

Elinkaariajattelu kiinteistötekniikassa

Kustannustehokkuus, optimointi ja hallinta

Alexi Graf

Opinnäytetyö

joulukuu 2018

Tekniikan ja liikenteen ala

Insinööri (ylempi AMK), Elinkaaripalveluiden johtaminen

Tekijä(t) Graf, Aleks	Julkaisun laji Opinnäytetyö, ylempi AMK	Päivämäärä 13.11.2018
	Sivumäärä 220	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi Elinkaarijattelu kiinteistötekniikassa Kustannustehokkuus, optimointi ja hallinta		
Tutkinto-ohjelma Elinkaaripalveluiden johtaminen (ylempi AMK)		
Työn ohjaaja(t) Konttinen, Jukka		
Toimeksiantaja(t) Lvi-Elektro Oy		
<p>Tiivistelmä</p> <p>Kiinteistöt muodostavat noin 70% kansallisvarallisuudestamme. Kiinteistöjen elinkaariodote on nykyään 40...60 vuotta, mutta kiinteistötekniikan tilanne on epäselvä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää elinkaarihallinnan nykytila kiinteistötekniikan näkökulmasta. Erityisesti toivottiin löytyvän toimijariippumattomia tuloksia, jotka olisivat yleishyödyllisiä ja päteviä järjestelmäsuunnittelun lähtökohdiksi.</p> <p>Keskeistä oli perehtyä kirjallisiin lähteisiin ja tehdä niistä päätelmiä. Haastattelujen tarkoituksena oli tukea selvitystä ja antaa ajankohtaista tietoa sekä valottaa päätöksentekijöiden asenteita.</p> <p>Tulos oli yllättävä. Kiinteistösektorin elinkaarihallinta on lähes yksinomaan tapauskohtaista kaikista tulokulmista (<i>teknologiavalinnat, asennusratkaisut, energiahallinta...</i>). Kiinteistötekniikkaa suunnitellaan ja rakennetaan siis pääosin edelleen pistemäisesti, jossa tehdyt valinnat eivät välttämättä muodosta hallittua kokonaisuutta.</p>		
<p>Avainsanat (asiasanat) elinkaarijattelu, elinkaarikustannus, elinkaarihallinta, kiinteistöliiketoiminta, kiinteistöpalvelu, kiinteistötekniikka, LVI, LVIAS, talotekniikka</p>		
Muuta		

Author(s) Graf, Aleksi	Type of publication Thesis	Date 13.11.2018 Language of publication: Finnish
	Number of pages 220	Permission for web publication: x
Title of publication Life Cycle Mindset in HVAC Cost-effectiveness, optimization and management		
Degree programme Life-cycle management services (Master's degree)		
Supervisor(s) Konttinen, Jukka		
Assigned by Lvi-Elektro Oy		
Abstract <p>In Finland the total real estate value is around 70% of our national assets. The life cycle of properties is normally between 40...60 years, but the HVAC (<i>Heating, Ventilation and Air-Conditioning – and other similar building technologies</i>) sector is unclear.</p> <p>The aim of the thesis was to find out the current state of the life cycle management in HVAC. In particular, it was recognized that neutral (<i>independent and not business based</i>) studies or such would be a great finding and create the basis for future system planning.</p> <p>Written material was the main source for information and main goal was to draw conclusions from them. The purpose of the interviews was to support the study, provide up to date information and to clarify the attitudes of the decision-makers.</p> <p>The result was surprising. The life cycle management of the real estate sector is almost exclusively incidental to all incoming angles (<i>technology choices, installation solutions, energy management ...</i>). Building technology is designed and built scattered, so the choices made do not necessarily form a well-managed entity.</p>		
Keywords/tags (subjects) life-cycle thinking, life cycle cost, life cycle management, real estate business, building services, building technology, HVAC		
Miscellaneous		

Sisältö

Esipuhe	9
1 Johdanto	10
1.1 Elinkaarihallinta ja kiinteistötekniikka.....	11
1.2 Tavoite.....	12
1.3 Menetelmät.....	15
1.4 Työrajaukset ja -painotukset.....	16
1.5 Käsitteistö.....	16
2 Kiinteistöomistus ja -kustannukset	19
2.1 Erilaiset kiinteistöt.....	19
2.2 Kiinteistön elinkaari ja arvo.....	20
2.3 Käyttöomaisuus ja verotus.....	24
2.4 Omat toimitilat vai vuokralle?.....	26
3 Elinkaariajattelu kiinteistötekniikassa	29
3.1 Investoijan haasteet elinkaarivalinnoissa	29
3.1.1 Muuntojoustavuus.....	31
3.1.2 Käyttökulut ja käyttöikä.....	33
3.2 Kokonaiskustannusajattelu	34
3.3 Kiinteistön käyttökustannukset.....	37
3.4 Kiinteistötekniikan elinkaari	38
3.5 Huolto ja ylläpito	44
3.5.1 Laitteen näkökulmasta	45
3.5.2 Kiinteistötekniikan vikaantuminen	46
3.5.3 Huoltotoiminta ja vikaantumiset.....	48
3.5.4 Kiinteistötekniikan vikojen korjaaminen	50
3.5.5 KIMI-projekti.....	52

3.5.6	Huollettavat järjestelmät.....	53
3.5.7	Huollon haasteet ja mahdollisuudet	55
3.5.8	Huollon suunnittelu	58
3.5.9	Huollon- ja ylläpidon järjestäminen	59
3.5.10	Huollon vaikutusmahdollisuudet muihin kiinteistökuuluihin.....	62
3.6	Ilmastointi ja hyvä sisäilmasto.....	62
3.6.1	Tuottavuus	63
3.6.2	Ilmanvaihto käytännössä.....	63
3.6.3	Ilmanjako	68
3.6.4	Asumisviihtyvyys.....	74
3.6.5	Ilmastoinnin elinjaksot.....	76
3.6.6	Ilmanvaihtokoneen lämmitysmuodot	77
3.6.7	Ilmanvaihdon suodattimet	79
3.6.8	Ilmanvaihtokoneen puhaltimet.....	79
3.6.9	Jatkuvassa säädössä oleva ilmastointikone.....	82
3.6.10	Miten nykyään ilmastointikoneet suunnitellaan?.....	83
3.6.11	Painesuhteet.....	85
3.6.12	Ilmanvaihtokoneet: hankintahinta vs. elinkaarikustannus	85
3.7	Nestepiirit	87
3.7.1	Nestepiirien ja lämmitysjärjestelmien elinjaksot	88
3.7.2	Käyttövesi	89
3.8	Sähkö ja valaistus	90
3.8.1	Valaistushuollot	92
3.8.2	Sulatus ja saattolämmitys.....	93
3.9	Kiinteistöautomaatio, valvonta- ja säätötekniikka.....	93
3.9.1	Historia, nykytila ja tulevaisuus	93
3.9.2	Määritelmiä	97

3.9.3	Järjestelmärakenne	98
3.9.4	Säätöjärjestelmien laajennettavuus	103
3.9.5	Komponentit	104
3.9.6	Esimerkki järjestelmävertailusta	107
3.9.7	Kuluttajien kiinnostus ja toiveet	109
3.9.8	Älyrakennus	109
3.9.9	Kiinteistöautomaatiolaitteiden vikaantumisesimerkkejä.....	110
3.9.10	Automaatiojärjestelmän huoltaminen	112
3.9.11	Harmaat urakkarajat automaatiossa	112
3.10	Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät	114
3.10.1	Mihin tiedonsiirtoväyliä tarvitaan kiinteistöissä?	114
3.10.2	Suomen kiinteistöjen väylätekniikoiden topologiat	115
3.10.3	Kiinteistöautomaatiojärjestelmät ja väyläratkaisut	119
3.10.4	Väylätekniikan huomiointi rakennusprojektissa	121
3.10.5	Suomessa käytössä olevat väylätekniikat.....	123
3.10.6	Kehityksen ja muutosten arviointi.....	130
3.11	Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttaminen	131
3.11.1	Hankemäärittely	132
3.11.2	Hankintamenettelyn määrittely	132
3.11.3	Tarjousten arviointiperusteet.....	134
3.11.4	Jälkitinkiminen	137
3.11.5	Poikkeuksellisen alhaisina pidettyjen tarjousten käsittely.....	137
3.11.6	Tarjousvertailu	137
3.11.7	Kielto suosia aikaisempaa tai paikallista toimittajaa.....	138
3.11.8	Tarjouskilpailun ratkaisu ja lisähankinnat	138

4	Energia ja kiinteistöt	139
4.1	Energiatodistus ja muu sääntely	139
4.1.1	Sodankylän toimistorakennusesimerkki.....	144
4.1.2	Energiatodistuksen puutteet ja kritiikki	145
4.1.3	Hyvään sisäilmastoon liittyvät säädökset ja raja-arvot.....	148
4.2	Kiinteistön energiakulutus ja -tuotanto	156
4.2.1	Kiinteistöt kokonaisenergiakuluksesssa	156
4.2.2	Energiatehokkuusluokat	157
4.2.3	Energiakorjaukset	158
4.2.4	Lämmitysenergian käyttö	161
4.2.5	Lämmitysenergiesäätön tuntemus	163
4.2.6	Lämpöpumput	166
4.2.7	Lämmitysratkaisut käyttäjän näkökulmasta.....	169
4.2.8	Oma kattilajärjestelmä	169
4.2.9	Lämpöhäviöt jakeluverkossa	171
4.2.10	Kaukolämpö- tai aluelämpösopimuksen hallinta	173
4.2.11	Ilmanvaihto	173
5	Elinkaarivalintojen tehokas hyödyntäminen.....	175
5.1	Haastattelut.....	175
5.1.1	Kyselylomake	175
5.1.2	Kyselyyn vastanneiden haastattelut.....	181
5.1.3	Muut haastattelut.....	181
5.2	Valmismoduulit ja työmaatoiminta.....	182
5.2.1	Esimerkkejä toimittajariippumattomasta ympäristöstä	184
5.3	Hyvä sisäilmasto	188
5.4	Lämmityksen hallinta	189
5.5	Tapaustutkimus: Konehuoltohalli	194

5.5.1	Lähtötilanne ja alkuperäissuunnittelu	194
5.5.2	Toteutuksen nykytila	195
5.5.3	Tavoitteet ja kehityssuunnitelma	196
5.5.4	Tulokset ja pohdinta	197
5.5.5	Ilmastointikone	199
5.5.6	Tilakohtaiset ilmamääräsäädöt (IMS).....	200
6	Pohdinta.....	202
	Kirjallisuutta kiinteistöjen elinkaarivalintoihin liittyen	205
	Lähteet	205
	Liitteet	211
	Liite 1. Esimerkkilaskelma hankintamenovähennyksestä	211
	Liite 2. Käyttöomaisuuden määritelmä liiketoiminnassa.....	212
	Liite 3. Kiinteistöhoiton vastuutaulukot (<i>esimerkkijako</i>)	217
	Liite 4. Menneisyys, nykyisyys ja tulevaisuus.....	217

Kuviot

Kuvio 1. Rakennustekniikan keskimääräiset tekniset käyttöiät.....	21
Kuvio 2 Kiinteistöomistajan ja rakennuttajan toimintaympäristöesimerkki	30
Kuvio 3 Muuntojoustavuuden kannattavuuden arviointi.....	32
Kuvio 4 Suhteellinen virhekustannusnousu	35
Kuvio 5. Kiinteistön käyttökustannukset (2013)	38
Kuvio 6. Kiinteistötekniisten järjestelmien ja laitteiden keskimääräinen käyttöikä	39
Kuvio 7. Huoltovaiheet/-vaihtoehdot laitteiston elinkaaren näkökulmasta	45
Kuvio 8. Kiinteistötekniisen laitteen uusimishetken arviointi (<i>huom. riskianalyysit</i>) ...	46
Kuvio 9. Huoltotyön mitoitus kustannusperusteisesti asiakas huomioiden.....	49
Kuvio 10. Huoltotyöprosessi kiinteistötekniikan vikaantuessa.....	50
Kuvio 11. Ilmastointijärjestelmän käyttöajat	51
Kuvio 12. Kiinteistövalvontajärjestelmän vaikutus huoltotyöresurssiin.....	56
Kuvio 13. Valvontajärjestelmä parantaa viankorjauksia ja huoltoa.....	57
Kuvio 14. Kiinteistöjakauma, ilman siivousta (<i>tekniisesti hyvin vaativa kohde</i>)	57
Kuvio 15. Sekoittava virtaus	69
Kuvio 16. Osittainen oikosulkuvirtaus.....	70
Kuvio 17. Laminaarinen mäntävirtaus	71
Kuvio 18. Laminaarinen mäntävirtaus	72
Kuvio 19. AC- ja EC-puhallinmoottorien tehokäyrät.....	81
Kuvio 20. SFP-laskennan perusteet.....	84
Kuvio 21. Yksinkertaisimmat kiinteistöautomaatiojärjestelmät.....	94
Kuvio 22. Keskitetty kiinteistöautomaatiojärjestelmä	95
Kuvio 23. Väyläpohjainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä.....	96
Kuvio 24. Kiinteistöautomaation eri tasot	99
Kuvio 25. Kiinteistöautomaation eri tasot (Sähkötieto Ry).....	102
Kuvio 26 Fyysisen ja loogisen topologian irrallisuus osoitteistuksessa	116
Kuvio 27 Rengastopologia. Ei kuvaa laitteiden välimatkaa.....	116
Kuvio 28 Rengastopologia, jossa yksi kaapeliväli on menetetty.....	117
Kuvio 29 Ketju, jossa ensimmäinen kaapeliväli on menetetty.	117
Kuvio 30 Tähtitopologia	117
Kuvio 31 Reka Kaapeli Oy:n valmistama KJAAM-kaapeli	118

Kuvio 32 Oikein kytketty Modbus RTU-väylä (<i>esim. Fidelix</i>).....	120
Kuvio 33 Väärin kytketty Modbus RTU-väylä.....	121
Kuvio 34. Elinkaarihankkeen sopimussuhteita.....	131
Kuvio 35 Rakennuksen sisälämpötilan tavoitearvot (<i>Sisäilmaluokitus 2008</i>).....	150
Kuvio 36. VOC-yhdisteiden torjuntatoimia altistumisen hallinnassa.....	154
Kuvio 37 Asumisen energiakustannukset vuosina 2010...2015	161
Kuvio 38 Energian loppukäyttö vuonna 2014	162
Kuvio 39 Energiakulutuksen ja käyttöveden selvitys kuntoarviossa.....	164
Kuvio 40 Asumisen energiakulutuksen energialähteet vuonna 2015.....	167
Kuvio 41 Lämpöpumpun toimintaperiaate, esimerkkinä ilma.....	168
Kuvio 42 Modbus-väylän avoimuus kentällä ja hallintajärjestelmissä	186
Kuvio 43 BACnet-väylän avoimuus kentällä ja hallintajärjestelmissä.....	188
Kuvio 44 Patteriverkoston perinteinen LVIA-suunnitelma	190
Kuvio 45 Patteriverkoston optimoitu LVIA-suunnitelma	192
Kuvio 46 Kiinteistön yksinkertaistettu talotekniikan alkuperäissuunnitelma.....	194
Kuvio 47 Kiinteistön talotekniikan nykytila (yksinkertaistettu)	195
Kuvio 48 Kiinteistön talotekniikan tavoitetila (yksinkertaistettu)	196
Kuvio 49 Portaaton ilmamäärä ja sähköteho taajuusmuuttajalla	198

Taulukot

Taulukko 1. HSY vesihuoltotaksakertoimet kiinteistötyypeittäin vuonna 2014	20
Taulukko 2. Kymmenen asutuimman kunnan kiinteistöveroprosentit vuonna 2015 ..	25
Taulukko 3 Käyttöiän ja laskentakoron (<i>keskiarvot</i>) pääomakustannusvaikutus.....	33
Taulukko 4. Esimerkkimatriisi pääurakoitsijan arvioimista käyttö- ja ylläpitokustannuksista.....	37
Taulukko 5. Esimerkkejä teknisten järjestelmien käyttöiästä.....	38
Taulukko 6. Esimerkkejä LVI-teknisten järjestelmien käyttöi'istä	42
Taulukko 7. Esimerkkejä taloteknisten järjestelmien käyttöi'istä	43
Taulukko 8. Kiinteistötyöjakauma, ilman siivousta (<i>vaativa kohde</i>).....	57
Taulukko 9. Kiinteistöhuollon vaativuusluokat ja tehtävät.....	61
Taulukko 10. Syrjäytysilmanvaihto vs. sekoitusilmanvaihto.....	73
Taulukko 11 Fidelix ja DEOS -järjestelmävertailu.....	107

Taulukko 12. Elinkaarihankkeen tehtäväjakovaihtoehtoja toteuttajaryhmän ja tilaajan välillä.....	131
Taulukko 13. Hankintamenettelyvaihtoehdot ja hankintaprosessit.....	132
Taulukko 14. Energiatohokkuusluvut rakennustyypeittäin	142
Taulukko 15. Energiatodistuksien eri sukupolvien vertailu	143
Taulukko 16. E-luvut ja energiatohokkuusluokat rakennustyypeittäin	143
Taulukko 17 Sisäilmaluokat ja tavoitearvot (<i>Sisäilmaluokitus 2000</i>).....	149
Taulukko 18 Haitta-aineiden enimmäisarvot (<i>Sisäilmaluokitus 2000</i>)	150
Taulukko 19. TVOC-pitoisuustasot teollisen työympäristön yleisilmassa.....	155
Taulukko 20 TTL:n asiakaspalvelumittausten TVOC-jakauma.....	155
Taulukko 21 Kuntoarvio (Rakennustieto) vs. Energiakatselmus (Motiva)	158
Taulukko 22 Kuntoarvio (Rakennustieto) vs. Energiakatselmus (Motiva)	158
Taulukko 23 Taloteknisten energiakorjausten hinnat (2013)	159
Taulukko 24 Rakennusten lämpöenergiajakauma ja ominaiskulutus.....	163
Taulukko 25 Polttoaineiden lämpöarvoja ja kosteuspitoisuuksia.....	171
Taulukko 26 Ilmankäsittelykoneen luokittelu sähkötohokkuuden perusteella	173

Esipuhe

Elinkaaripohjainen ostaminen on kasvattanut suosiotaan. Kuluttajakentässä ostetaan autoja, puhelimia ja muita hyödykkeitä kuukausimaksulla, jolla ei tähdätä omistajuuteen – vaan halutaan palvelua ja elämänlaatua.

Samaa periaatetta on kokeiltu jo isommissa infrastruktuurihankkeissa. Esimerkiksi tiehankkeita on hankittu ns. elinkaarimallilla, jossa tilaaja maksaa vuokraa väylästä, jolla ajoneuvot voivat liikkua turvallisesti paikkojen välillä.

Teoriassa elinkaaripohjainen hankkiminen kiinteällä kuukausivuokralla on tilaajan kannalta täydellinen ratkaisu. Tarpeeseen vastataan tavalla, josta ei koidu koskaan yllätyksellisiä kustannuksia – homma toimii aina ja haluttu ratkaisu on käytettävissä aina sovittuina ajankohtina. Huoltojaksot on ennalta määriteltä ja ne pitävät.

Käytännön haasteena elinkaaripohjaisten hankintojen tekemiseen on määrittelyosaaminen. Olin vuosia sitten ostamassa kiinteistöautomaatiovalvomoon tulostinta. Tulostuskokona oli A3 ja tätä ei ollut liikkeessä suoraan hyllyssä, vaan laite meni tilaukseen tukkurilta. Kumpikaan ei keskustellut tulostinhankinnan yhteydessä pitäisikö laitteen pystyä tuottamaan myös värillistä aineistoa. Jälkikäteen pohdin, ettei minulle tullut mieleen, että joku tekisi vielä mustavalkolaitteita. Myyjä kertoi ajatelleensa, että olisin kertonut, jos haluan ”*muita erityisominaisuuksia*”.

Ammattitaitoisten kumppanien löytäminen on siis keskeistä, kun tehdään elinkaarikustannuksien optimointiin tähtääviä hankintoja. Keskeisimpiä taitoja, joita kumppanilta tulee toivoa, on tarpeellisten kysymysten esittäminen määrittelytilanteessa ja projektin edetessä. Viimeisessä vaiheessa on hyvä esittää kahta erilaista vaihtoehtoa, josta asiakas saa valita itselleen sopivamman. Suositukset ovat tärkeitä, koska monet hyvät hankkeet jäävät toteutumatta epävarmuuden vuoksi.

Haluan kiittää kaikkia ystävällisiä matkatovereita, kun uskoitte minuun ja halusitte työskennellä kanssani. Toitte varmuutta, kysyitte kysymyksiä ja opin teiltä valtavasti. Toivon kaikkea tätä myös tulevaisuudessa – sekä itselleni että teille!

Ystävällisin terveisin, ***Aleksi*** ♥

1 Johdanto

Elinkaariajatteluun (*tekniikkaan, laskentaan, hankintoihin...*) on verrattain vähän faktaan pohjautuvaa tietoa kiinteistötekniikkaan liittyen. Monesti pohditaan hankintoja muodossa: selvästi arvokkaammalla hankinnalla saataisiin säästöä elinkaarikustannuksissa, mutta mikä on takaisinmaksuaika? Tippuvatko säästetyt eurot koskaan investoijan taskuun? Vaatiiko arvokas hankinta enemmän ylläpitoa ja huoltoa? Usein nykyautojen korjausosaamisesta vitsaillaan, että tärkein taito on osata lukea lause: "Vie merkkihuoltoon.". Onko elinkaarikustannusten tuijottaminen nollasummapeliiä, jossa säästetyillä euroilla pitää kohta hankkia taas uusi hilavitkutin?

Elinkaariajattelu ja kestävä kehitys ovat voimakkaassa nosteessa. Kiinteistöihin liittyvä toimiala on erittäin merkittävä tekijä niin globaalisti kuin Suomessakin erityisesti energiaintensiivisyytensä vuoksi. Hotellimajoittajat kyselevät vastaanottotiskillä ekologisuuden eteen tehdyistä asioista ja jopa myyntiin liittyvässä kirjallisuudessa pohditaan: miten ilmaisua viilaamalla saadaan ihmiset motivoitumaan saman pyyhkeen useamman päivän käytöstä? (Noah ym. 2009. 2,11,16,56,185)

Onko saatavilla monipuolisesti tutkittua faktaa, joiden pohjalta investoijat voisivat tehdä hyviä päätöksiä kiinteistötekniikkaan liittyviin hankintoihin? Tähän Lvi-Elektro Oy halusi vastauksia.

