuranta. Erittäin energiatehokas.

Rakennustyyppi:

Asuinrakennukset

Lämpöenergian vertailukulutus:

28 000

kWh/a

Sähköenergian vertailukulutus:

3000

kWh/a

Valintojen mukainen automaation tehokkuusluokka (A, B, C, D):	A
Automaation vaikutuksen huomioivat kertoimet	
lämpöenergialle:	0,81
sähköenergialle:	0,92

Automaatiotason vaikutus rakennuksen energiankulutukseen