Lvi-Elektro on koko olemassa olonsa ajan halunnut tarjota kiinteistönomistajille parempia työkaluja hallita massiivisia kustannuksia, joita kiinteistöt mm. polttavat energiana. Omilla referensseillä myyminen on alalle vieläkin normaalia, mutta uudistushenkiset yritykset uskovat nimenomaan riippumattomien asiantuntijoiden tutkimuksiin. Faktoihin pohjautuvat projektit ovat kaikille osapuolille parempia, joten oikean päätöksentekoa tukevan tiedon tuottaminen hyödyttää koko toimialaa.

Paljon on ehtinyt tapahtua energiansäästöissä ja kiinteistöautomaatioimialalla Lvi-Elektron perustamisvuoden 1983 jälkeen, joten kiinnostavaa on myös kuvata 35 vuotta myöhemmin olevaa maailmantilaa kiinteistötekniikassa.

Tavoitteena on auttaa kiinteistöjen omistajien ja investointipäätöksiä tekevien ammattilaisten valintoja kiinteistötekniikan suhteen.

Faktaa toivotaan löytyvän mm. ammattikirjallisuudesta ja internet -lähteistä. Erilaisia lähteitä yhdistelemällä ja vertailemalla voidaan saada lopuksi luotettava kokonaiskäsitys hyvästä päätösprosessista. Toistaiseksi kukaan ei ole halunnut rakentaa kiinteistöpareja tutkimusmielessä, joissa olisi yhtä mitattavaa ominaisuutta vaille kaikki täysin samoin vierekkäisillä tonteilla – käyttö mukaan lukien.

Sopivien aineistojen saatavuus on täydellinen kysymysmerkki, joten menetelmätieteellisesti voidaan joutua liikkumaan määrällisen ja laadullisen tarkastelun välillä. On jopa outoa, että maamme yksi suurimmista työllistämistoimialoista ei ole tuottanut vielä yleispätevää kirjaa asiasta. Rakennusteknisellä puolella aineistoa on jokseenkin saatavilla, mutta nimenomaan kiinteistötekniikan (*LVIAS-järjestelmät*) puolella tilanne on vähintäänkin heikko – kun puhutaan riippumattomista lähteistä, joilla ei ole voimakasta myynti-intressiä aineiston taustalla.

1.1 Elinkaarihallinta ja kiinteistötekniikka

”Aloitetaan halventamalla suunnittelua, sitten urakoitsijoita, lopuksi ylläpitohenkilöstöä ja hallintaprosesseja – milloin toivottu laatu ja edullisuus toteutuvat?”

-Aleksi Graf

Teollisuuden parissa elinkaarihallintaa on harjoitettu jo pidemmän aikaa. Kiinteistötekniikassa elinkaariajattelu on vielä verrattain nuorta. Kiinteistöjen elinkaarta koskeissa raporteissa (esim. PTS) näkee jonkun verran yleisesti hyväksytyjä kustannusarvioita esim. putkiremontteihin liittyen.

Numeraaliset taulukot eivät vastaa kysymykseen: ”Miten valveutuneita päätöksiä kiinteistöihin liittyvissä suunnitelmissa tai investoinneissa voidaan tehdä elinkaarinäkökulmasta?”. Esimerkiksi teräslevyisen öljylämmityskattilan tekniseksi käyttöiäksi ilmoitetaan noin 20 vuotta. Tämä saattaa ohjata investoijia ajattelemaan, että järjestelmän elinkaareen ei voi merkittävästi vaikuttaa. ”Kiinteän käyttöiän” näkeminen virallisen näköisessä asiakirjassa voi johtaa pohdintaan: ”Järjestelmä pitää uusia joka tapauksessa 20 vuoden kuluttua, joten hankintaan ja hoitoon liittyvät rahat voivat mennä hukkaan – pitää olla tarkkana huoltoehdotelmien kanssa.”

Mitattavuuden puuttuminen aiheuttaa herkästi huonoja päätöksiä. Tämä aiheuttaa haasteita yhteisymmärryksen saamiseen mm. laatuun ja hyvään ylläpitoon pyrkivien toimijoiden kanssa. Koko toimitusketjun osilla tulisi olla esittää selkeitä faktoja esittää, koska kiinteistöala on usein asenteellisesti kustannusherkkä ja konservatiivinen. Kiinteistöalan ammattilaiset ovat joskus vähemmän kiinnostuneita valitsemaan sopivia tekniikoita, kuin kiinteistöliiketoimintaa muun toiminnan ohessa harjoittavat yritykset. Tähän saattaa vaikuttaa:

- kiinteistöalan erittäin kova kilpailu (*aina löytyy kiinnostuneita tarjoajia*)
- kirjava myyntitarjonta (*yrittäjiä, palvelukonsepteja, asiantuntijoita...*)
- yritykset, jotka ovat tekemässä kiinteistöihin liittyviä päätöksiä, mutta eivät tee ammattimaista kiinteistöliiketoimintaa – usein omistavat kiinteistön ja toimivat itse siinä, joten ”itselle tekeminen” voi lisätä motivaatiota

Sähköurakointi on luvanvaraista ja laiminlyöntien sanktiot ulottuvat ehdottomiin vankeusrangaistuksiin saakka. Raportin lopussa on esimerkkejä sähköturvallisuuden laiminlyönnistä. Muilla kiinteistötekniikan alueilla ei ole näin selviä pelisääntöjä. Päätöksentekijöiden asenteet ja toiveet ovat näiden lisäksi epäselvät. Toimialaa voivat muuttaa investoijien lisäksi palvelutuottajat ja luoda kysyntää uudelleen toimintatavalle. Esimerkiksi Fira Palvelut Oy:n alalle tuomat nopeat vain kaksi viikkoa kestävät linjasaneerausputkiremontit olivat tästä hyvä esimerkki.

(Putkiremontti onnistui kahdessa viikossa. 2016)

1.2 Tavoite

Tavoite oli selvittää kiinteistötekniikkaan liittyvän elinkaarihallinnan nykytilanne. Toisena tavoitteena oli toimeksiantajan asiantuntijatyön kehittämisen kannalta kerätä elinkaarihallintaa tehostavia ohjeita. Toimeksiantajayritys halusi tarjota kustannussäästöjä kiinteistöille ja olla mukana riskien hajauttamisessa erilaisin sopimuksin. Näin ollen myös elinkaarihankintoihin liittyvän aineiston läpileikkaus oli kolmantena tavoitteena.

Energian kokonaiskulutusta mitataan useassa kiinteistössä melko tarkasti, koska siitä maksetaan käytön mukaan (esim. kaukolämpökohteet). Vedenkulutusta mitataan useassa kiinteistössä, koska mittauksella on saatu vedenkulutuksessa säästöjä. Muut

suureet ja lukudata perustuvat erilaisiin budjetteihin. Ylläpitoon liittyvät kustannukset ja prosessit kuuluvat olennaisesti tarkastelun piiriin.

Keskusteluissa elinkaariasioista ja kiinteistötekniikasta nousi esiin tarve kiinnittää erityistä huomiota lähteiden tarkasteluun. Kiinteistötekniistä liiketoimintaa on Suomessa paljon ja eri toimijoiden verkkosivut mainostavat monipuolisia palveluitaan konseptitasoisilla kuvauksilla.

Palvelukuvaus, jossa mentäisiin toteutussuunnitelman tai kiinteistön rakentamisen mahdollistavalle tasolle, voisi olla luotettava, vaikka se olisi yksittäisen toimijan muodostama. Tämä edellyttäisi sitä, että vastaavaa toteutusta voisi tehdä vähintään kahden toimittajan komponenteista ja toimesta.

Esimerkki yleishyödyllisestä ohjeesta

Toimeksiantajayrityksellä on oma esimerkki edellä mainittuun tilanteeseen. Kaikkiin suuriin lämpöpumppujärjestelmiin tarjottiin huipputason energiamittareita, joilla voitaisiin varmistaa luvatus energiansäästön toteutuminen ja saada nopeasti tietoon mahdolliset häiriöt.

Tähän esimerkkiin liittyy useita monimutkaisia mekanismeja. Näiden avaaminen auttaa ymmärtämään selvitystyöhön liittyviä haasteita ja mahdollisia tiedonsaantiongelmia.

Toimeksiantajayritys havaitsi vuosien varrella, että asiakkaiden mielikuvat energiansäästöstä olivat joskus skeptisiä. Läpinäkyvyyden lisääminen tarjous- ja toimitusvaiheessa auttaisi hälventämään pelkoja riskeistä. Lämpöenergian kustannussäästöihin tähtäävissä lämpöpumpputoimituksissa läpinäkyvyyden ja toimittajasta riippumattoman valvottavuuden parantaminen olisivat melko helppoja energiamittareilla.

Käytännössä jokaisessa energiansäästökartoituskohteessa, joka oli liitetty kaukolämpöön, oli joko Kamstrup tai Landis+Gyr -lämpöenergiamittari. Nämä vaikuttivat siis erittäin luotetuilta laitteilta. Ennen toimittajien tuotteiden tarkempaa vertailua kysyttiin vielä riippumattomilta asiantuntijoilta näkemyksiä. Edellä mainitut kaksi merkkiä nauttivat asiantuntijoiden varauksetonta luottamusta. Hankintavaiheen vertailussa Kamstrup tarjosi paremman tuotetuen ja väylärajapintaintegraatioalustan, joten

Kamstrup Multical -tuotesarja valikoitui tarjottavaksi mittariksi. Vastaavalla tavalla sähköenergiamittariksi valikoitui Carlo Gavazzin tuotteet.

Tämä on ensimmäinen monimutkainen mekanismi. Edellä annettu ohje on toimittajariippuvainen (*lähde + valitut tuotteet*). Toimivuuden voi kuitenkin varmistaa toimittajista riippumattomilta asiantuntijoilta. Tämän lisäksi muodostettu järjestelmä voidaan korvata toisilla tuotteilla. Asiakas ei siis ole hankintavaiheessa tai sen jälkeen sidottu yhteen toimijaan – ei laitteiden, hankinnan, ylläpidon, asennuksen, käyttöön-oton tai minkään prosessivaiheen suhteen. Kirjoittamalla ohjeen auki, ei voida yrittää edistää minkään toimijan menekkiä suoraan, koska kaikki toimijat ovat vaihdettavissa.

Tästä pääsemme toiseen monimutkaiseen mekanismiin. Energiamittareiden sisällyttäminen tarjousvaiheeseen lisäsi yrityksen luotettavuutta ja edisti kaupankäyntiä. Tämä on siis kilpailueduksi luokiteltava toimintamalli.

Yleisenä ajatuksena on edelleen nykyään, että myyntiä merkittävästi edistävästä toimintamallista ei yleisesti kannata viestiä avoimesti. On siis mahdollista, että muut haastateltavat toimijat eivät ole halukkaita ilmaisemaan omia vastaavia ohjeitaan, peläten kilpailuetujensa vähenevän.

Esimerkkiohje energiamittareista edustaa modernia myyntinäkemystä, jossa uskotaan aidon lisäarvon tuottavan tulosta. Reaaliaikainen etävalvonta nettotuotolle on monien lämpöpumpputoimittajien osaamisen yläpuolella. Toisin sanoen tästä ohjeesta viestimällä loppuasiakkaat pääsevät esittämään tarpeellisen kysymyksen lämpöenergisäästöön tähtäävissä projekteissa: *”Miten todennetaan, että luvatut säästöt saavutetaan ja millä varmistetaan järjestelmän toimivuus?”*. Kysymys on hyvä esittää riippumatta siitä, halutaanko energiamittareita hankkia vai ei. Toimittajan osaamisen ja luotettavuuden arviointi on keskeinen hankintavaiheen pohdinta, kun ostaja tekee hankintapäätöstä.

Energiamittareiden ja järjestelmätoimittajalle sanktioidun säästösopimuksen sisällyttäminen loppuasiakkaan hankintaprosessiin edistää siis epäsuorasti Lvi-Elektron liiketoimintaa, koska tämä korottaa toimialan yleistä osaamisvaatimusta ja Lvi-Elektrolla osaaminen on jo hankittuna. Eikä osaamisvaatimus perustu rajattuun järjestelmään, vaan toimintamalliin, joka hyödyttää kaikkia osapuolia.

1.3 Menetelmät

Nykytilanneselvitys pohjaa aineistoanalyysiin ja haastatteluihin. Elinkaaritekniikkaa käsittelevää kotimaista aineistoa on jonkun verran, joten monipuolinen ja ennakkoluuloton tutkimusote erilaisiin elinkaariaineistoihin on keskeinen osa selvitystyötä.

Energia- ja vedenkulutusta tunnetusti mitataan laajasti, joten niiden tarkastelu oli yksi hyvä aloituspiste. Toimittajariippumaton energiatodistus oli hyvä lähtökohta energiaan liittyvien elinkaarikustannusten tarkasteluun. Ylläpitoon liittyvät kustannuksien ja prosessien mitattavuus oli lähtötilanteessa epäselvä, joten siihen perehtyminen oli looginen jatkumo.

Selvityksen tarkoituksena on kuvata nykytietämystä ja mahdollisia kehitysnäkymiä. Toimeksiantajayrityksellä ei ole resursseja järjestää tutkimusta, jonka tuloksena saisimme riippumattoman analyysin rajatusta joukosta muuttujia. Pienoismallitoteutukset ja simuloinnit eivät valitettavasti vastaa kiinteistöomistajien toiveeseen saada elinkaarivalinnoista konkreettista faktaa. Kiinteistöihin liittyy paljon uskomuksia ja skeptisyyttä. Esimerkiksi autoliikkeiden omistajat saattavat kiinteistöään päivittäistavarakauppakeskusta haastavampana, vaikka ne ovat usein valtaosaltaan identtisiä (*ilmanvaihtomenetelmä, vaikutusalueen fyysinen koko ja koneikkojen ikä...*). Asuin-kerrostalo ja yhdessä kerroksessa oleva avaria halleja sisältävä kauppakiinteistö ovat erilaisia, johtuen henkilökuormituksesta ja mm. mittausanturimäärien vaatimuksista.

Laskennallisia menetelmiä, joissa huomioidaan vain rajattu määrä muuttujia, on tarjolla runsaasti. Tämä ei tyydytä kiinteistöomistajia, jotka ovat tottuneet omassa liiketoiminnassa huomaamaan, että taulukkolaskentatyökalulla saa tehtyä minkälaisen euromäärän ruudulle tahansa. Tämä ilmeni epävirallisissa keskusteluissa haastattelijan jälkeen.

Omistajien skeptisyys on ymmärrettävää. Esimerkiksi rakenteiden kärsiminen erilaisista kiinteistöteknisistä ongelmista (*esim. ilmanvaihto*) nousee useasti otsikoihin. Valitettavasti painovoimainen ilmanvaihto, väljempi rakennusaikataulu, globaalin kilpailun poissaolo ja ihmisten mukavuusvaatimuskriteeristön mataluus sattuvat kaikki samalle aikakaudelle. Menneisyyteen. Edellä mainituilla seikoilla ei ole välttämättä mitään tekemistä rakenne- ja kosteusvaurioiden kanssa, joita viime aikoina on

esiintynyt runsaasti. Tämä asettaa haasteita luotettavan ja vakuuttavan tiedon hankinnassa.

1.4 Työrajaukset ja -painotukset

Kiinteistötekniikassa on paljon tuttuja ja näkyviä asioita käyttäjälle. Esimerkiksi lämpimästä käyttövedestä näkyvät vesikalusteet: suihku, hana, lavuaari ja viemäriaukko. Kesämökillä käyttäjä näkee myös putkiston käyttäessään pääsulkuja. Näkyvien osien saneeraaminen on helposti ymmärrettävää. Niihin liittyy myös esteettisiä seikkoja, joilla monien mielestä on vaikutusta asunnon myyntihintaan.

Näkymättömien osien käsittely on tärkeää tässä selvityksessä, koska niihin liittyvät valinnat ovat käyttäjille ja rakennuttajille vieraampia – mutta niiden kustannusvaikutukset elinkaarinäkökulmasta ovat paljon merkittävämmät. Esimerkiksi lämpimän käyttöveden näkymättömiä osioita ovat mm. lämpötilaa säättävät laitteet. Hanasta tuleva tulikuuma vesi aiheuttaa pahimmillaan turvallisuusriskejä ja kylmä vesi aiheuttaa herkästi vuokrauskustannuksissa keskusteluja.

Kiinteistö -sanaa käytetään hyvin vaihtelevasti. Tietojen esityksessä pyritään yleiskäyttöisyyteen, jossa kiinteistötyypillä ei ole merkitystä. Suuret kiinteistöt ovat kuitenkin tärkeimpiä tarkasteltavia kohteita, koska niiden valintojen kustannusvaikutukset ovat euromääräisesti suuremmat ja myös ympäristövaikutukset ovat merkittävät. Suurissa kiinteistöissä on enemmän kiinteistötekniikkaa ja ne muodostavat monimutkaisia kokonaisuuksia, joihin liittyvät valinnat ovat usein haastavampia. Esimerkiksi omakotitalossa on vähemmän neliöitä ja käyttötarkoitus on staattisempi.

Rajallisesta resurssista johtuen selvitystyön ulkopuolelle jää pitkälti kylmätekniikka, koska esim. ilmastointijäähdytys on vielä yllättävänkin harvinaista uudisrakentamisessa. Paloturvallisuus on hyvin säädeltyä (esim. *sprinklaus*), eikä henkilö- tai omaisuusturvallisuudesta tule tinkiä.

1.5 Käsitteistö

”--kaikkien etu tietysti olisi, jos löydettäisiin yhtenäinen toimintatapa -- ei tarvitsisi arvailla ja uskoa joidenkin asioiden tarkoit-

tavan sitä tai tätä, vaan ymmärretään toistenkin osapuolten tarpeet ja toimintatavat entistä paremmin.”

(Siikala ym. 2000, 14)

Kiinteistötekniikkaan liittyvät käsitteet

- Automaatio = tarkoitetaan aina lähtökohtaisesti kiinteistöautomaatiota, ellei toisin mainita. Automaatio jaetaan käytännössä kahteen osaan Suomessa: Kiinteistöautomaatio ja teollisuusautomaatio.
 - Kiinteistöautomaatiosta on monta eri nimivaihtoehtoa, joista rakennusautomaatio on urakointimaailmassa käytetyin ja siitä on johdettu rakennusautomaatiourakoitsija, joka lyhennetään urakka-asiakirjoissa: RAU. Muita kiinteistöautomaatiota tarkoittavia ovat mm. taloautomaatio ja kotiautomaatio. Joskus kuulee puhuttavan koneikkokohtaisesta automaatiosta, esim. ilmavaihtoautomatiikka tms.
 - Teollisuusautomaatiosta toinen yleinen vaihtoehtoinen synonyymi on prosessiautomaatio. Esim. tehdaskiinteistöissä on hyvä pystyä erottamaan, kummasta automaatiojärjestelmästä on kyse (*esim. huoltotöitä suunniteltaessa*). Myös teollisuusautomaatiopuolella puhutaan joskus järjestelmittain, esim. kuljetinhihna-automaatio tms.
- Ilmastointi = ajoneuvomaailmassa tällä tarkoitetaan yleensä hämäävästi jäähdytystä, mutta termi on itsessään synonyymi ilmanvaihdolle esim. urakointimaailmassa. Ilmankäsittelyjärjestelmiä hoitavasta urakoitsijasta puhutaan sujuvan vaihtelevasti ilmastointiurakoitsijana, ilmanvaihtourakoitsijana, IV-urakoitsijana tai IU:na. Vastaavasti ilmanvaihtokoneikoihin, joissa on tai ei ole jäähdytystä, viitataan yleisimmin IV-koneina. Joskus IV-koneisiin viitataan hieman hämäävästi tuloilmakoneina tai TIK-lyhenteellä, joissa voi nimestään huolimatta olla kytkettynä myös poistoilmalaitteisto.
 - Vastaavasti esim. KIK-lyhenteellä tarkoitetaan kiertoilmakoneikkoa, joka yleisimmin on esimerkiksi tuulikaapeissa oleva pääosin samaa huoneilmaa pyörittävä laitteisto ilmaverhoa ja tilalämmitystä varten. Lämminilmakonettakin tapaa joskus kentällä ja joskus sillä tarkoitetaan kiertoilmakoneikkoa, joskus tuloilmakoneikkoa.

Muut kiinteistötekniikkaan liittyvät käsitteet avataan tekstikappaleiden yhteydessä.

Elinkaariajatteluun liittyvät käsitteet

- Elinkaariedullisuus: Rakennuksen arvo suhteessa koko elinkaaren aikaisiin kustannuksiin.
- Elinkaariarviointi (LCA): tuotejärjestelmän tai rakennuksen elinkaaren aikaisien syötteiden, tuotosten ja ympäristövaikutusten kokoaminen sekä arviointi.

- Analyysien tulee sisältää rakennuksen investointi-, käyttö ja purkuvaihe. Analysoitavia asioita ovat mm. luonnon raaka-ainemenekki ja energiakulutus, päästöt sekä jätteet.
- Elinkaarisuunnittelu ja ekotehokkuus: tavoitteena tuottaa kestäväällä tavalla rakennus, joka täyttää omistajien, käyttäjien ja yhteiskunnan vaatimukset koko elinkaaren ajan. Huomioitavia seikkoja:
 - Tilojen toiminnallisuus
 - Sisäilmanolosuhteet
 - Käyttöikä
 - Muuntojousto (*käytönaikaisen riittävän muunneltavuuden varmistaminen*)
 - Turvallisuus
 - Esteettömyys
 - Ympäristöpaineet
 - Elinkaarikustannukset
- EcoProP: VTT:n kehittämä vaatimustenhallintaohjelma (mm. suunnittelu)
- PromisE-ympäristöluokitus: voidaan käyttää ekotehokkuuden yhtenä mittarina

(Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö ja elinkaarimittarit. 2005, 5-6)

- Elinkaarikustannukset (LCC = Life Cycle Cost) ovat kaikkien kustannusten yhdistelmä, jossa vuosikustannukset ja investointikustannukset on huomioitu.
- Elinkaariedullisuus (LCP = Life Cycle Profit) huomioi kokonaistarkastelussa tuotto- ja hyötypuolen.

(Siikala ym. 2000, 49)

Kiinteistöjen investointeihin liittyvät käsitteet

- Tuote = esimerkiksi fyysinen laite tai tuotteistettu palvelu, joka voi sisältää ohjelmistoja
- Kokonaiskustannus:
 - Kokonaistulot - kokonaiskulut = voitto/tappio¹
 - Kokonaiskustannus²
 - Ennen hankintapäätöksen tekoa → hankintaprosessin kustannukset
 - Hankintahetkellä → osto/ hankintahinta
 - Hankitun tavaran tai palvelun käytön aikana → käytön aikaiset kustannukset
 - Tavaran tai palvelun elinkaaren lopussa → käytön lopettamiseen liittyvät kustannukset

¹ Tuotanto ja kustannukset. 2010.

² Kokonaiskustannusajattelu. nd.

- Tuotannossa tarkoittaa kaikkia tuotantoon liittyvät vaihtoehtoiskustannuksia:³
 - Eksplisiittiset kustannukset, jotka syntyvät välituotteiden ja tuotantopanosten ostamisesta
 - Implisiittiset kustannukset, kuten yrityksen oman henkilöstön työpanoksen vaihtoehtoiskustannukset (henkilöstön potentiaalinen tuotto)

Teknisille henkilöille hyödyllinen optimointiin ja säätöön liittyvä sanasto

Adaptiivinen säätö, jossa säätöparametrit ja -algoritmit säättyvät automaattisesti (itseoppiva).

Askelvaste on aika, jossa järjestelmä on saanut valmiiksi askelmaisen muutoksen. Tätä käytetään esim. lämmitysportaiden testauksessa, jossa lämmöntalteenoton tulee siirtyä 100% käyttöön ennen ostoenergian käyttämistä.

Kuollut aika, jonka jälkeen säätötoiminta aktivoituu. Tällä estetään koko ajan säädössä kelluminen, joka leikkaa merkittävästi fyysisten laitteiden käyttöikä. Hyväksytään viive, että esim. huonelämpö saa poiketa hetkellisesti halutusta.

(Myyryläinen. 2008, 316-318)

2 Kiinteistöomistus ja -kustannukset

”Englannin kielessä Real Estate tuo ylevät ominaisuudet kuten todellinen, varsinainen, aito, ehkä kuninkaallinenkin. Saksan sana Immobilien taas korostaa liikkumattomuutta kuten suomenkielinen muoto.”

(Siikala ym. 2000, 48)

2.1 Erilaiset kiinteistöt

Arkikielessä kiinteistö tarkoittaa yleisimmin lähtökohtaisesti omakotitaloa suurempaa rakennusta. Kiinteistön virallinen määritelmä on maanomistuksellinen yksikkö, joka käsittää rajoiltaan määritellyn osa maapallon pintaa. Määritelmällisesti kiinteistö siis sitoo sen alla olevan tontin osan itseensä.

³ Tuotanto ja kustannukset. 2010.

Kiinteistötyyppejä määritellään eri tavoin eri aineistoissa. Tyypillisimmät näistä ovat energiatodistuksessa käytettävät luokat, mutta niissäkin tapahtuu muutoksia. Huoltokäsikirjoissa painotetaan yleensä teknisiä vaatimuksia enemmän kuin kiinteistö-käyttäjän erilaisuutta. Kolmantena ovat erilaisten julkisten ja yksityisten kaupallisten toimijoiden listaukset.

Helsingin seudun ympäristöpalveluiden vesihuoltotaksojen (2014) kertoimet ovat yksi hyvä esimerkki. Seuraava taulukko voi tuntua erikoiselta, koska esimerkiksi rivi- ja ketjutalon kerroin on omakotitaloa pienempi, vaikka vedenkäyttäjiä on usein enemmän suhteessa kokonaishuoneistoalaan. Toisaalta esimerkiksi saunojen määrä kolmessa ylimmässä kiinteistötyypissä on epäjohdonmukainen niiden kertoimien suhteen – riippumatta tarkastelusuunnasta. Eriskummalliselta tuntuu myös 'urheilu- ja liikuntahalli' -kiinteistötyypin sijainti ko. taulukossa: se sijoittuu julkisen rakennuksen (pääkäyttötarkoitus muu kuin toimisto) ja 'varastot ja pysäköintihallit' -kiinteistötyypin väliin.

Taulukko 1. HSY vesihuoltotaksakertoimet kiinteistötyypeittäin vuonna 2014

Perusmaksun kiinteistötyypit ja niiden mukaiset kertoimet (k) ovat seuraavat:	
Omakoti- ja paritalo	3,0
Rivi- ja ketjutalo	2,7
Kerrostalo	2,5
Teollisuusrakennus	2,2
Liikerakennus	2,0
Toimistorakennus	1,8
Julkisen rakennus (jonka pääkäyttötarkoitus muu kuin toimisto)	1,6
Urheilu- ja liikuntahallit	1,3
Varastot ja pysäköintihallit	1,0
Erytystapaukset (puistot, kentät, tunnelit, suihkulähteet ym.)	0,5

2.2 Kiinteistön elinkaari ja arvo

Kiinteistösijoitus voi tuottaa seuraavia hyötyjä:

1. *kassavirtaa*

2. *pääoman kasvua*

3. henkistä, ei-mitattavissa olevaa tuloa

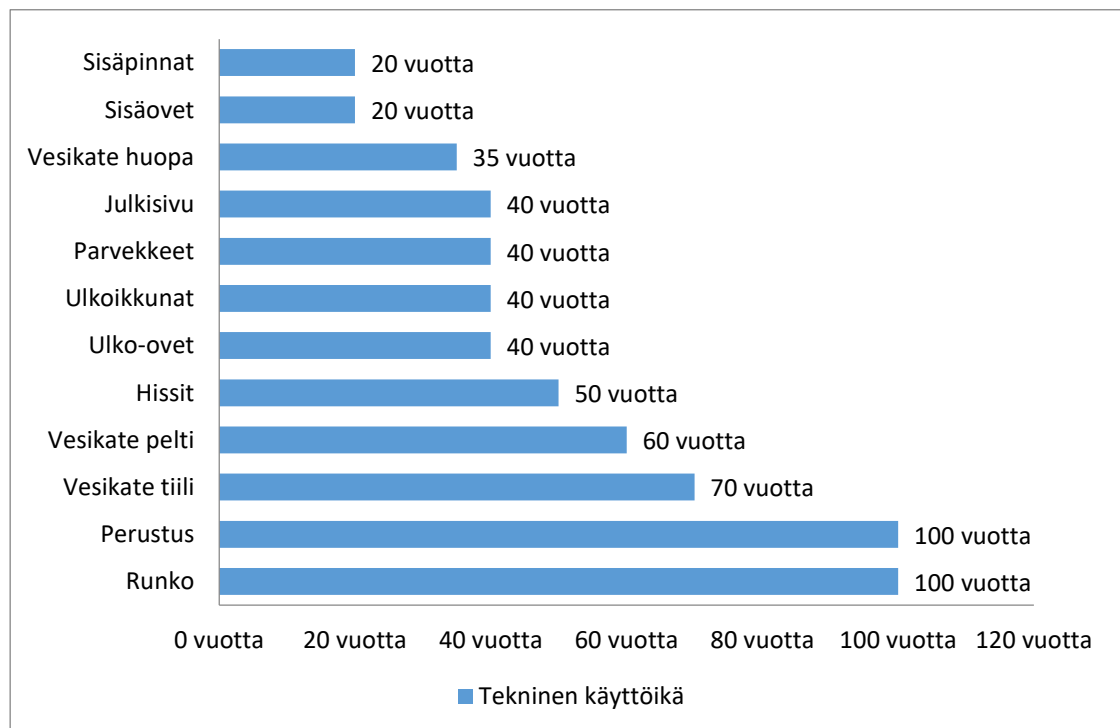
(Siikala ym. 2000, 261)

Inspecta, yksi suurimmista Suomessa tarkastusliiketoimintaa harjoittavista yhtiöistä, yksinkertaistaa kiinteistöelinkaari-laskelmiensa painopisteet kahteen:

- 1) LVIS-järjestelmät
- 2) Rakenteet

(Kiinteistötekniiset elinkaari-palvelut. 2015)

Kiinteistöt muodostavat noin 70% kansallisvarallisuudestamme. Teknitaloudellisesti laskettuna rakennuksen elinkaaren pituus on keskimäärin 40...60 vuotta. Rakennusrungon elinkaari on yleensä yli 100 vuotta ja se ei vaadi oikein rakennettuna juuri-kaan huoltoa. Julkisivu ikkunoineen, parvekkeineen ja vesikatto kestävät yleensä huoltomaalauksista riippuen 30...50 vuotta. Kiinteistötekniikan elinkaari on usein vain 10...30 vuotta ja se sisältää paljon huoltoa tarvitsevia osia. Seuraavassa kuviossa esimerkkejä teknisistä käyttöi'istä:



Kuvio 1. Rakennustekniikan keskimääräiset tekniset käyttöiät

Kiinteistökustannukset ovat liikerakennuksissa yleensä 10...15% koko yrityksen budjetista. Kiinteistötekniikan huollon laiminlyönti voi aiheuttaa esimerkiksi ydinliiketoiminnan keskeytyksiä ja terveyshaittoja, jolloin kustannukset nousevat nopeasti vieläkin merkittävämmäksi osaksi yrityksen taloutta. (Myyryläinen. 2008, 22-25)

Rakennuksen hyötykäytön kannalta tärkein ominaisuus on käyttöikä, joka toteutuu pitkänä vain huoltamalla ja ylläpitämällä kiinteistöä ammattimaisesti. Käyttöikä voi kuitenkin päättyä ennenaikaisesti, vaikka huolto ja ylläpito olisi asiallisesti hoidettu, jos käyttötarkoitus muuttuu. Tämä luo haasteita elinkaarivalintoihin. Muunneltavuuden huomiointi rakennusvaiheessa onkin muodostunut tärkeäksi suunnitteluvaatimukseksi.

(Myyryläinen (2). 2008, 22)

Suomen Kiinteistöarviointiyhdistyksen vuonna 1991 julkaisemassa Kiinteistöjen arviointikäsi kirjassa kiinteistötekniikkaa ei käsitellä lainkaan. Kiinteistötekniikalla itsessään ei siis ole arvoa suuntaan eikä toiseen. Peruskorjaustarpeet ja niiden kustannukset tunnistetaan yhdeksi arvioitavaksi tekijäksi olemassa olevassa rakennuksessa. Uuden rakennuksen rakentamiskustannuksissa myös kiinteistötaloudelliset järjestelmät on eriytetty omaksi hankintakokonaisuudeksi rakenteiden rinnalle. Toisin sanoen, jos kiinteistöarvioinnissa todetaan rakennuksen olevan elinkaarensa päässä, arvioidaan tontin arvo ja nykyrakennuksen purku. Tästä päästään kauppasummaan tontista, jonka jälkeen budjetoidaan ja suunnitellaan uudisrakennus.

(Kiinteistöjen arviointikäsi kirjja. 1991, s. 297-301, 325)

Liike- ja toimistokiinteistöjen hintatekijöissä huomioitavia seikkoja ovat:

1. Taajaman suuruus ja taloudellinen aktiviteetti
2. Sijainti taajaman keskustaan nähden
3. Sijainti käytetyimpiin jalankulkuväyliin nähden
4. Paikoitustilojen läheisyys ja riittävyys
5. Tontin sisäinen liikennöitävyys
6. Kohteen koko ja tilajakauma
- 7. Muunneltavuus**

8. Kokonainen kohde⁴
9. Rakennuksen kunto
10. Mahdolliset vuokrasopimukset
11. Tontin omistus
12. Kauppapaikkaimago
13. Tulevaisuuden visiot⁵
14. Käyttämätön rakennusoikeus
15. Ympäristötekijät⁶
16. Lainsäädännön muutokset

Sijainti on luonnollisesti merkittävä tekijä: erinomainen kiinteistö väärässä paikassa ei ole niin arvokas kuin huono kiinteistö erinomaisella paikalla. Arviointitekijöistä kiinteistötekniikkaan liittyvänä voidaan katsoa **muunneltavuus**: rakennuksen vuokraaminen usealle käyttäjälle (*tilajako, portaat, hissit, ulko-ovet...*). Tähän vaikuttaa mm. väliseinärakenteiden muuttaminen, jossa merkittävänä kustannustekijänä on kiinteistötekniikan soveltuminen tilamuutoksiin.

(Kiinteistöjen arviointikäsikirja. 1991, s. 322-324)

Tehottomimpia ovat yleensä keskusta-alueiden vanhat rakennukset.

(Kiinteistöjen arviointikäsikirja. 1991, s. 324)

Mielenkiintoista on, että kiinteistöjen arviointikäsikirjassa on omistettu vahinkojen arviointiin 2.tason otsikko, mutta siellä ei sanallakaan mainita kiinteistötekniikkaan liittyviä riskejä tai riskien välttämiseen liittyviä mahdollisuuksia. Aihe on laaja ja tulevaisuusvisiossa mainitaan, että vahingon kärsijän korvauksen saantia helpotetaan ja aiheuttajan velvollisuuksia tiukennetaan. Kiinteistötekniikan mahdollistamat valvon-

⁴ Erikoistilanne, jossa kohde on ostettavissa kokonaisuudessaan. Tällöin kohteen arvo voi olla osiensa summaa korkeampi, koska saadaan täydellinen määräysvalta ja kysyntä ylittää saatavuuden

⁵ Alueen, tontin, kaavoituksen ja kiinteistöympäristön kehittymiseen yleisellä tasolla – eivät siis kiinteistön omistajien, ostajien tai myyjäosapuolten visiot. Esimerkiksi tiedossa oleva siltahanke, joka parantaa kiinteistön saavutettavuutta, nostaa kiinteistön arvoa.

⁶ Nostava vaikutus on esim. merenrantasijainti tai lähellä olevat arvostetut yritykset. Laskeva vaikutus on esim. saastuminen.

tatoiminnot ovat erittäin siis hyödyllinen järjestelmä, kun puhutaan esimerkiksi elintarvikkeisiin liittyvistä menetyksistä.

(Kiinteistöjen arviointikäsikirja. 1991, s. 379-387)

Esim. Valtion kiinteistölaitoksen lähtötilanne on tontin osalta 3%:n tuottovaatimus ja rakennusten osalta minimituottovaatimuksena on 6%.

(Siikala ym. 2000, 264)

2.3 Käyttöomaisuus ja verotus

Kiinteistöt ovat verotuskohteina lyhytnäköisesti hyviä, koska niitä ei voi liikutella yhtä monipuolisesti kuin monia muita liiketoimintoja tai niiden osia. Kiinteistövero on maltillinen verrattuna vaikkapa polttoaineverotukseen. Neste Oil Oyj:n polttoainemasemilla oli vielä muutama vuosi sitten tarrat mittarikentän pylväissä, jossa piirakkaaviossa oli noin ¼-osaa veroa ja loppu varsinaista tuotehintaa. Nykyään verojen ja veroihin verrattavissa olevien maksujen osuus myytävän tuotteen hinnasta ovat noin 57%. Toisaalta alkuperäisen tuotteen hintaan on lisätty noin 136% veroa.

Polttoaine on kulutushyödyke, joka ostetaan ja käytetään. Verotus on kertaluontoinen ostotapahtuman näkökulmasta ja polttoainetta ei veroteta sen varastointijaksolla. Polttoaineen tuotannosta käyttöön liittyvä kokonaiselinkaari (Well-to-Wheel) on pitkähäkö – puhumattakaan raakaöljyn muodostumisesta – mutta polttoaineet ovat tarkoitettu poltettaviksi.

Keskeisten sijaintien kiinteistöjä hankintaan joskus purku- ja uudisrakentamismielessä, mutta pääosin kiinteistöinvestointeja tehdään toivoen ostetun omaisuuden säilyvän käyttökelpoisena vuosikymmeniä. Kiinteistövero maksetaan vuosittain kiinteistön verotusarvon mukaan, eikä esimerkiksi käyttöarvon mukaan. Täten kiinteistöveron kokonaiskustannus kumuloituu merkittäväksi kiinteistön elinkaaren aikana sen omistajalle.

Kiinteistövero määrätään kunnanvaltuuston vahvistaman prosentin mukaan kiinteistön edellisen vuoden verotusarvosta. Kunta päättää veroprosentit vuosittain seuraavissa rajoissa:

- 1) yleinen kiinteistöveroprosentti 0,80 - 1,55 %
- 2) vakituisten asuinrakennusten veroprosentti 0,37 - 0,80 %
- 3) muiden asuinrakennusten veroprosentti 0,80 - 1,55 %
- 4) rakentamattoman rakennuspaikan veroprosentti 1,00 - 3,00 %. Pääkaupunkiseudun ja sen kehysalueen kunnissa rakentamattoman rakennuspaikan veroprosentti on vähintään 1,5 prosenttiyksikköä yleistä kiinteistöveroprosenttia korkeampi, kuitenkin enintään 3,00 prosenttia.

(Kiinteistöveroprosentti. 2015.)

Taulukko 2. Kymmenen asutuimman kunnan kiinteistöveroprosentit vuonna 2015

VEROHALLINTO		KIINTEISTÖVEROPROSENTIT												30.4.2015	
Kunta		Yleinen kiinteistövero%		Vakituisen asunnon kiinteistövero%		Muun asuinrakennuksen KV%		Yleishyödyllisen yhteisön		Rakentamattoman tontin KV%		Voimalaitoksen KV%		Väkiluku	
Kno	Nimi	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	2015	2014	31.8.2015**	2014*
091	Helsinki	0,80	0,80	0,37	0,32					2,30	2,30	2,85		627 866	620 715
049	Espoo	0,80	0,60	0,37	0,32	0,80	0,70	0,00	0,00	3,00	3,00	2,00	2,00	268 924	265 543
837	Tampere	1,05	1,05	0,50	0,50	0,90	0,90	0,25	0,25	3,00	3,00			224 659	223 004
092	Vantaa	1,00	1,00	0,37	0,32					3,00	2,50	2,85	2,85	213 250	210 803
564	Oulu	0,95	0,95	0,40	0,40	0,90	0,90	0,16	0,16			2,85	2,85	197 863	196 291
853	Turku	1,00	1,00	0,37	0,32	0,80	0,70			3,00	3,00			185 322	183 824
179	Jyväskylä	1,15	1,15	0,50	0,50	1,10	1,10			3,00	3,00	2,85	2,85	136 548	135 780
297	Kuopio	1,30	1,30	0,52	0,52	1,10	1,10			3,00	3,00	2,50	2,50	111 695	111 289
398	Lahti	1,15	1,00	0,55	0,50			0,55	0,50	3,00	3,00	2,85	2,50	103 753	103 754
286	Kouvola	1,35	1,35	0,55	0,55	1,15	1,15	0,00	0,00			2,85	2,85	86 105	86 453

<http://www.kunnat.net/fi/tietopankit/tilastot/vaestotietoja/Sivut/default.aspx> -lähde*
<http://vrk.fi/default.aspx?docid=8858&site=3&id=0> -lähde**

Verohallinnon kiinteistöverotuksen 2015 vuoden taulukon otanta, kymmenen suurinta kuntaa asukasluvun mukaan järjestettynä (Taulukko 2), näyttää osittain puutteelliselta. Kunnan ei ole todennäköisesti pakko ilmoittaa erikseen kaikkia verosegmenttejä, jos yleinen kiinteistöveroprosentti toimii lain sallimissa rajoissa myös tyhjäksi jätettyyn kiinteistösegmenttiin. Taulukosta saa peruskäsityksen kuntiemme kiinteistöverotuksen yleistilanteesta. Tiiviisti asutetun pääkaupunkiseudun (Helsinki, Espoo, Vantaa) kiinteistöveroprosentit ovat muita seitsemää (7) suurinta kuntaa matalampia monilta osin. Esimerkiksi vain Oulu on yleisen kiinteistöveroprosenttinsa (0,95%)

osalta matalampi kuin Vantaa (1,00%), mutta Helsinki (0,80%) ja Espoo (0,80%) ovat Oulua matalampia.

Joidenkin arvioiden mukaan kiinteistöveron osuus kiinteistön vuosittaisissa kustannuksissa on merkittävä ja esimerkiksi kauppakiinteistöissä se on usein energiakustannusten jälkeen seuraavaksi suurin kuluerä. Vastaavasti huolto- ja ylläpitokuluista siivous nousee usein merkittäväksi.

Kiinteistöliiketoimintaan liittyvästä käyttöomaisuuden verotuksesta voit lukea lisää liitteistä.

2.4 Omat toimitilat vai vuokralle?

Yrityksellä on useita vaihtoehtoja hankkia itselleen toimitilat. Periaatteellinen valinta tehdään usein kustannuslaskelmien ja toimitilakartoituksen jälkeen: hankintaanko kiinteistöomaisuutta yrityksen käyttöomaisuudeksi vai maksetaanko vuokraa jossakin muodossa.

Haynes & Nunnington (2010, s. 174) listasivat toimitilaominaisuusarviointien tutkimuksessaan tärkeimmät tekijät:

- 1) Rakennus ja sijainti
- 2) Toimitilakustannukset ja tilaan liittyvät vuokrasopimukset
- 3) Saavutettavuuteen liittyvät tekijät
- 4) Työn tehokkuutta tukevat tilat
- 5) Tilojen muunneltavuus ja rajoitteet

Näkökulmia kiinteistöomistajuuteen ja -johtamiseen

Kiinteistöomistajan näkökulmasta äärimmilleen yksinkertaistettuna kiinteistön tulee olla kustannuksiansa arvokkaampi. Kiinteistön arvo määrittyy mm. sijainnin, sen käytötapamahdollisuuksien ja markkinatilanteen mukaan.

Samassa sijainnissa olevien samankokoisten ja samalla tavalla käytettävien kiinteistöjen kunto vaikuttaa niiden vuokraus- ja jälleenmyyntiarvoon. Kiinteistöissä ja useissa muissa omaisuuslajeissa, varsinkin määrän kasvaessa yksittäisessä sijoitussalkussa,

kustannuksia pyritään optimoimaan ammattimaisesti. Kiinteistön omistaminen voi tukea yrityksen omaa strategiaa ja esimerkiksi kustannushallintaa.

”Minulla -- on kukka, jota kastelen joka päivä. Minulla on kolme tulivuorta, joiden kraaterit nuohoan joka viikko. Sillä nuohoan myös sen, joka on sammunut. Eihän koskaan voi tietää, mitä tapahtuu. Sekä tulivuorilleni että kukalleni on hyötyä siitä, että omistan ne. Mutta sinusta ei ole hyötyä tähdille...”

–Pikku Prinssi (s.74)

Pikku Prinssi kääntää omistajaroolin erittäin hyvin kaksisuuntaiseksi suhteeksi, jossa omistettava hyödyke hyötyy omistajastaan – yhtä lailla kuin omistaja hyödykkeestä. Valitettavasti myös 2000-luvulla on omistajia (*riippumatta omistuskohteesta*), jotka ovat kuin Pikku Prinssi -tarinan liikemies , joka ihaili tähtitiluksiaan huolehtimatta niistä.

Marko Parkkinen totesi: *”Suomesta puuttuvat omistamisen perinteet, jolloin tämä näkyy auttamattomasti myös osaamisen tasossa.”* (viitekehyyksenä *yritysomistus*).

Maamme täytti juuri 100 vuotta, joten on hyvä muistaa reaali-teetit esim.

omistuskulttuurissa. Marko jakoi yritysten omistajat kolmeen ryhmään: yrittäjiin, omistajiin ja sijoittajiin. Yrittäjät usein miettivät asioita liikaakin yrityksensä kautta.

Sijoittajat hakevat aktiivisesti tuottoa sijoitetulle pääomalle, johon kuuluu

luonnollisena osana mm. riskinotto. Omistajarooliin kuuluvat pitkäaikaiset tavoitteet ja kasvu esimerkiksi liiketoiminnallisesta näkökulmasta sekä omistuksen myyntikelpoisuuden ylläpito.

(Silvennoinen. 2016, 17)

Usein myös kiinteistöihin liittyvä omistus nähdään potentiaalisena tulonlähteenä, jossa tuloa nakertavat ylläpitokulut. Tämä näkemys helposti siirtyy ohjaamaan sekä rakentamiseen että ylläpitoon liittyviä päätöksiä.

Kiinteistöjohtaminen on:

- Juridista hallintaa (*omistamisen vastuu ja valta*)
- Tekninen optimointiprosessi (*huomioidaan aika, muodostetaan prosessi – ei kertatapahtuma, optimoidaan kuntoa ja tekniikkaa*)

- Taloudellinen optimointiprosessi (*taloudellinen elinkaari voi olla teknistä elinkaarta lyhyempi, tuotot ja hyödyt nostetaan keskiöön*)
 - Kustannuspainotteinen: minimikustannuksin vaadittu palvelutaso
 - Tuottopainotteinen: pääomalle maksimituotto
 - Edullisuuspainotteinen: kaikkien taloudellisten tekijöiden optimi (*rakentamisvaiheet, hankesuunnittelu, rakennussuunnittelu, rakentaminen, ylläpito, korjaus, muunneltavuus, purkaminen*)
- Investointiprosessi (*sijoitus, nettotuottotavoitteet, "Asset Management". Korostettuna hankintakustannukset, rahoitusjärjestelyt, verot... aikajänteenä omistusaika, joka voi olla lyhyt*)
- Resurssien muuntamisprosessi (*työ, pääoma, osaaminen ja informaatio muunnetaan huonetilaksi ja palveluksi*)
- Palvelutuotantoa (*asiakas, vuokralainen, käyttäjä – laatu, kustannukset, maksukyky*)
- Sopimuksia (*jaetaan riskit ja pelikenttä*)
- Informaation käsittelyä (*markkinat, asiakkaat, yhteiskunta, varallisuus...*)
 - Property Management by Erik Högberg (*tekniikan tohtori*):
 - Huolehtia suuresta pääomasta ja sen tuottavuudesta
 - Kohdata vuokralaisen vaatimukset
 - Organisoida toimenpiteet tehokkaiksi
 - Suorittaa palvelu hyvin
 - Pitää informaatiojärjestelmä toimivana
 - Varautua kiinteistöjen uskäyttöön
 - Kiinteistöjohtaminen Pertti Tuomisen mukaan: "monialainen, pitkävaikuttaiva⁷ optimointiprosessi⁸, jota tehdään omistajan lukuun ja jolla aikaansaadaan omiaisuuksia, jotka muutetaan hyödyiksi myymällä ne asiakkaille"

(Siikala ym. 2000, 59-62)

"--hoidon taso, rakennuksen imago tai sisääntulon antama mielikuva. Ominaisuudet ovat välttämätön ja tärkeä osa

⁷ Strategia, linjaukset ja kärsivällisyys

⁸ Useita rinnakkaisia ja peräkkäisiä tehtäviä → hallittu ja johdonmukainen kokonaisuus

*kiinteistöjohtamista -- Ne on pystyttävä muuttamaan hyödyiksi.
Ne on myytävä.”*

(Siikala ym. 2000, 59-62)

Kiinteistöjohtamisessa usein keskitytään kiinteistöomistukseen. Toimitilajohtamisessa (Facility Management) asioita tarkastellaan yrityksen ja liiketoimintayksiköiden näkökulmasta. Toimitiloihin liittyvät kustannukset voivat olla vuodessa jopa 5% tiloissa työskentelevän yrityksen liikevaihdosta. Tämä ei ole riittävästi tiedostettu.

(Siikala ym. 2000, 67-68)

3 Elinkaariajattelu kiinteistötekniikassa

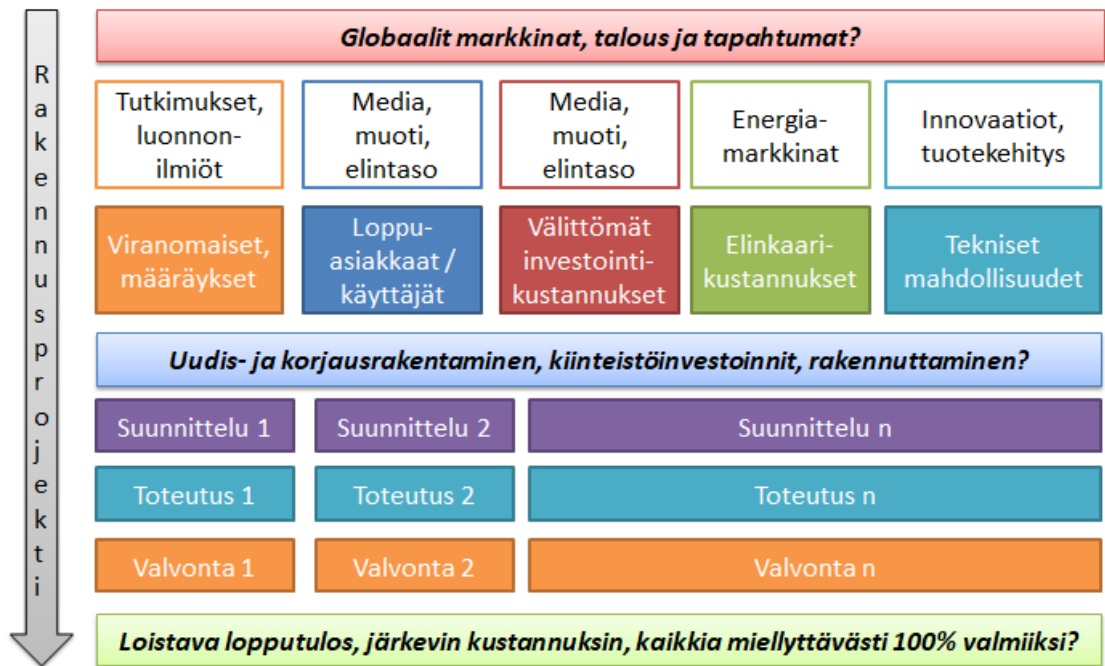
*”Ennen olivat talot ja miehet yksinkertaisia. Nyt vain miehet.”
-Lauri Yli-Rosti, Granlund*

Kiinteistötekniikka on kiinteistöomistamiseen ja -liiketoimintaan liittyvää käyttöomaisuutta, koska se mahdollistaa kiinteistön käyttämisen. Kiinteistötekniikan merkitys kiinteistön elinkaarelle on erittäin merkittävä. Hyvin toimiva kiinteistötekniikka pienentää kustannuksia esimerkiksi tehostamalla energiankäyttöä. Vastaavasti esimerkiksi nestepiireihin liittyvät virheet voivat pahimmillaan tuhota koko kiinteistön käyttökelpottomaksi.

Aktiivisella kuntoseurannalla, ylläpidolla korjausoptimoinnilla elinkaarta voidaan venyttää huomattavasti. Tuottavuustasoa voidaan parantaa hyvällä huolto- ja uudistussuunnittelulla. Kiinteistön elinkaari alkaa sen valmistumisesta ja päättyy purkamiseen.

3.1 Investoijan haasteet elinkaarivalinnoissa

Kiinteistöihin liittyvissä investoinneissa on monen valinnan ja haasteen edessä. Valinnoissa korostuu, kuten muissakin liiketoiminnoissa, helposti mitattavissa oleva tuottoon vaikuttaminen.



© Aleksi Graf

Kuvio 2 Kiinteistömistajan ja rakennuttajan toimintaympäristöesimerkki

*Tulevaisuuden huomioon ottaminen ei voi olla matemaattista. --
Ristiriita epätasällisyyden ja täsmällisiltä näyttävien laskelmi-
en välillä ei ole itse laskelmissa vaan päätöksenteon puolella.*

(Siikala ym. 2000, 48)

Valintoja ja päätöksentekoa voidaan tukea erilaisilla laskelmilla, mutta yksiselitteisten laskelmien tekeminen on haastavaa. Esim. muutoksia on ilmaista prosentteina aina edellisestä vuodesta, joka ei toimi pitkällä tarkastelujänteellä. Kehitys (*lineaarinen, taantuva, nouseva...*) pitää saada laskelmiin. Kehityspolkujen ja syy-seuraus-suhteiden arviointi on hyödyllistä ilman laskelmiakin.

(Siikala ym. 2000, 48-49)

*Muista varallisuuseristä omaisuus eroaa yleensä siksi, että se si-
too suuria pääomia eli on kallis.*

(Siikala ym. 2000, 48-49)

Kiinteistöomaisuudella on suuri merkitys taseessa.

(Siikala ym. 2000, 49)

3.1.1 Muuntojoustavuus

Moni kiinteistösjoiitusyhtiö ei omista edes omia toimitilojaan, koska kaikki pääomat on haluttu sijoittaa ulos. Käytännössä tämä tarkoittaa, että kaikki omistuksessa olevat kiinteistöt ovat vuokralla ja vuokralaiset voivat vaihtua. Vuokralaisten vaihtuessa uusi potentiaalinen vuokralainen ei välttämättä ole tarpeiltaan täysin edellisen kaltainen. Tämä aiheuttaa tarvetta tehdä kiinteistössä muutoksia. Käytännössä tällöin kiinteistöä vuokraavalla yhtiöllä on kaksi hyvää strategiaa:

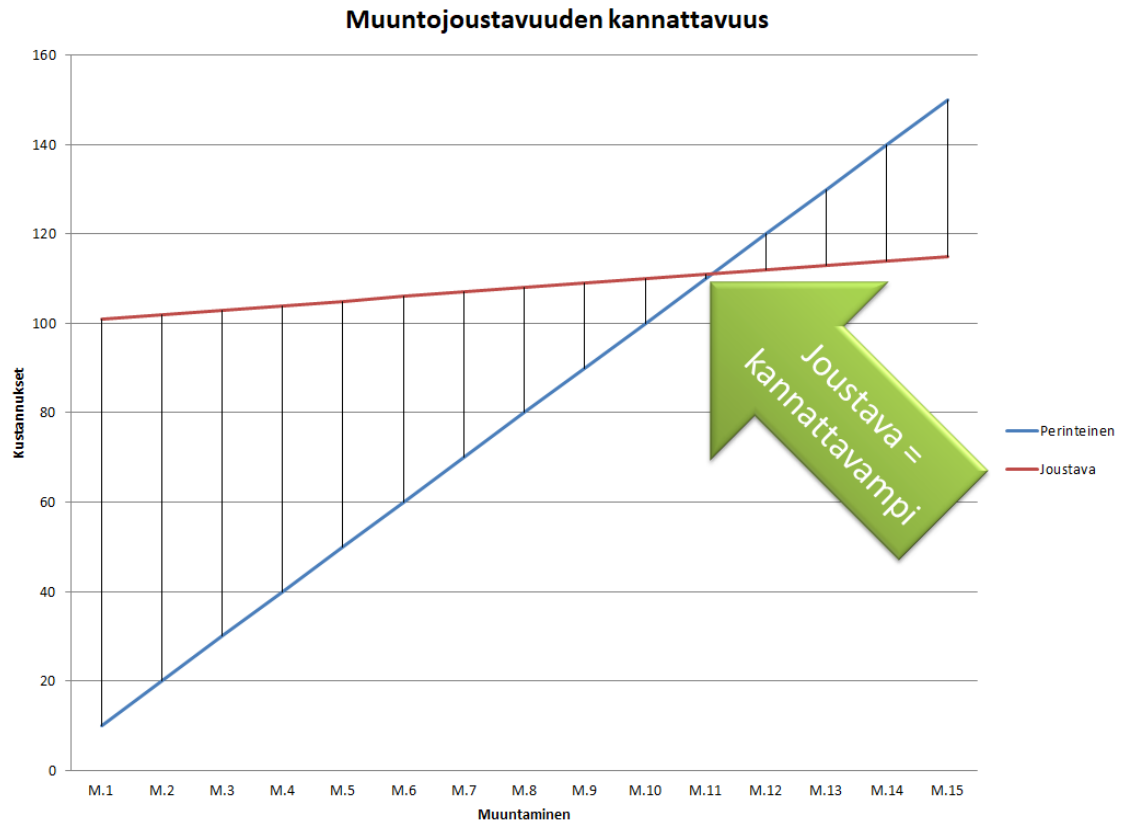
- pyrkiä saamaan aina samanlaisia vuokralaisia
- tehdä kiinteistöt ja niihin liittyvät investoinnit mahdollisimman joustaviksi

Tästä muuntojoustavuudesta puhutaan koko ajan enemmän, koska kiinteistöjen tekninen elinkaari ei joissakin tilanteissa enää lainkaan kuvasta niiden toiminnallista elinkaarta. Vierailin eräässä keittiö- ja sisustustuotteita myyvässä yrityksessä, jossa katossa oli erittäin kalliita ja nykyiseen käyttöön soveltumattomia monimetallilamppuja. Asiakaspalvelija tiesi kertoa hallin olleen aiemmin teollinen tuotantolaitos, joka selitti kalliin ja huonon valaistuksen.

Teknisten ratkaisujen vertailussa tulisi huomioida mm.

- ennakoitavissa olevat käyttäjien tarpeet
- mahdollisuus järjestelmien täydentämiseen myöhemmin
- vaikutukset rakennusteknisiin ratkaisuihin ja kustannuksiin

Muuntojoustavuuden arvioinnissa muuntojen määrä ja pitkäntähtäimen kustannukset muodostavat hyvän vertailuparin. Seuraavassa kuviossa on esitetty vertailuperiaate:



Kuvio 3 Muuntojoustavuuden kannattavuuden arviointi

Muuntojoustavuutta voi arvioida vuosittaisten kustannusten perusteella tai kumulatiivisesti. Eli käytännössä voi ottaa lähtötasokustannukseen perinteisen toteutusmallin, jonka hinta määrittyy voimassa olevan markkinatilanteen mukaan. Tähän lähtötasoon voi pyytää tarjouksen muuntojoustavuudesta, jolle tulee korkeampi investointikustannus ja/tai ylläpitokulu. Vastaavasti perinteisen toteutuksen muokattavuus on huonompi, eli muuntaminen maksaa enemmän.

Yllä olevassa esimerkkikuviossa on ajateltu, että joustavan ratkaisun rakentaminen maksaisi 100 yksikköä enemmän rahaa, jonka jälkeen muuntaminen maksaisi vain 1 yksikön, kun perinteisessä muuntaminen maksaisi 10 yksikköä (*joustavassa ratkaisussa olisi siis 90% muuntosäästö*). Tällöin joustavaratkaisu toisi säästöä 12. muunnoksen yhteydessä. Muunnosten kustannuksia voi olla hyvinkin vaikea arvioida etukäteen ja vertaillen kahta kuvitteellista toteutusta suunnittelupöydällä. Jos vuokraisten muuttuvat tarpeet olisivat tarkasti tiedossa, niihin voisi varautua hyvin jo suunnittelussa.

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 37-39)

3.1.2 Käyttökulut ja käyttöikä

Käyttökulut ovat pientalon suurin käyttökuluerän muodostaa energia, jota lämmitys ja vesi saattavat olla 90%. Useimmat talo-ostajat unohtavat kysyä käyttökustannuksista. Energian markkinahintaan on vaikea vaikuttaa, mutta lämmityskustannus voidaan helposti leikata puoleen, vähäisillä kustannuksilla, talotekniikkaa parantamalla. Ammattimaisesti ja hyvin suunnitellulla energiaoptimoinnilla ei ole haittoja. Pientalossa paremman tekniikan tuoma kustannusnousu rakennuskustannuksissa on tietenkin suhteellisesti suurempi (3%), mutta euromääräisesti pienempi (5000€). Takaisinmaksuaika lisäkustannuksille oli suunnitelmissa alle 10 vuotta ja toteuma oli alle viisi vuotta, jonka jälkeen taskuun tulee rahaa 1000€:n vuosivauhtia.

(Leppänen 2004, 3)

Leppäsen tekstissä viitataan myös 2006 voimaan tulleeseen EU-direktiiviin, jossa määrätään jokaisesta rakennuksesta tehtävä energiatehokkuustodistus. Todistuksessa ei kerrota mitä juuri nimenomainen rakennus oikeasti kuluttaa, vaan siinä esitetään laskelma teoreettisesta kulutuksesta, jonka rakennuksen pitäisi kuluttaa. Kulutuksia ei mitata edes kokeellisesti.

Rakennuksen keskimääräisen kokonaiskäyttöiän nostaminen voi tuntua turhalta ammattisijoittajalle, joka on tottunut seuraamaan esimerkiksi korkovaikutuksia. Käyttöikään vaikuttaminen on kuitenkin enemmän hallittavissa, kuin korkotaso. Seuraavassa RAE-ohjelmistolla annuiteettiperiaateen mukaisesti tehdyssä laskelmassa esimerkkejä:

Taulukko 3 Käyttöiän ja laskentakoron (*keskiarvot*) pääomakustannusvaikutus

Käyttöikä	Korko	Pääomakust. €/htm ²		
		Kuukausi	Vuosi	Elinkaari
40	0 %	4,2	50	2000
40	3 %	7,2	86	3463
40	7 %	12,5	150	6007
50	0 %	3,3	40	2000
50	3 %	6,5	78	3881
50	7 %	12,1	145	7230
60	0 %	2,8	34	2000
60	3 %	6,0	72	4334
60	7 %	11,9	143	8542

(Myyryläinen. 2008, 27)

Oikeilla valinnoilla saadaan käyttöikä nostettua, hoito- ja energiakustannuksia alennettua. Näiden yhteisvaikutuksesta pääomakustannuksia saadaan pienennettyä merkittävästi.

(Myyryläinen. 2008, 27)

3.2 Kokonaiskustannusajattelu

Rakennusinvestointien osuus kiinteistä investoinneista on 65%.

(Siikala ym. 2000, 15)

Asiakas voi alentaa omia kokonaiskustannuksiaan monin eri tavoin.

Kustannustehokkuusajattelu perustuu vielä tänäkin päivänä enimmäkseen hankinnan kilpailuttamiseen (*ns. välitön kustannus, joka on helposti vertailtavissa*) ja elinkaari-kustannukset jäävät pimentoon.

Takuu sisältää nykyään entistä harvemmin kuluvia osia tai osien vaihtamiseen liittyviä kustannuksia, ellei niitä ole erikseen mainittu. Hyvä takuu, esimerkiksi täysi tyytyväisyystakuu, maksaa ja se on sisällytettyä tuotteen hintaan suoraan tai epäsuoraan. Perinteisesti ajatellaan, että laadukkaampi tuote tai palvelu maksaa enemmän, koska se muodostuu laadukkaammista osista ja tuotetaan korkeammalla osaamisella.

Toimittajaan pitää liittää erittäin vahva laatumielikuva tai tuntemattoman toimittajan pitää pystyä perustelemaan konkreettisesti laadukkuutensa, jotta sillä olisi arvoa kilpailutilanteessa. Tästä laadukkuudesta pitää pystyä myös viestimään riittävän voimakkaasti, että asiakas ottaa tämän huomioon hankintansa suunnittelussa ja kilpailutuksessa.

Kustannustehokkuus on aina näkökulma, jonka viitekehys ja esimerkiksi mittaristo pitää valita. Yksi hyvä valintaprosessi on pyrkiä ottamaan koko hankinnan kohteena olevan palvelun tai tuotteen elinkaarikustannukset huomioon. Tämä on erityisen haastavaa, jos hankinta on ensimmäinen laatuaan (*ns. ensihankinta*), eikä hankkijalla ole aiempaa kokemusta elinkaaresta tai siihen liittyvistä kustannuksista.

Ensihankinnan pohjana olevan tiedonkeruun haasteena on tiedon oikeellisuuden arviointi. Periaatteessa mikään ei estä määrittelemästä hankinnalle kokonaiskustannusta 10 vuoden ajalle. Harvoin tällaista palvelua saa kuitenkaan järkihintaan mistään. Jos toimittaja laskisi 10 vuoden palvelusopimuksen hinnan asiakkaalle ajatuksella, että tarvittaessa pyykinpesukone vaihdetaan kolmesti, olisi hinta liian korkea. Kustannustehokkuutta ja turvallisuutta voidaan saavuttaa hyvällä tiedolla. Jos toimittajalla on tiedossa rikkoutumisriskit 100.000 pesukoneelle ja he saavat myytyä tällaisen määrän asiakkaille palvelusopimuksin: he voivat laskea itselleen riskittömän kustannustason ja tarjota asiakkaalle kohtuuhintaista turvaa.

Kustannustehokkuus tuotannossa

Tuotantoprosessin näkökulmasta esimerkiksi virheiden korjaamiskustannus kasvaa logaritmisesti käyttöönottoa lähestyttäessä.

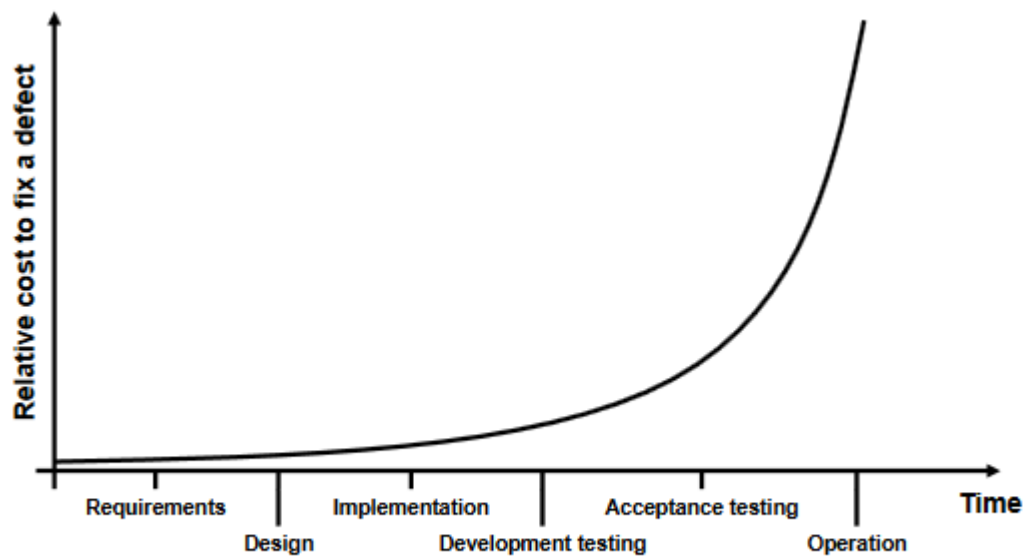


Figure 2.1: Relative cost of fixing a defect

Kuvio 4 Suhteellinen virhekustannusnousu

(Hood, Wiedemann, Fichtinger, Pautz. 2008, 21)

Vaatimusmäärittelyvaiheeseen panostaminen on erittäin edullista verrattuna tuotannon muokkaukseen testausten jälkeen. Usein vaatimusmäärittely- ja suunnittelu- vaihe jätetään heikolle tolalle ajatellen, ettei niin aikaisessa vaiheessa voida saada tarkkaa käsitystä potentiaalisista virheistä, jotka voitaisiin välttää laadukkaalla esisuunnittelulla.

Ketterin menetelmin johdetut projektit ja prosessit pyrkivät nimenomaan palastelemaan tuotantoa siten, että tuotannon onnistumisesta tai virheistä saadaan mahdollisimman nopeasti tietoa. Esimerkiksi nettisivuprojektissa tämä tarkoittaa mahdollisimman nopeasti ulkonäöllisen demon tuottamista asiakkaan nähtäväksi.

Kaikki toiminnallisuudet jätetään pois ja näytetään ulkoasua, jonka perusteella asiakas voi antaa korjausesityksiä layoutiin. Tämän jälkeen, kun layout ja esimerkiksi värit ovat sovittuna, aletaan vasta työstää varsinaista sivustoa.

Perinteinen malli on määritellä asiakkaan kanssa toiveet ja tarpeet lopputuotteelle, jonka jälkeen sivusto rakennetaan tekstisisältöä vaille valmiiksi. Tässä on erittäin suuri riski, että vaatimusmäärittely ei ole onnistunut riittävällä tasolla ja asiakas antaa merkittäviä muutostoiveita layoutiin ja toiminnallisuuksiin liittyen.

Tätä ongelmaa on pyritty vähentämään myös rakennusmaailmassa, esimerkiksi putkistosaneerauksien yhteydessä rakennetaan mahdollisimman nopeasti mallihuone, jota asiakkaat pääsevät tarkastelemaan. Harvoin mallihuoneen tarkoituksena tai tavoitteena on saada käyttäjäpalautetta, vaan itse asiassa sen pääasiallinen tavoite on rauhoittaa asiakasta ja tarjota konkreettinen näkymä, josta unelmoida saneerauksen aikana.

Arkkitehtitoimistoille järjestetään vielä tänäkin päivänä paljon suunnittelukilpailutuksia, jossa suunnittelutoimisto joutuu tekemään melko valmiin toteutussuunnitelman ja ei saa siitä korvausta, mikäli jokin toinen suunnitelma tulee valituksi. Tätä taloudellista kannattavuusongelmaa on lähdetty purkamaan keventämällä suunnittelua konseptitasolle.

Uudisrakentamisessa usein oman haasteensa tuo projektiosien merkittävä hajauttaminen, jossa kukaan ei vastaa kokonaisuudesta tai vaikkapa rajapinnoista. Tätä on pyritty ratkaisemaan asiakkaiden puolelta tilaamalla kiinteistökokonaisuuden yhdeltä toimittajalta, joka vastaa kaikesta. Käytännössä tämä ei kuitenkaan täysin poista ongelmia, koska edelleen asiakkaan ja pääurakoitsijan välinen vaatimusmäärittely pitää tehdä ja siinä pitää onnistua.

Asiakkaan näkökulmasta pääurakoitsijan tulisi osata kysyä asioita, jotka vaikuttavat merkittävilta osin kustannuksiin ja lopputulokseen. Pääurakoitsijan näkökulmasta

asiakkaan pitäisi osata viestiä omista tarpeistaan ja toiveistaan, jotta ne osattaisiin ottaa huomioon suunnittelussa.

Asiakkaan mielestä pääurakoitsija on ammattilainen, eikä asiakas itse voi tietää kaikkia yksityiskohtia, joita rakentamiseen liittyy – juuri siksihän asiakas ostaa ammattilaisilta kokonaisuuden. Pääurakoitsijasta voi tuntua projektin edetessä kummalliselta, kun asiakas erilaisilla tarkastuskäynneillä ilmaisee tyytymättömyyttään toteutusmalleihin, joista ei ole ollut mitään puhetta vaatimusmäärittelyvaiheessa.

Suurimmassa osassa nykytuotteita on merkittävästi näkymättömiä osia, joita ei voida aistinvaraisesti arvioida tai havaita. Tämä aiheuttaa merkittävää epävarmuutta, jossa esimerkiksi toisen vastaavan kohteen esittely asiakkaalle, ei välttämättä lopulta vastaa kaikkiin kysymyksiin.

Asiakkaalle helposti ymmärrettävä kokonaisuus voisi olla kaksiosainen esitys:

1. Asiakas pääsee tarkastelemaan konkreettisesti kokonaisuuden, jonka hän on saamassa. Esimerkiksi yksi tai useampi kohdekäynti, jossa riittävällä tavalla pystytään osoittamaan visuaaliset, tekniset ja käyttöön vaikuttavat seikat.
2. Pääurakoitsija kertoo vuosittaiset käyttö- ja ylläpitokustannukset viiden vuoden nipuissa ja paljonko eri toteutusmalli ja ratkaisupaletti valinnat kustuksiin.

Taulukko 4. Esimerkkimatriisi pääurakoitsijan arvioimista käyttö- ja ylläpitokustannuksista.

Toteutusmalli ja ratkaisupaletti	0...5v.	5...10v.	10...15v.	15...25v.	25...30v.
A	a €	b €	c €	d €	e €
B	1,2 x a €	1,2 x b €	1,2 x c €	1,2 x d €	1,2 x e €
C	1,5 x a €	1,5 x b €	1,5 x c €	1,5 x d €	1,5 x e €

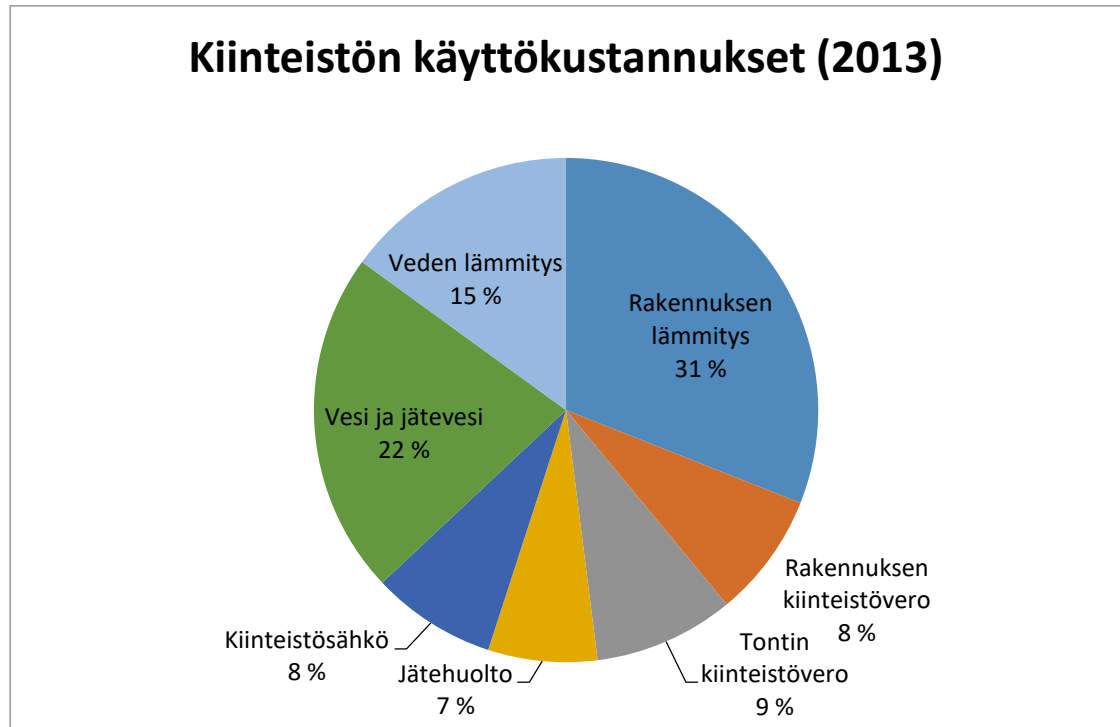
Taulukko 1. Esimerkkimatriisi pääurakoitsijan arvioimista käyttö- ja ylläpitokustannuksista.

3.3 Kiinteistön käyttökustannukset

Kiinteistöjen kustannuksien tarkasteluun on monia eri näkökulmia. Yksi yleistyvistä näkökulmista on ottaa kustannustarkasteluun mukaan esim. liikekiinteistössä henkilöstökulut. Tämä voi tuntua hieman hämäävältä aluksi, koska ihmiset eivät ole osa kiinteistöä. Tällä näkökulmalla pyritään kuitenkin nostamaan henkilöiden hyvinvoin-

nin tärkeys kiinteistöihin liittyvässä päätöksenteossa. Kaikki päätökset, joilla henkilöstön tuottavuuteen voidaan vaikuttaa pysyvän positiivisesti, ovat erittäin merkittäviä.

Perinteisempi tapa on katsoa kiinteistökustannuksia ilman henkilöstöä. Esimerkiksi seuraavassa kuviossa esitetyllä tavalla.



Kuvio 5. Kiinteistön käyttökustannukset (2013)

(Verto - opas Järkevään vedenkäyttöön. 2018, 5)

Kiinteistöön liittyvien kustannusten niputtamiseen ei ole oikeaa tapaa. Kustannustarkasteluissa tulee valita aina tilanteeseen sopiva ja ymmärrettävä kokonaisuus. Esimerkiksi edellä esitetyn kuvion ryhmittelyn tavoitteena on ollut saada keskimääräiset veteen liittyvät kulut näkyville, joiden yhteenlaskettu osuus on 37%.

3.4 Kiinteistötekniikan elinkaari

Kiinteistötekniikan eri järjestelmien tekniset käyttöiät muodostavat kiinteistölle elinjaksoja. Näistä yleisimmin keskusteluissa esiintyvät on esitetty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 5. Esimerkkejä teknisten järjestelmien käyttöiästä

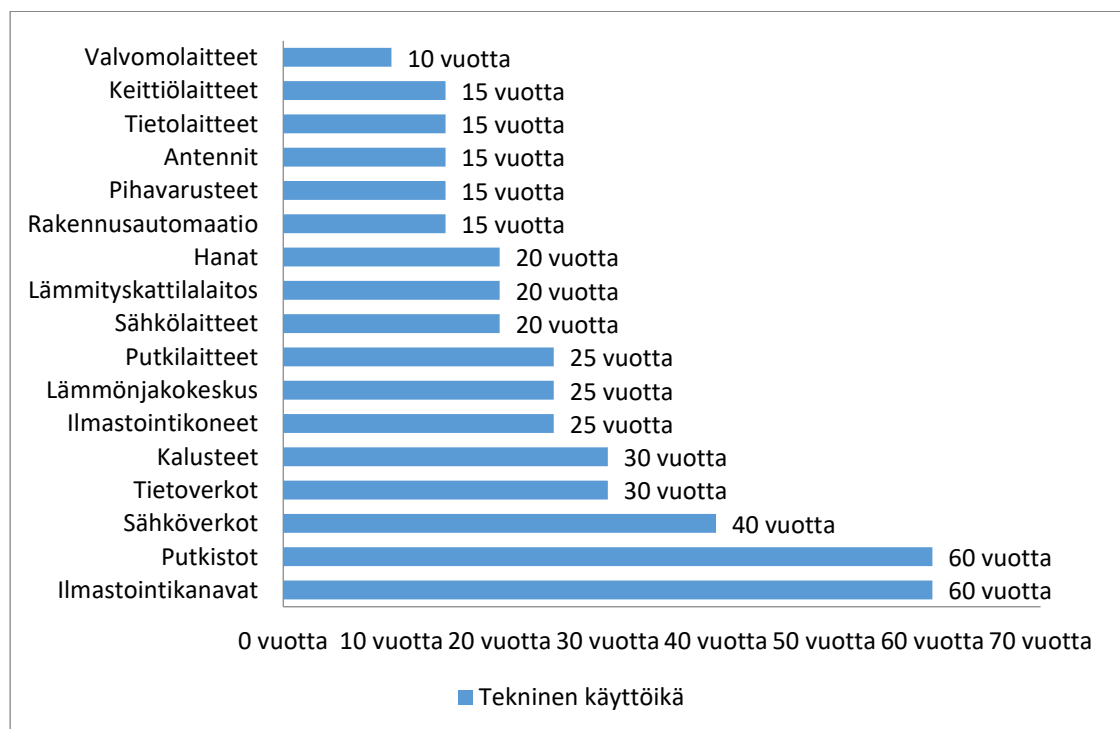
Laite tai järjestelmä	Tekninen käyttöikä
Kupariputket	40...50 vuotta
Jätevesiviemärit	25v. (betoni), 50v. (valurauta), 40v. (muovi)
Öljylämmityskattilat, teräslevy	20 vuotta
Lämmönsiirrin	20 vuotta
Puhaltimet (huippuimurit)	20...25 vuotta
Sähkökäyttöiset lämminvesivaraajat	10...15 vuotta

(Talotekniikka. 2015)

Lämmityskaudella (talvella) kaikki edellä mainitut vaihto- ja merkittävämmät korjaustoimenpiteet estävät osin tai kokonaan kiinteistön pääasiallisen käytön.

Tämän takia esimerkiksi lämmitysjärjestelmiin tehtäviä parannustoimenpiteitä ei kannattaisi viivästyttää kesän yli talvelle. Usein hallitsematon rikkoutuminen aiheuttaa merkittäviä lisäkustannuksia tai kohtuutonta haittaa käyttäjälle.

Nopeimmin kuluvat jatkuvasti käytössä olevat ja kuormittuvat osat (automaatiolaitteet, pienet pumput, ilmastointikoneet, sähkölaitteet...). Kanavat, putket, sähkö- ja telekaapelit kestävät yleensä 30...80 vuotta. Nesteiden liian suuri virtausnopeus tai huono ja toimimaton lämpölaajenemislaitteisto rikkovat helposti putkiston ennenaikaisesti.



Kuvio 6. Kiinteistötekniisten järjestelmien ja laitteiden keskimääräinen käyttöikä

(Myyryläinen. 2008, 25-26)

Kiinteistön kuntoarvio -kirjassa esitellään hajanaisesti taloteknisten järjestelmien käyttöikä, jotka on esitelty vertailun vuoksi seuraavassa taulukossa. Ilmanvaihtoon liittyvien kanavistojen, varusteiden ja päätelaitteiden tekninen käyttöikä ilmoitetaan vain järjestelmään liittyvänä teknisenä käyttöikä. Vaihdettaessa ilmanvaihtokoneikkoa harvoin uusitaan koko kiinteistön kanavistoja, paitsi jos kanavistot ovat villaeristeisiä ja niiden sisäpinta on rikkoutunut.

Järjestelmään liittyvää käyttöikää selitetään vasta 23 sivua myöhemmin taulukon yhteydessä: *"Kanavistojen uusimistarve ei johdu mekaanisesta kulumisesta, vaan tilojen tai niiden käyttötarkoituksen muutoksista tai ilmanvaihtojärjestelmän toimintaperiaatteen muutoksista. Ei riipu ilmanvaihtokoneen iästä."* Sama pätee mm. äänenvaimentimiin, joiden yhteydessä mainitaan: *"Vaimentimesta irtoavat mineraalivillakuidut aiheuttavat uusintatarpeen."*

Hieman epäselväksi jää miksi sivulla 103 sulkupeltien, säätöpeltien ja ilmavirran mitauslaittekokonaisuuksien keskimääräinen tekninen käyttöikä on 10...25 vuoden välissä. Toimilaitteille ilmoitetaan vain 5...10 vuotta, kun rasitusluokka on vaikea – mutta ei lainkaan teknistä käyttöikää, kun rasitusluokka on normaali tai kevyt. Seuraavalla sivulla (sivu 104) sulkupeltien, säätöpeltien ja palopeltien tekninen käyttöikä on rasitusluokasta riippumatta järjestelmän käyttöikäan sidottu – siis sivua kääntämällä järjestelmää lyhyempi käyttöikä (10...25 vuotta) vaihtuu järjestelmän käyttöikä. Vastaavasti ilmavirtasäätimien vaikean rasitusluokan käyttöikä on 10 vuotta, normaalin ja kevyen 20 vuotta. Huomautuksissa on mainittu: *"Toimilaitteen käyttöikä."*

Samalla tavalla sivulla 94 yleiselle lämpöpumppulaitteistoryhmälle ei ole merkitty lainkaan teknistä käyttöikää (*riippumatta rasitusluokasta*), mutta sivulla 106 lämpöpumpuille annetaan 25...30 vuotta teknistä käyttöikää. Normaalissa rasitusluokassa maalämpöjärjestelmälle annetaan teknistä käyttöaikaa 25...30 vuotta ja maapiirille rakennuksen käyttöiän verran. Kompessoreista huomautetaan, että ne voidaan joutua vaihtamaan aiemmin: 10...15 vuoden kohdalla. Ilmalämpöpumput kestävät normaalisti 10...15 vuotta. Sivulla 105 kuitenkin tuumataan, että ilmastointia ja käyttöilojen jäädytykseen tarkoitettut *"kylmäkoneistot (kompressorit, kompressorit"*

koneikot)” kestävät vaikeassa rasitusluokassa 10...15 vuotta, normaalissa ja kevyessä rasituksessa 20 vuotta.

Lämpöpumppujärjestelmät ovat käytännössä kylmäkoneikkoja, joiden toimintatavoite on päinvastainen kylmäkoneikkojen kanssa. Lämpöpumppujärjestelmien (*esim. maalämpö*) käyttöaste on luonnollisesti todella paljon korkeampi Suomessa kuin jäähdytykseen tarkoitettut järjestelmät – erityisesti, jos maalämpöä hyödynnetään kesällä jäähdytykseen. Miksi siis kompressorijärjestelmän sisältävät jäähdytysyksiköt on ajateltu vaihdettaviksi 10...20 vuoden jälkeen, kun kovemmallalla käytöllä oleva maalämpöjärjestelmä porskuttaa jopa 30 vuotta? (Kiinteistön kuntoarvio. 2014. 94-106)

Seuraavaksi on esitelty yhteenvedot Kiinteistön kuntoarvio -kirjassa esitellyistä taulukoista yleisen kiinteistötekniikan osalta. Esimerkiksi maalämpöpumppujärjestelmään liittyen oli kirjattu: ”Mahdollinen kompressorivaihto 10...15 vuoden kohdalla”. Tällä tekniikalla moneen muuhunkin tai jopa kaikkiin riveihin pitäisi liittää tällaisia ”*mahdollisesti, mutta ei välttämättä*”-ilmoituksia. On parempi antaa investoijille realistinen kuva mahdollisista kustannuksista ja huoltotoimenpiteistä, joten jos kompressorivaihto on verrattain yleinen – se olisi hyvä kertoa avoimesti, niin kirjallisissa selvitelyksissä kuin tarjouksissakin.

Taulukko 6. Esimerkkejä LVI-tekniisten järjestelmien käyttöiästä

			Tekn. käyttöikä	
Ryhmä	Tekniikka/sijoitus	Materiaali / huom.	Min*	Max*
Lämmityspoltin	Raskasöljy			10 v.
Lämmityspoltin	Kevytöljy			15 v.
Lämmityspoltin	Maakaasu			15 v.
Levylämmönsiirtimet	Kovajuotos	HST		20 v.
Kaapelointi	ATK/laajakaista		10 v.	20 v.
Putkistot	Venttiilit	Sulut / linjasäädöt		30 v.
Sähkö	Mittauskeskukset			30 v.
Valaistus	Yhteiset tilat		20 v.	30 v.
Öljysäiliöt	Maassa	Muovi		40 v.
Ilmanvaihto	Puhaltimet		10 v.	40 v.
Sähkö	Pääkeskukset		30 v.	40 v.
Sähkö	Ryhmäkeskukset		30 v.	40 v.
Sähkö, kaapelointi	Sähkökytkinlaitokset	Välijohtot	30 v.	40 v.
Sähkö, kaapelointi	Sähköryhmäjohtot		20 v.	40 v.
Sähkö, kaapelointi	Puhelinverkko	Sisäjohtot	30 v.	40 v.
Sähkö	Antennijärjestelmä		25 v.	40 v.
Öljysäiliöt	Sisätiloissa	Muovi		50 v.
Viemärit	Lyijyliitokset	Valurauta		50 v.
Viemärit	Pantaliitokset	Valurauta		50 v.
Viemärit		Muovi		50 v.
Viemärit		RST		50 v.
Viemärit		HST		50 v.
Putkistot, vesijohtot		Kupari	30 v.	50 v.
Putkistot, vesijohtot	Suojaputkessa	PEX-muovi		50 v.
Putkistot, vesijohtot	Puristusliitokset	Komposiitti		50 v.
Putkistot, vesijohtot		Galvanoitu teräs	30 v.	60 v.

(Kiinteistön kuntoarvio. 2014. 77-80)

Seuraavassa taulukossa on koottuna samasta kirjasta muiden järjestelmien liittyviä teknisiä käyttöiä, kuten edellä. Sivuilla 82-112 teknisen käyttöiän vaihtelua on tarkennettu rasitusluokilla. Kirjassa esitelty taulukko muistuttaa sveitsiläistä reikäjuusto, joten seuraavassa taulukossa on noudatettu kirjassa aiemmin esiteltyä vaihteluväliä. Nämä on esitetty sarakkeissa ”Min.” ja ”Max.”.

Taulukko 7. Esimerkkejä taloteknisten järjestelmien käyttöiästä

Ryhmä	Tekniikka/sijoitus	Huom.	Min.	Max.	Tarkastus	Huollot / kunnossapito
Lämmitys	Lämmönjakokeskus	Ikä <10v			12 kk	
Lämmitys	Lämmönjakokeskus	Ikä 10..20v			4 kk	
Lämmitys	Lämmönjakokeskus	Ikä >20v			1 kk	
Lämmitys	Sähkö-/vesikeskus	Ikä <10v			12 kk	Tiiviys, term.toiminta
Lämmitys	Sähkö-/vesikeskus	Ikä 10..20v			4 kk	Tiiviys, term.toiminta
Lämmitys	Sähkö-/vesikeskus	Ikä >20v			1 kk	Tiiviys, term.toiminta
Lämmitys	Lämpöpumput		25 v.	30 v.	1 kk	Lämpötilat, sähkönkulutus
Lämmitys	Maalämpöpumppu		25 v.	30 v.	1 kk	Mahd. kompressorivaihto 10...15v.
Lämmitys	Ilmalämpöpumppu		10 v.	15 v.	1 kk	
Lämmitys	Aurinkokeräimet	Vesijärj.	10 v.	20 v.		
Lämmitys	Pumput		10 v.	30 v.	12 kk	Laakeriäänet, kuumeneminen, tiiviys, taajuusmuuttaja, vuorottelut
Lämmitys	Ilmalämmityskoneet	-90 valm.	20 v.	25 v.		
Lämmitys	Moottoriventtiilit	Runko	15 v.	20 v.		
Lämmitys	Moottoriventtiilit	Toimilaite	5 v.	10 v.	12 kk	
Lämmitys	Lämpömittarit				12 kk	Tarkastuksissa vaihtovaraus
Lämmitys	Painemittarit				12 kk	Tarkastuksissa vaihtovaraus
Lämmitys	Ilmanpoistimet				12 kk	Tarkastuksissa vaihtovaraus
Lämmitys	Lianerottimet				12 kk	Tarkastuksissa vaihtovaraus
Vesi	Vesimittaus	Huoneisto	8 v.	10 v.	36 kk	Tarkista kalibrointijakso
Ilmastointi	Puhaltimet	Kaikki	10 v.	40 v.		Moottorin kuumeneminen, laakeriäänet, kiilahihnan kireys, tasapaino, siipipyörän puhtaus
Ilmastointi	Suodattimet	Sähkö	10 v.	40 v.	6 kk	Paine-eronousua voidaan valvoa
Ilmastointi	Suodattimet	Kuitu	10 v.	40 v.	6 kk	Paine-eronousua voidaan valvoa
Ilmastointi	Lämmityspatterit	Neste/sähkö	10 v.	40 v.		
Ilmastointi	Jäähdytyspatterit	Neste/muut	10 v.	40 v.	12 kk	Kondenssiviemärintarkistus
Ilmastointi	Lämmöntalteenotto	Kaikki	10 v.	40 v.	12 kk	Huurtumisenesto, hihnat, paine
Ilmastointi	Pellistöt + säädöt	Mekaniikka	10 v.	25 v.	12 kk	
Ilmastointi	Pellistöt + säädöt	Toimilaite	5 v.	10 v.	12 kk	Sulakkeet, tiiviys
Automaatio	Valvomolaitteet		3 v.	5 v.		Valvomot ja alakeskukset lyhytikäisimpiä
Automaatio	Ohjelmistot		3 v.	5 v.		
Automaatio	Kenttälaitteet			15 v.	12 kk	
Automaatio	Kaapelointi					Soveltuvuus tarkistettava uusittaessa automaatio-järjestelmää

(Kiinteistön kuntoarvio. 2014. 82-112)

”Rakennusautomaation tekninen elinikä on noin 20 vuotta. -- Taludellinen tarkastelu⁹ pudottaa esim. rakennusautomaation eliniän noin 10...15 vuoteen. -- kokonaistaloutta¹⁰ ajatellen rakennusautomaation järkevä elinikä on alle 10 vuotta.”

(Siikala ym. 2000, 31)

⁹ Taludellinen elinikä. Laitteiden huolto- ja korjauskustannukset suhteessa uusimiseen ovat edullisia

¹⁰ Toiminnallinen elinikä. Optimaalinen hyöty kiinteistön toimivuudelle (liiketoiminta, asuminen...)

3.5 Huolto ja ylläpito

Kiinteistöhoitoyrityksen tavoitteena on asiakkaiden tarpeiden tyydyttäminen, kilpailukyvyn vaaliminen sekä henkilöstölle motivoivan ja pysyvän työpaikan luominen.

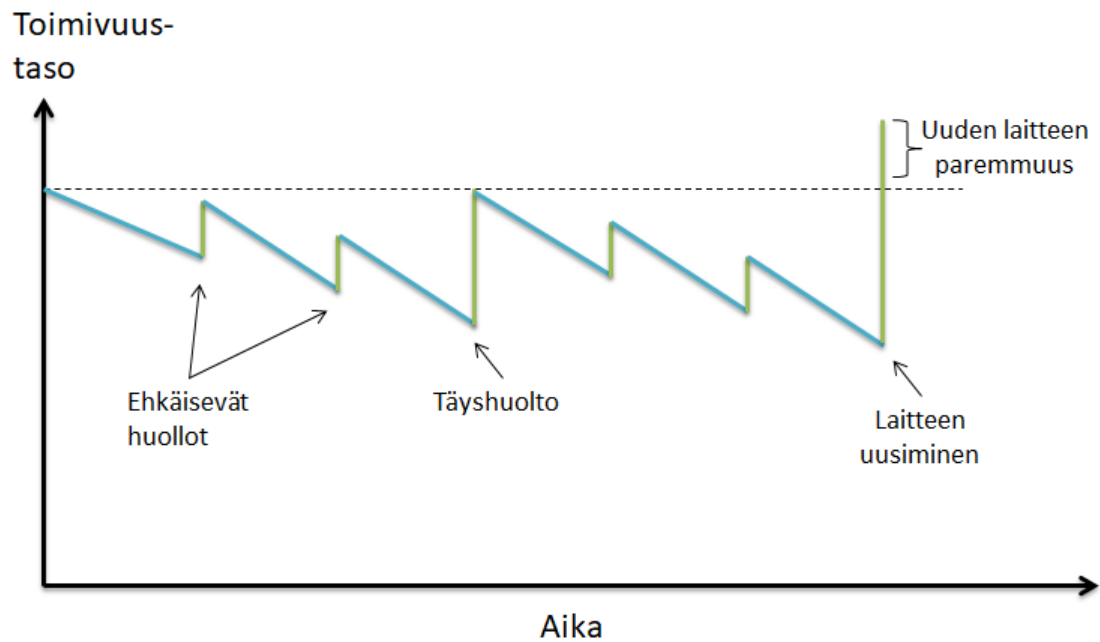
(Siikala 2000, 235)

Huoltotoiminta yleisesti

Jopa yksityisasujia kiinnostaa kodin sähköinen huoltokirja, ilmenee 2017 tehdystä ASTAT-tutkimuksesta. Huoltokirjaan voidaan tallentaa tärkeät dokumentit kiinteistöön liittyen. Huoltomuistutukset olivat erityisen kiinnostavia asukkaille. Vastaavasti tietojen päivitysvastuu ja kirjaaminen nostavat vielä paljon kysymyksiä. Isännöitsijä koetaan päivitysvastuulliseksi asukaskansioiden osalta, vaikka päivittäminen onkin usein asukkaan varassa. Jotkut toivovat erilaisia seurantajärjestelmiä (*esim. vesi ja sähkö*), joiden perusteella laskutetaan toteutuneet kustannukset. (Talotekniikkaa kaikille. 2017, 22)

Teknistä kiinteistötyötä, jolla asiakkaan kiinteistö pidetään käyttö- ja toimintakuntoisena. Huoltotoiminta voi tähdätä myös käyttö- ja toimintakunnon palauttamiseksi, jos ne ovat jostain syystä menetetty.

Huolto on joko säännöllistä – ennen laitteen tai järjestelmän vikaantumista – tai huoltoa, joka tapahtuu vikojen havaitsemisen jälkeen tai loppuunkuluneiden osien vaihtamisena. Huoltotyössä tulee ymmärtää ehkäisevän huollon ja laitteen uusimisen periaatteet sekä taloudellisuuden hallinta. Seuraavassa kuviossa on visualisoitu huoltotoiminnan tyypillistä prosessia:



Kuvio 7. Huoltovaiheet/-vaihtoehdot laitteiston elinkaaren näkökulmasta

(Myyryläinen. 2008, 93)

a) Ennaltaehkäisevä huolto / määräaikaishuolto:

Tarkoituksena on ylläpitää kohteen käyttö- ja toimintakunto kalenteriin jaksotettuina ajankohtina tai esim. käyttötuntien perusteella.

b) Täyshuolto / perushuolto

Tarkistetaan kohteen ja sen kaikkien osien kunto ja toiminta sekä uusitaan kuluneet osat.

c) Korjaava huolto / korjaus

Vian havaitsemisen jälkeen, tarkoituksena palauttaa kohteen/laitteen käyttö- ja toimintakunto.

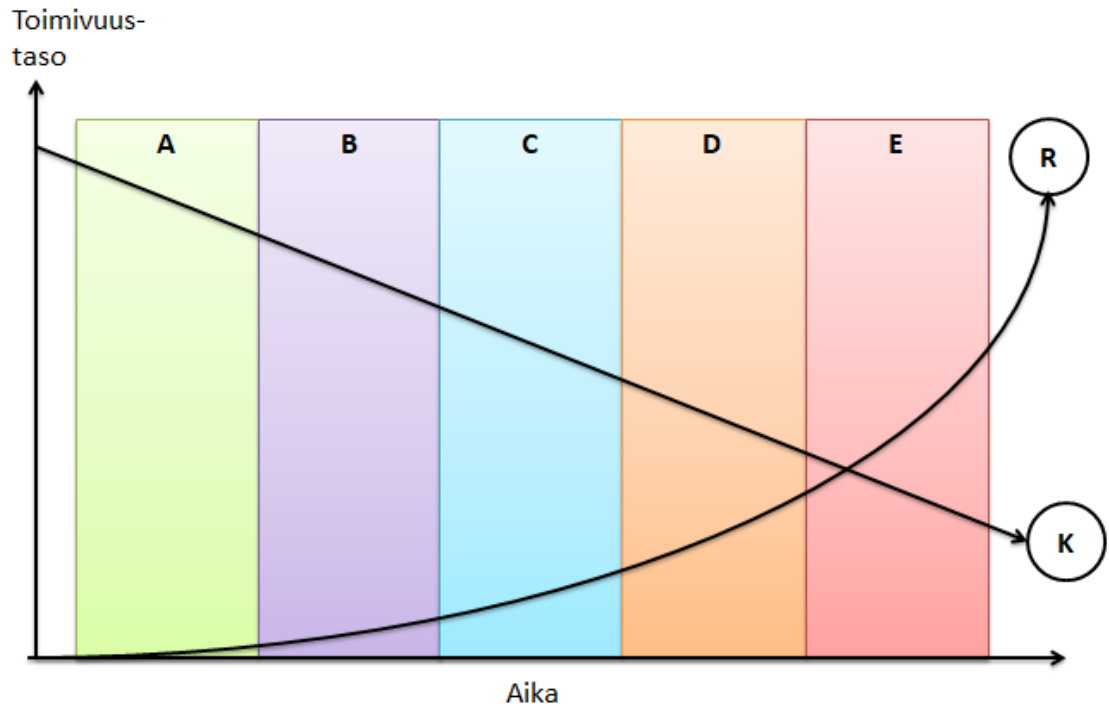
d) Laitteen uusinta

Entisen laitteen korvaaminen uudella, joka on laadullisesti vähintään edellisen tasoinen tai uuden käyttötarpeen mukainen. Uudet laitteet ovat usein energiatehokkaampia, turvallisempia, käytettävämpiä ja niissä on erilaisia ominaisuusparannuksia.

3.5.1 Laitteen näkökulmasta

Laitteen ikääntyessä sen toimintavarmuus laskee. Yleensä toimintavarmuus on luonteeltaan logaritminen, mutta Myyryläinen on yksinkertaistanut asian lineaarisesti korostaakseen rikkoutumisen kustannusvaikutuksia. Seuraava kuvio on siis yksinker-

taistettu ns. keskiarvotettu kuvaus laitteiden toimintavarmuudesta ja rikkoutumisesta aiheutuvan haitasta - ajan funktiona:



Kuvio 8. Kiinteistötেকnisen laitteen uusimishetken arviointi (*huom. riskianalyysit*)

- K = Toimintavarmuus alenee laitteen vanhetessa ja kuluessa. Rikkoutumisen uhka ja yllättävien käyttöhäiriöiden esiintyminen kasvaa.
- R = Rikkoutumisesta aiheutuva haitta ja seurannaiskustannukset lisääntyvät käyttöiän edetessä.

(Myyryläinen. 2008, 95)

3.5.2 Kiinteistötekniikan vikaantuminen

Myyryläinen listaa vikaantumisen syyt melko kattavasti:

- Laitteen asennusvika
 - Liian korkea tai matala asennusympäristön lämpötila
 - Märkä tai liian kostea asennuspaikka
 - Epäpuhtaudet – pölyt ja kaasut
 - Väärä asento ja haitallinen värinä
- Laitteen valmistusvika

- Huollon laiminlyönti
- Käyttöiän päätyminen

(Myyryläinen. 2008, 127)

Esimerkkejä virheellisistä asennuksista:

- laakeroitu laite asennetaan vinoon (*laakeri ei toimi oikein, eikä voitelujärjestelmä pysty palvelemaan tarvetta*)
- kestopagneettipumppu asennetaan kyljelleen (*vapaasti kellumaan tarkoitettut pyörivät osat sahaavat pyörintäkammionsa seiniä*)
- normaaliin huonetilaan tarkoitettuja elektroniikkalaitteita (*esim. automaation anturit*) sijoitetaan tilaan, jossa kosteus tiivistyy vedeksi
 - Huom. ulkokäyttöön tarkoitettut laitteet soveltuvat näihin asennuksiin

On hyvä huomioida, että takuut eivät korvaa virheasennuksista johtuvia rikkoontumisia. Lisäksi esimerkiksi automaatiojärjestelmien takuukäytännöissä on kyseenalaisia puutteita. Laitevalmistaja kieltäytyy takuukorjauksista, kun rikkoontunut laite on kärehtänyt virtapiikin tuloksena. Automaatiourakoitsija ja loppuasiakas eivät kykene todistamaan virtapiikin muodostuneen laitteen itsensä virheellisestä toiminnasta, vaan se tulkitaan aina lähtökohtaisesti ulkoisesta syystä johtuvaksi.

Myyryläinen opastaa korjaus- ja vikaluokitteluun esimerkiksi näin:

- Järjestelmäkohtainen
 - Neste- (*vakava vahinkoriski*) ja sähköpiirit (*vakavat toimintakeskeytykset ja mahdolliset turvallisuusongelmat*) ovat kriittisimpiä
- Ammattialoihin jaettu
 - Osataan tilata oikea asiantuntija paikalle ja säännösten mukainen apu saadaan nopeasti (*esim. sähkötyöt*)
- Kiireellisyysaste
 - Myyryläisen mukaan tämä on yleensä järkevin, kun kiireellisyysluokittelu tehdään huolella ja oikein
- Asiakaspalveluperusteisesti

- Tällä käytännössä otetaan yleinen kiireellisyysasteluokittelu ja käydään se vielä asiakkaan kanssa läpi (*esim. ilmastointipuhaltimen korjaus on joillekin asiakkaille kriittinen ja toiset eivät halua ylimääräisiä kiirelisäkustannuksia*)
- Seurannaisvaikutusten arvioinnin mukaan
 - Kiireellisyysluokittelu, jossa huomioidaan tilanne. Esimerkiksi lämpöeristeitä turmeleva nestepiirivuoto on kiireellinen.

(Myyryläinen. 2008, 132-133)

Vikaluokittelujen jälkeen on hyvä listata työkalut, kulkureitit, käytettävät lisäresurssit, raportointi, viranomais- tai muut sidosryhmäilmoitukset ja muut toimenpiteet. Kiireellisissä tapauksissa vianpoistoon pyritään välittömästi ja korjaukset suunnitellaan erikseen. Esimerkiksi nestevuototilanteissa pysäytetään nesteen pumppaaminen ja suljetaan piiri sulkuventtiileistä, mutta esimerkiksi vuotokohdan hitsaustöitä ei aloiteta välittömästi – jos asiakas ei ole sitä edellyttänyt tai tilanne ei muuten sitä vaadi.

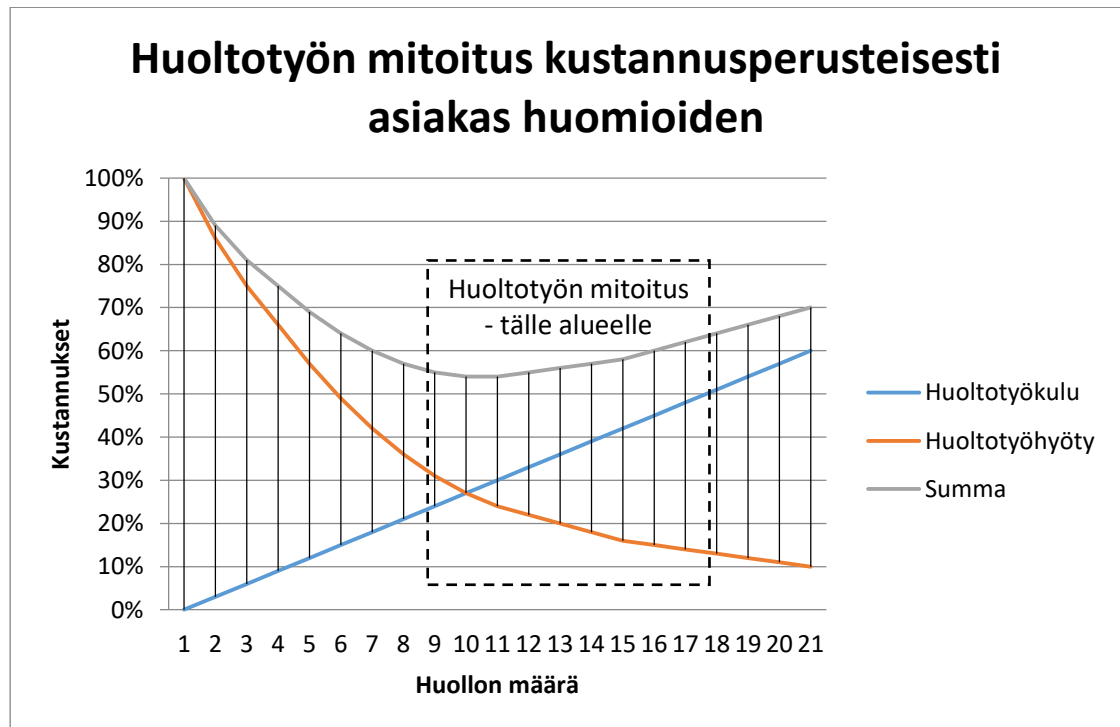
Rakennuksen käytönlopettamishetki ja purku olisi hyvä tietää 5...10 vuotta etukäteen. Tällöin uusien kalliiden investointien tekeminen lopetetaan sellaisten järjestelmien osalta, jotka muuttuvat hyödyntämiskelvottomiksi purkutilanteessa. Putkistosaneeraus voisi olla esimerkki tällaisesta investoinnista. Myyryläinen huomauttaa, että tämä on hyvä tavoite, mutta ei toimi käytännössä juurikaan. Peruskorjaus- ja purkamispäätökset tehdään usein lyhyellä varoitusajalla, eikä loppukäyttöaikaa huomioida. (Myyryläinen. 2008, 135)

3.5.3 Huoltotoiminta ja vikaantumiset

Esimerkillinen huoltotoiminta tähtää vikojen poistamiseen, vaikka huolto ei koskaan voi estää täysin vikaantumisia. Vikojen taloudelliset vaikutukset pysyvät hallinnassa, kun huollot tehdään oikein. Asiasta tekee monimutkaisen se tosiasia, että ylimitoitettu huoltotoiminta ei tuota riittävää lisäarvoa sen kustannuksiin nähden.

Mikä on ylimitoitettua huoltoa? Esimerkiksi Myyryläinen muistelee kohdanneensa suunnittelutoimistojen tekemiä huolto-ohjelmia, jotka huoltohenkilö itse koki ylimitoitetuiksi ja liian tiheään toistuviksi kohteen olosuhteet huomioiden. Yksi tapa optimoida huoltokustannuksia ja estää ylilyönnit on laskea laitteistojen vikaantumiskustannukset ja etsiä minimihuoltotaso kalliiden ongelmien ehkäisyyn. Myyryläinen pyr-

kii vastaamaan huoltotyömitoitukseen kaaviollaan, joka on toisinnettu seuraavassa kuviossa:

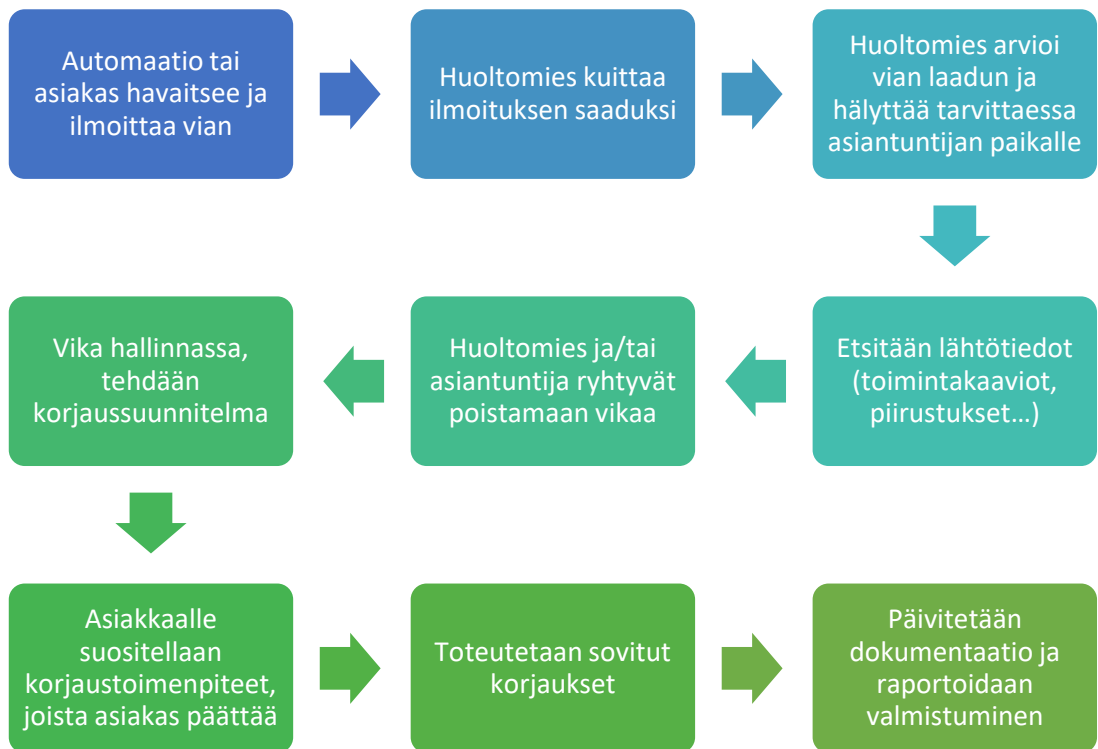


Kuvio 9. Huoltotyön mitoitus kustannusperusteisesti asiakas huomioiden

(Myyryläinen. 2008, 132)

Kultainen keskitie on tässäkin asiassa paras. Huoltojen laiminlyönti rankaisee kiinteistöissä ja jossain vaiheessa huollon kustannukset ylittävät siitä saatavan hyödyn. Myyryläisen lineaarisesti kasvava huoltokustannus on hieman harhaanjohtava, koska yksikään huoltoyhtiö ei tarjoa nollasta lähtevää palvelumallia, jonka sisältöä asiakas saisi kasata portaattomasti. Huoltosopimukset sisältävät aloituskustannuksen, jonka jälkeen laajennukset tarjotaan portaittain (*esim. erihuoltotöiden tai niiden tiheyden suhteen*). Huolloilla saavutettava hyöty käyttäytyy samoin, kuin energiansäästöpotentiaali. Projektin alussa säästöjä on helppo saada, mutta useiden säästökoneiden käyttöönoton jälkeen säästöjen saaminen vaikeutuu.

Huoltotyöhyöty on looginen, jos se on ”*huoltotyöllä saavutettavissa oleva potentiaalinen hyöty*”, mutta alkuperäinen nimike: ”*huoltotyöllä saavutettu hyöty*” ei voi pitää paikkaansa. Kun huoltoja ei tehdä, huollolla ei ole voitu saavuttaa hyötyä.



Kuvio 10. Huoltotyöprosessi kiinteistötekniikan vikaantuessa

3.5.4 Kiinteistötekniikan vikojen korjaaminen

Myyryläinen määrittelee korjausperusteet seuraavasti:

- Laitteen käyttöikä on paljon jäljellä
- Korjaus on merkittävästi edullisempi kuin uuden laitteen asennus
- Korjaus on merkittävästi nopeampaa kuin uuden laitteen hankinta

Vastaavasti laite tulisi uusia jos:

- Laitteen käyttöikä on jäljellä alle puolet (< 50%)
- Korjauskustannus on yli puolet (> 50%) uuden laitteen hinnasta
- Halutaan välttyä jatkossa vikaantumisen aiheuttamilta toimintakatkoilta
- Uusi laite on käytössä taloudellisempi kuin entinen

Vikojen poiston kiireellisyys ja töiden aloitus on hyvä määritellä kiinteistössä etukäteen, jotta erilaisten vikojen ilmentyessä pelisäännöt ovat selvät kaikille osapuolille ja sopimusriidoilta vältytään. Myyryläisen esimerkkilista kiireellisyystasoista:

- I. Hätätyöt (yleensä <1-2h)

- II. Kiireelliset työt (yleensä <1d)
- III. Haittaavien vikojen korjaustyöt (1...5d)
- IV. Vika ympäristölle haitallinen tai vika on energiaa tuhlaava (tapauskohtainen aika)
- V. Vika ei paljon haittaava, mutta syytä korjata (tehdään muiden huoltojen yhteydessä)

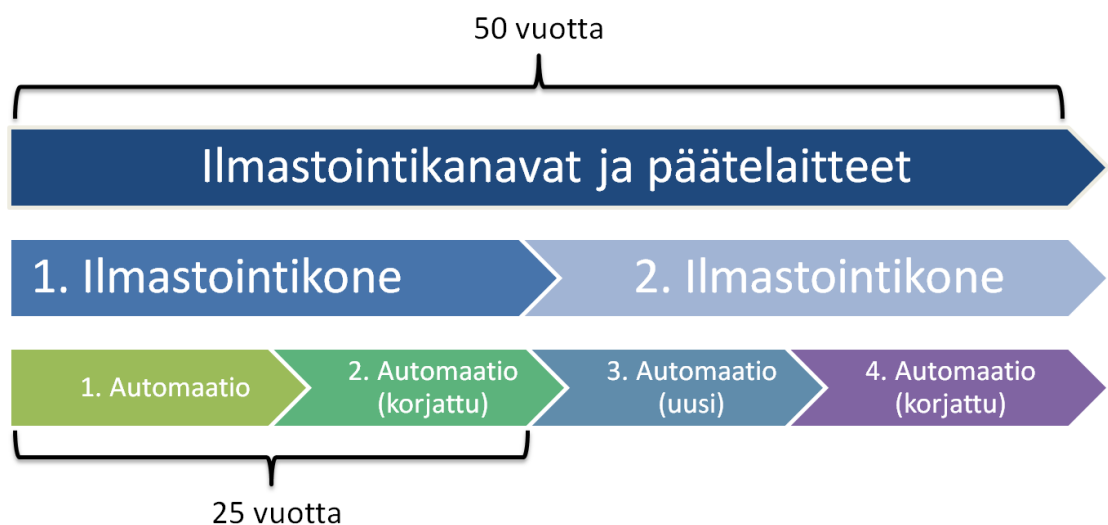
(Myyryläinen. 2008, 127)

Nykyään energiaa (*rahaa*) tuhlaavat viat ovat kiireellisyyssasteeltaan korkeita, koska usean kiinteistökustannuksiin yhteydessä olevan liiketoiminnan katteet eivät kestä juurikaan yllätyksellisiä kustannuksia.

Mikään laite ei ole ikuinen ja vikaantumissyitä on runsaasti: mekaaninen kuluminen, lämpörasitus/-laajeneminen, epäpuhtaudet, voitelun epäonnistuminen... Vikojen muodostumista voidaan kiihdyttää virheellisellä asennuksella tai käytöllä. Joskus viallinen laite on väärä asennettuun sovellukseen. (Myyryläinen. 2008, 128)

Kokonaiskäyttöaika muodostuu kokonaisjärjestelmän pisimmän elinkaariodotuksen mukaan, eli esimerkiksi ilmastointijärjestelmässä päätelaitteet ja kanavat voivat kestää hyvinkin 50 vuotta, kun ilmastointikoneen käyttöikä on 25 vuotta ja automaation 10...15 vuotta.

Käytännössä eri käyttöajat on hyvä huomioida huolto- ja korjaussuunnitelmissa. Alla olevassa kuviossa on yksi malli ilmastoinnin korjaussuunnitelmaksi:



Kuvio 11. Ilmastointijärjestelmän käyttöajat

IV-kone uusitaan kerran ennen kokonaisjärjestelmän uusimista ja automaatiota korjataan molempien IV-koneiden aikana – ennen automaation täydellistä uusimista IV-koneen vaihtamisen yhteydessä. Ilmastointikone ja automaatiojärjestelmä muodostavat omat käyttöjaksonsa kokonaisjärjestelmän käyttöiän sisään. Todellisuudessa ilmastoinnissa on vieläkin lyhyempiä käyttöjaksoja, esim. suodattimet tulisi vaihtaa yleensä noin 6kk välein. Suodatinvaihdon yhteydessä hihnavetoisten puhallinmoottorien hinnat tarkastetaan samalla ja vaihdetaan tarvittaessa.

Käyttöaikaan vaikuttaa laitevalinnat, olosuhteet ja asiakastarpeet. Asiakastarpeiden muutos yleensä lyhentää käyttöaikaa – laitteet siis kestäisivät vielä, mutta ne eivät enää palvele asiakasta riittävällä tavalla.

- Tekninen käyttöaika: Toimiiko laite? Tekninen käyttöaika(tavoite) toteutuu, kun laitetta huolletaan ja käytetään oikein – eikä esim. yllättäviä olosuhdehäiriöitä kohdata. Tekninen käyttöaika ei huomioi asiakastarpeen muutoksia.
- Taloudellinen käyttöaika: Palveleeko järjestelmä asiakastarvetta ja täyttääkö se viranomaisvaatimukset? Taloudellinen käyttöaika voi päättyä myös, jos markkinoille tuleva uusi tekniikka on huolto- ja energiakustannuksiltaan merkittävästi taloudellisempi.

(Myyryläinen. 2008, 129)

3.5.5 KIMI-projekti

Kun ”Talonmiehen työn mittaaminen” -kirja ei enää palvellut tämän päivän työmenetelmiä eikä työn mitoitusta ja käsikäyttöiset välineet eivät enää mahdollistaneet kiinteistöhoito- ja kiinteistötyön taloudellista suorittamista, aloitettiin ”kiinteistötyön mittaus”- eli ns. KIMI-projekti julkishallinnon ja ammattijärjestöjen toimenpitein.

Kiinteistöiden teknistyessä ja koneellistuessa tarvittiin ammattikoulutusta, jota maataloustaustaisella talonmiehellä harvoin oli. Aikastandardit teknistyneen kiinteistöhoito- ja kiinteistötyön työmenetelmiin ja työajan mitoittamiseen tuotettiin vuonna 1990. Niissä käsiteltiin puhtaanapitoa, kasvi-, lumi- ja rakennuksen teknisiä töitä. Nykyiset atk-perusteiset mitoitushjelmat pohjaavat näihin KIMI-projektin tuotteisiin, joita on jatkokehitetty ja luotu uusia aikastandardeja niiden pohjalta.

(Myyryläinen. 2008, 40)

3.5.6 Huollettavat järjestelmät

Huollettavia järjestelmiä on paljon. Tässä Myyryläisen laaja listaus:

- LVI-järjestelmät:
 - Lämpöjärjestelmä(t), tuotanto, jakelu ja lämmön luovutus
 - Vesi ja viemärit
 - Ilmanvaihto
 - Paineilma
 - Jäähdytys ja kylmäkoneet
 - Palonsammutus
 - Erikoiskaasujärjestelmät
- Sähköjärjestelmät
 - Alue
 - Sähköenergian tuotantolaitokset, varavoimalaitokset jne.
 - Muuntamot ym. käytönjohtajan työtä vaativat osat
 - Kytkinlaitokset ja jakokeskukset
 - Johtotiet, johdot ja varusteet
 - Valaistus
 - Lämmittimet, kojeet ja laitteet
 - Paloilmoitin
 - Erityisjärjestelmät
- Tietojärjestelmät
 - Puhelin
 - Antenni
 - Äänentoisto ja merkinanto
 - Kiinteistön ATK
 - Turva- ja valvonta

- Kiinteistöautomaatio
- Integroidut järjestelmät
- Rakennustekniset ja huoltoa tarvitsevat järjestelmät
 - Katot, ikkunat ja ovet
 - Rakennustekniikkaan kuuluvat laitteet ja varusteet
 - Tilaryhmäkalusteet
 - Siirtolaitteet (hissit, liukuportaat, rampit jne.)
- Alueella olevat huoltoa tarvitsevat kohteet, kuten
 - Portit
 - Leikkipaikat ja muut talovarusteet
 - Alueputkistot
 - Sulatus- ja sadevesijärjestelmät (esim. rännit), kaivot (sadevesi-, rasvan-, öljyn- /hiekanerotuskaivot) ja pumppaamot (perus-/jätevesipumppaamot)

(Myyryläinen. 2008, 73-74)

Siikala pohtii lisäksi hissien huoltamista monipuolisesti ja ottaa vastuiden sopimisen osaksi kustannusarviointia.

Koska täyshuolto on noin 50% kalliimpi kuin perushuolto, täyshuoltoa kartetaan. Kuitenkin täyshuolto tulisi useimmissa kohteessa ainakin pitkällä aikajänteellä taloudellisemmaksi.

Täyshuollosta kannattaa lähteä muodostamaan sopimusta elinkaarimallilla, jolloin kaikki korjaukset sisältyvät sopimushintaan ja kokonaiskustannus tulee esille. Perushuolto antaa mahdollisuuden laskuttaa erikseen korjaustyöt ja luo epäselvän hinnan. Siikala suosittelee hissien tarkastuskortti- ja raportointimallin mukaista järjestelmää myös kiinteistötekniikalle.

(Siikala ym. 2000, 127-129)

3.5.7 Huollon haasteet ja mahdollisuudet

”Turhia hälytyksiä ei ole. On vain epäkuntoisia laitteita, huoltamattomia järjestelmiä, huonoja säätöjä ja väärin määriteltyjä hälytysten raja-arvoja.”

(Suomäki J., Vepsäläinen S. 2013, 17)

Kaikki hyötyvät kiinteistön hyvästä kannattavuudesta, joka tuo parempaa tuottoa tehdyille investoinneille kiinteistöön liittyen. Ennakoivaa huoltoa tehdään melko vähän riippumatta siitä onko kyseessä kiinteistösijoittaja vai kiinteistössä asuva perhe. Tekninen huolto ja käyttö ovat rakennuksissa lähellä asiakaspintaa toimivina tehtävinä hyvin tärkeitä. Ne muodostavat viimeisen lenkin hyvien kiinteistöpalveluiden tuottamisessa ja niissä epäonnistuminen tarkoittaa investointien hyötyjen menettämistä.

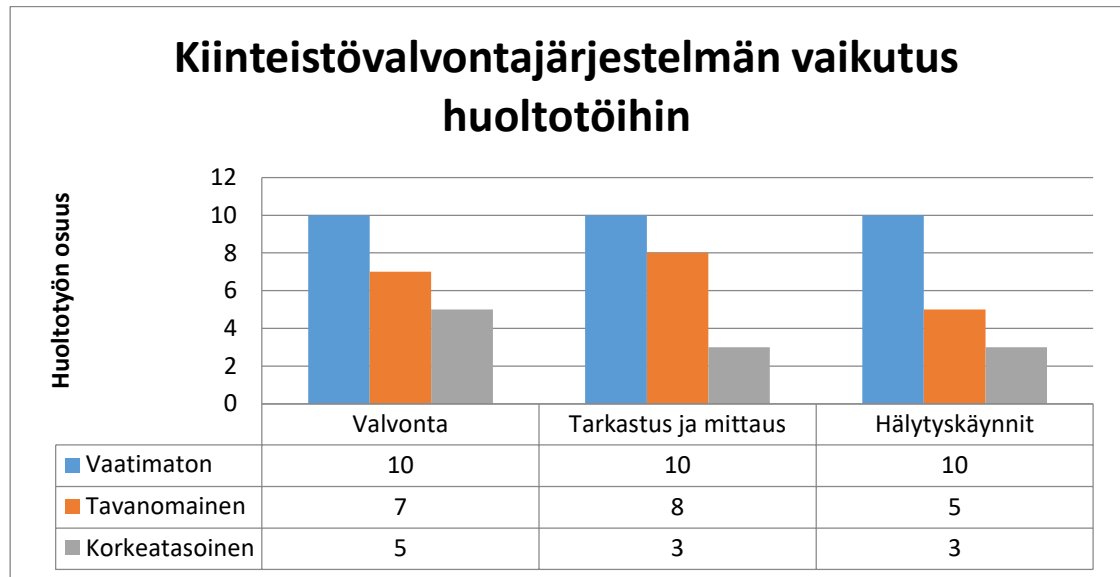
Rakennuksen toimivuuden laatu muuttuu esimerkiksi näin:

1. Rakennuttajan laatutavoite 100%
2. Tarve- ja hankesuunnittelu 95%
3. Toteutussuunnittelu 90%
4. Rakentamisen taso 85%
5. Vastaanotetun rakennuksen taso 80%
6. Huoltokirjan laatutaso 75%
7. Ylläpito-organisaation osaamistaso 70%
8. Teknisen huoltotyön taso 68%

Huolto- ja ylläpito-organisaation tavoitteena tulisi olla Myyryläisen mukaan 10% laatuunosta alkaen rakennuksen vastaanotosta (kohta 5), joka on täysin mahdollista. Myyryläinen huomauttaa, että rakennuksen lyhyenkin tähtäimen laatu laskee voimakkaasti heikoimman lenkin mukaan. (Myyryläinen. 2008, 22-23)

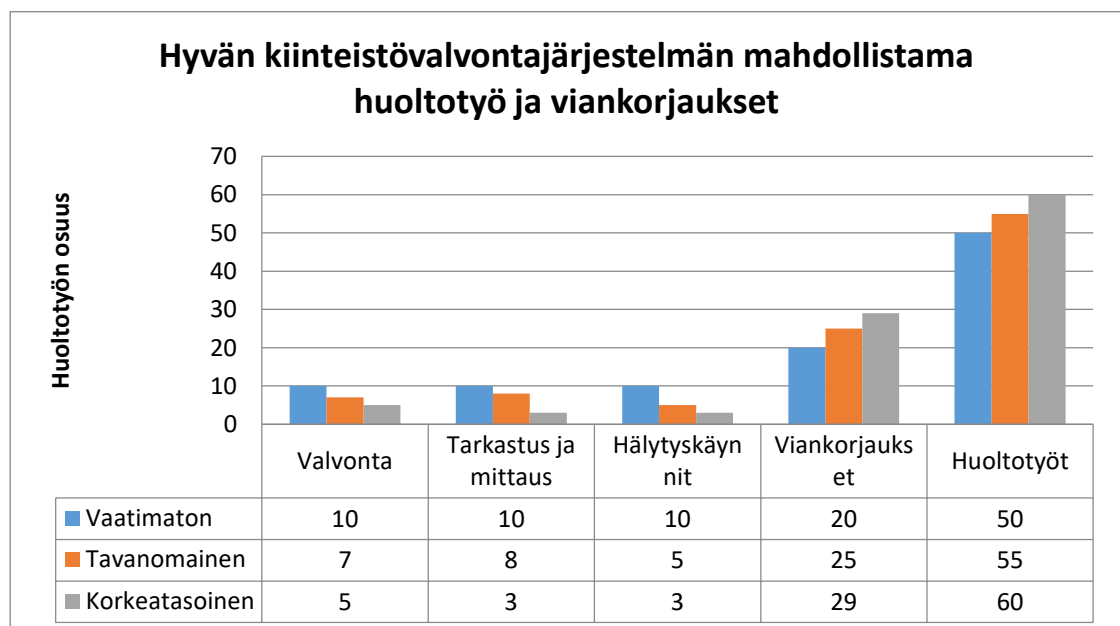
Korkeatasoinen kiinteistövalvontajärjestelmä mahdollistaa huoltotyöpanoksien ohjaamisen varsinaiseen huoltotyöhön ja viankorjauksiin, kun valvontaan, tarkastuksiin, mittauksiin ja hälytyskäynteihin kuluu vähemmän aikaa. Toisin sanoen esimerkiksi kuntaorganisaatiossa, jossa on oma huoltotyöhenkilöstö, voidaan käyttää omaa re-

sursia enemmän korjauksiin ja huoltoon. Ostettavien ulkoisten resurssien tarve pienenee kokonaisuutena. Vaatimaton kiinteistövalvontajärjestelmä vaatii 100% aikaa. Tavanomainen säästää jo 10% ja korkeatasoinen 19%, jos huoltoon ja viankorjauksiin käytetään sama aika. Seuraavassa kuviossa visualisointi:



Kuvio 12. Kiinteistövalvontajärjestelmän vaikutus huoltotyöresurssiin

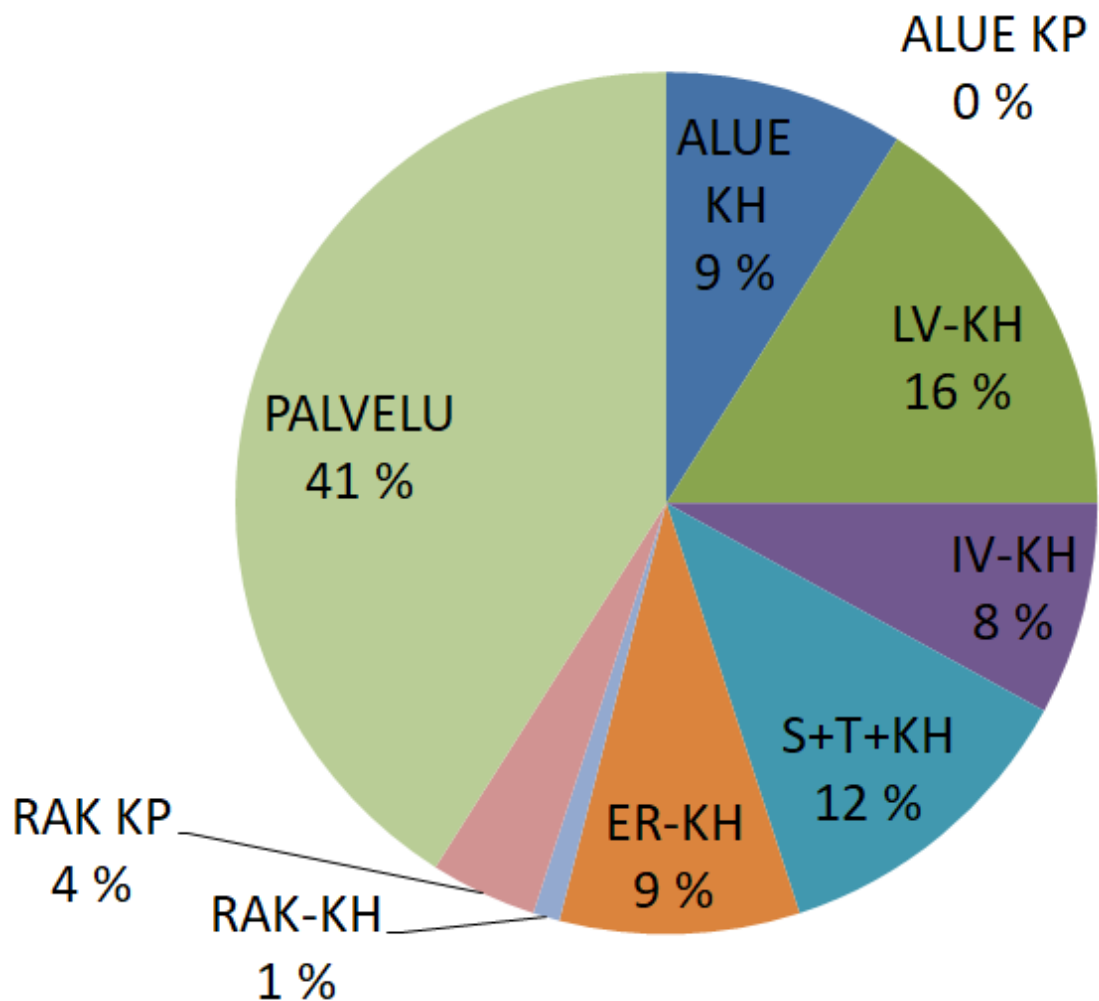
Korkeatasoisella valvontajärjestelmällä voidaan siis 19% henkilöresurssista ohjata viankorjaukseen ja huoltotyöhön esimerkiksi Myyryläisen esittämällä tavalla. Tuntisäästö muodostuu tarvittavan valvonnan, tarkastus- ja mittaustöiden sekä hälytyskäyntien vähenemisestä. Seuraavassa kuviossa Myyryläisen esitys 100% työresurssin jakaumasta kiinteistövalvontajärjestelmän tason mukaan.



Kuvio 13. Valvontajärjestelmä parantaa viankorjauksia ja huoltoa

(Myyryläinen. 2008, 79)

Työlaatuksen lisäksi Myyryläinen on kuvannut erään todellisen kohteen kiinteistötyön jakauman. Seuraavassa kuviossa on hyvä huomioida, että kohde on teknisesti hyvin vaativa, siivoustyötä ei ole sisällytetty tarkasteluun, kiinteistöhoitohenkilöstö oli sitoutettu huolehtimaan myös asiakkaan prosessien käytöstä ja huollosta:



Kuvio 14. Kiinteistötyöjakauma, ilman siivousta (teknisesti hyvin vaativa kohde)

Yllä olevan kuvion työjakaumat on avattu tarkemmin seuraavassa taulukossa.

Taulukko 8. Kiinteistötyöjakauma, ilman siivousta (vaativa kohde)

Kaavio	Osuus	Työseloste
ALUE KH	9 %	Ulkoalueiden kiinteistöhoitollinen työ
ALUE KP	0	Ulkoalueiden kunnossapitotyöt (ulkoistettu)
LV-KH	16 %	Lämpö- ja vesijärjestelmien kiinteistöhoitotyö (huolto)

IV-KH	8 %	Ilmanvaihtojärjestelmien kiinteistöhoitotyö (huolto)
S+T+KH	12 %	Sähkö- ja tietojärjestelmien kiinteistöhoitotyö (huolto)
ER-KH	9 %	Erytelaitteiden kiinteistöhoitotyö (huolto)
RAK-KH	1 %	Rakennustekninen huoltotyö
RAK KP	4 %	Rakennustekninen kunnossapitotyö
PALVELU	41 %	Asiakaspalvelutehtävät

(Myyryläinen. 2008, 75)

3.5.8 Huollon suunnittelu

Huollon järjestämisessä suunniteltavat ja huollon tarpeeseen vaikuttaa:

1. Virheet suunnittelussa ja asennustyössä
 1. Mitoitusvirheet
 2. Asennusvirheet
 3. Kosteus ja lämpötila (*esim. eristeiden kastuminen*)
 4. Ympäristön likaisuus (*esim. urakan aikana lattiavalun korjaaminen IV-koneen pyöriessä, ilman kunnollista suojausta*)
2. Laitteet ja laitteiden käyttö
 1. Perustana huolto-ohjeet, joiden tarkennukset huoltokirjassa
 - Kohteen kriittisyys ja toiminnan varmistaminen
 - Muut erityisolosuhteet
3. Huoltokohteet
 1. LVIS-laitteet ja järjestelmät
 2. Kiinteistöautomaatio ja tietotekniset järjestelmät
 3. Hissit, automaattiovet ja muut siirtolaitteet
 4. Rakennustekniset huoltokohteet, ovet ja muut toimintaan liittyvät
 5. Ulkoalueisiin kuuluvat tekniset työt ja tehtävät sekä ulkoaluelaitteet
 6. Muut toiminnan tarvitsevat huoltotyöt (*kylmälaitteet, paloilmoinin, palonsammutin, turvavalaistus, väestönsuoja jne.*)

(Myyryläinen. 2008, 91)

3.5.9 Huollon- ja ylläpidon järjestäminen

Huoltotoiminta tulisi suunnitella hyvin, jotta se olisi:

1. henkilökustannuksiltaan taloudellista
2. itseoppivaa ja kevyesti johdettavaa
3. energiatehokasta
4. moitteetonta sisäilmastoa tuottavaa
5. sovitun mukaista asiakaspalvelua tuottavaa
6. ennakkohuolloiltaan oikein ajoitettua ja teknisesti oikein suoritettua
7. viankorjausten osalta toimivaa – minimoiden kiinteistön käyttöä haittaavat viiveet

Huoltotoiminnan järjestämisen päävaihtoehdot:

1. pääasiassa (kiinteistön) omalla henkilöstöllä
2. pääasiassa alueen yhteisillä resursseilla, ns. korttelihuoltojärjestelmä
3. kokonaan ostetuilla palveluilla eri palvelukombinaatioin

(Myyryläinen. 2008, 38)

Tarjouspyyntöä tehdessä ja palvelutuottajaa valittaessa huomioitavia seikkoja:

1. Kohde
2. Palvelun nimi
3. Palvelun määrittely ja asiakirjaluettelo
 - a. Palveluajan pituus, irtisanomisehdot (*sopimusehdot*)
 - b. Yhteyshenkilöt ja yhteydenpitomalli (*tarjousajalle voi olla omat henkilöt*)
 - c. Työn määrä ja laajuus (*erityisehdot*)
 - d. Työn ja huoltotarkastusten taajuus sekä laatutaso
 - e. Sovittujen asioiden ja työn mittaaminen
 - i. Asiakastyytyväisyyden ja sen mittaamisen määrittely
 - ii. Palvelun dokumentointi ja aineiston toimittaminen

- iii. Kustannusten/menekkien seuranta, raportointi ja trendiseuranta
 - iv. Toiminnan ja huoltokirjan kehittäminen
 - f. Yhteistyökokousten ja tarkastusten järjestäminen (*aikataulu ja sisältö*)
4. Laskutus
- a. Reklamaatioiden käsittely ja niiden vaikutukset

(Myyryläinen. 2008, 48-50)

Lisätietoja löytyy liitemateriaalista (*esim. vastuuajakotaulukoita*), kiinteistönhoitoa ja isännöintiä koskevista Yleisiin sopimusehdoista (*esim. KH & I YSE 2000*) sekä esimerkiksi Kiinteistöalan Kustannus Oy:n julkaisuista (*Kiinteistöpalvelujen ostaminen. 2006*).

Tehtävä- ja vaativuusmäärittely

Teknisen huoltotyön vaativuus pitää luokitella ja huomioida viimeistään huoltopalveluita ostettaessa. Myyryläisen mukaan huoltoyritykset joskus myyvät palveluitaan yli osaamistasonsa, jonka seuraukset voivat olla kohtalokkaita. Kertomalla avoimesti tilanteestaan kaupat voivat jäädä saamatta, mutta tilanne on sekä huoltoyrityksen että asiakkaan liiketoiminnoille usein parempi. (Myyryläinen. 2008, 36-38)

Taulukko 9. Kiinteistöhuollon vaativuusluokat ja tehtävät

Vaativuusluokka		1	2	3	Erikoisvaativuus
Tehtävät		A,B	A,B,C	A,B,C,D	A,B,C,D,E
Kiinteistötyypit	Varastorakennukset	tavanomainen, vain koneellinen poisto			
	Asuinrakennukset		ilmastoitu, kehittynyt automaatio		
	Koulurakennukset				
	Päiväkodit				
	Toimistorakennukset			S3-luokka	S2-luokka
	Terveyskeskukset		ilmastoitu, kehittynyt automaatio		
	Myymälät		Ei vaativia prosesseja	S2-luokka	
	Työtilat				
	Sairaalat			S2-luokka	
	Korjaamot			erikoisilmastointi, runsaasti prosessitekniikoita	
	Kalliosuojat			erikoislaittiloja	
	Laboratoriot			tavanomaisia erikoislaitteistoja	
	Erikoisteollisuus				
	Vaativat ATK-tilat				S1-luokka, puhdistilavaatimus, tarkkalämpötila
	Erikoiskorjaamot				
	Voimalaitokset				erikoisprosesseja suuri vastuu
Tuotantolaitokset				erikoisprosesseja suuri vastuu	

A	Perustehtävät - tavanomaisen kiinteistötekniikan huolto ja asiakaspalvelu
B	Lakisääteiset huoltotyöt ja tarkastukset
C	Käyttötarkoituksenmukainen ilmastointi ja ammattitaitoa vaativa kiinteistötekniikka
D	Erikoisilmastointi ja monia vaativia kiinteistötekniisiä järjestelmiä ja vastuita
E	Vaativia käyttäjien prosesseja, joiden huolto ja vastuut ovat kiinteistöhuollolla

(Myyryläinen. 2008, 37-38)

3.5.10 Huollon vaikutusmahdollisuudet muihin kiinteistökuuluihin

Sähkön, lämmitysenergian ja vedenkulutuksen pienentäminen sekä sisäolosuhteiden parantaminen ovat pisteytettyinä kriteereinä Suomen Kiinteistöliiton Pave-työkalun esittelyssä ympäristöasioiden hoito. Näistä tarjoava organisaatio saa pisteitä omista tavoitteista, seurantajärjestelmistä ja jatkuvan kehityksen keinoista – jokaisesta erikseen sekä sisäisessä että asiakaskiinteistöön liittyvissä prosesseissa. (Äijälä, Elosuo, Tiainen. 2001. 50-61)

Huoltoyrityksen tärkeimmät energiataloudelliset tehtävät:

1. Ilmastoinnin käyttöaikojen ja ilmamäärien hallinta
2. Huonelämpötilojen hallinta automaatiolla tai muilla tavoin
3. Käyttöveden lämpötilan ja kiertoveden lämpötilan valvonta
4. Rakennus- ja valvonta-automaation testaus ja virittäminen
5. Rakennuksen (vaipan tiiveyden) valvonta (ovet, ikkunat, jne.)

(Myyryläinen. 2008, 147)

Käytännössä kaikki paitsi viimeinen – koko rakennuksen ulkokuoren valvominen – hoidetaan nykyaikaisen automaatiojärjestelmän kautta. Tosin osa rakennuttajista on ottanut jo pilottimaisesti ulkokuoren tiiveyden sekä painesuhteen valvontaa suoraan automaatiojärjestelmään. Huollon osaamistasovaatimus on koko ajan rajussa nousussa, koska järjestelmät päivittyvät vinhaa vauhtia ja asiakkaat kaipaavat konkreettisia tuloksia. Luotettava huoltomies voi saada loppukäyttäjiltä joskus sellaisia tietoja, joita ei vielä ole otettu mittaroinnin piiriin ja pääsee ennakoimaan huoltotarpeita.

Myyryläisen kirja on kirjoitettu melkein vuosikymmen sitten ja jo silloin automaatiojärjestelmät ovat olleet keskeinen osa rakennuksen energiataloudellisuutta.

3.6 Ilmastointi ja hyvä sisäilmasto

”Rakennukset ovat ihmisten tärkein elinympäristö. Ihmiset viettävät 80...90% ajastaan sisätiloissa, joten ei ole yhdentekevää millaiset olosuhteet rakennuksessa ovat.”

(Säteri. 2001, 8)

3.6.1 Tuottavuus

Tyypillisesti toimistorakennuksen kokonaiskustannuksista 80-90% muodostuu työntekijöiden palkkakustannuksista. Sisäilman laatu vaikuttaa työntekijöiden tuottavuuteen työpaikoilla. Kansainvälisissä tutkimuksissa on todettu tuottavuutta voitavan nostaa 2...10% sisäilmastoon tehtävillä parannuksilla.

(Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö ja elinkaarimittarit. 2005, 8)

3.6.2 Ilmanvaihto käytännössä

”Ilmanvaihdon tarve määräytyy sen epäpuhtauden mukaan, jonka poistamiseksi vaadittava ilmamäärä on suurin.”

(Säteri. 2001, 12)

Ilmavaihdon nyrkkisääntöjä (vuonna 2001):

- Sopiva asuntoilmavaihto: $0,5 \times \text{asunnon tilavuus (m}^3\text{)} / \text{tunnissa (h)}$.
 - Esim. yksiö $25\text{m}^2 \times 2,5\text{m}$ huonekorkeudella ($62,5\text{m}^3$) $\times 0,5 = 31,25\text{m}^3/\text{h}$
- 10l/s, jokaista henkilöä kohden
 - Esim. yksi henkilö $10\text{l/s} \times 60 \times 60 \rightarrow 36\,000\text{ l/h} \rightarrow /1000 = 36\text{m}^3/\text{h}$
- 0,7 l/s, jokaista neliötä kohden, jonka lisäksi 7 l/s henkilöä kohden
 - Esim. $25\text{m}^2 \times 0,7\text{l/s} + 7\text{l/s} = 24,5\text{l/s} \rightarrow 88,2\text{m}^3/\text{h}$

(Säteri. 2001, 12)

Painovoimainen/Luonnollinen poistoilmavaihto

Lämpö pyrkii nousemaan ylöspäin. Rakennuksen lämmin sisäilma on kylmää ulkoilmaa kevyempää ja sisäilma nousee ylös. Ylös nouseva sisäilma luo ylipaineen ja poistuu ylhäältä, kun taas rakennuksen alaosaan muodostuu alipaine – joka imee raikasta ulkoilmaa sisään. (Säteri. 2001, 18)

Tuuli muodostaa ylipaineen rakennuksen tuulenpuoleiselle sivulle ja ulkoilma virtaa sisään seinien (*ja katon lappeen*) vuotoreittejä pitkin. Tuulelta suojassa oleva puoli muodostaa alipaineen, joka imee sisäilmaa ulos. (Säteri. 2001, 18)

Tässä vaiheessa on hyvä huomata, että Säteri puhuu painesuhteesta lämpötilan ja tuulen yhteydessä eri referenssipisteen kautta. Lämmön muodostamien paine-erojen kohdalla puhutaan sisäilman muodostamasta paine-erosta ja tuulen tapauksessa ulkoilman muodostavasta paine-erosta. Tämä on tyypillinen tarkastelusuuntamuutos, joiden kanssa jopa ammattilaiset joskus menevät sekaisin.

Painovoimainen ilmanvaihto on täysin riippuvainen ulkoilmaolosuhteista: lämmöstä, tuulesta jne. Ilmanvaihtomäärä on aina hallitsematon, mutta tuloilman lämpötilaa voidaan säätää erilaisilla lämmitysjärjestelmillä, joiden kautta sisään tulevaa korvausilmaa ei tuoda ns. raakana sisään. Tyypillisiä ratkaisuja ovat mm. ikkunarakenteet, joissa ilma kiertää levyjen välitilojen kautta ennen sisätilaan siirtymistään.

Tilanteissa, joissa ei tuule ja sisäilma on ulkoilmaa lämpimämpää, painovoimainen ilmanvaihto ei toimi lainkaan ja esimerkiksi kosteus jää rakenteisiin.

”Kosteus on rakennuksen pahin vihollinen.”

(Suomäki J., Vepsäläinen S. 2013, 16)

Koneellinen poistoilmanvaihto

Puhaltimella imetään alipaine ja sisäilma poistetaan esim. katolta. Tämä pakottaa ulkoilmaa siirtymään korvausreittejä pitkin sisälle.

Tyypillisesti esim. kerrostaloissa on keittiössä poistoilmapuhaltimen säädin, jolla hallitaan asuntokohtaisen poistoilman määrää.

Käyttäjät eivät milloinkaan saa poistaa tai säätää poistoilma-venttiilejä tehostakseen ilmanvaihtoa. Tuloksena on vain lisähäiriöt ilmanvaihdon toiminnassa.

(Siikala ym. 2000, 97)

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto (tai ”koneellinen ilmanvaihto”)

Myös korvausilma tuodaan koneellisesti imemällä ulkoilmaa hallitusti ja puhaltamalla sitä sisälle käsiteltynä. Käsitteilyyn voi kuulua mm. suodatus, lämmöntalteenoton (luovutusosa, jolla lämmitetään kylmää ulkoilmaa edullisesti), lisälämmitys (*ns. os-toenergia*), mahdollinen ja kostutus.

Tyypillisesti esim. rivitaloasunnoissa on pienehkö ilmanvaihtokone, jossa on molemmille kanaville (poisto/tulo): suodattimet ja puhaltimet. Poistoilma ohjataan ristivirtauslämmöntalteenoton läpi talvella ja kesällä LTO ohitetaan kääntämällä ohivirtauslevyä koneen sisässä. Tuloilmaa lämmitetään talvella esimerkiksi sähköpatterilla.

Tuulen vaikutus ilmanvaihtojärjestelmiin

Säterin mukaan jo keskimääräinen tuuli saa aikaan hallitsematonta ilmapuotoa rakenteiden kautta ulos – jopa tiiviissä talossa. Säteri esittelee kaavion, jossa Y-akselin numeraalisia arvoja ei selitetä, mutta koneelliset ilmanvaihdot alkavat 0m/s-tuulennopeudella tasosta 1, joten se lienee ns. toivottu referenssitilanne, jolle ilmamäärät on mitoitettu suunnitelmissa. (Säteri. 2001, 28)

Painovoimaiset aloittavat toimintansa puolesta, siitä mitä koneellisella poistolla (1) saadaan eli 0,5. Tämä voisi siis tarkoittaa, että tuulennopeudella 0m/s rakennuksessa vaihtuu keskimäärin 50% ilmamäärästä, joka olisi nykyään suunnitteluvarvona. Tiiviissä rakennuksessa painovoimaisen järjestelmän ilmanvaihtomäärä nousee 10m/s tuulella melkein tasoon 1, kun hatarassa rakennuksessa se kohoaa noin 2,5:een. (Säteri. 2001, 28)

Kaaviossa on hieman oudosti esitetty, että tuulennopeus (0...10m/s) ei vaikuta koneellisen poiston omaavassa tiivisrakenteisessa kiinteistössä lainkaan ilmanvaihdon määrään. Vastaavasti tiivisrakenteisessa tulo- ja poistoilmajärjestelmässä ilmanvaihdon määrä nousee 1,5 -tasoon (*ilmeisesti +50% mitoitusilmamäärään*). Koneellisen poistoilmajärjestelmän ilmamäärä nousee 10m/s tuulella hatarassa rakennuksessa 2,7:ään. Vastaavasti koneellisen tulo- ja poistojärjestelmän ilmanvaihdon määrä nousee 3,3:een. (Säteri. 2001, 28)

Kaikkiaan tämä on hyvin erikoinen näkemys, ottaen huomioon, että markkinoilla on vain koneellisissa tulo- ja poistojärjestelmissä täysin itseään tasapainottavia järjestelmiä. Siis nykyaikainen ilmanvaihtojärjestelmä on joko ilmamääräohjattu tai kana-

vapaineohjattu, jotka tasaavat ilmamääräänsä olosuhteisiin nähden. Järjestelmä osaa mm. tasapainottaa poisto- ja tulo-suodattimen epätasaisen likaantumisen kanavakoh- taisesti. Vastaavasti tuuli tai muu ilmanliikettä helpottava tai vaikeuttava tekijä halli- taan myös koneen mittaus- ja säätöjärjestelmällä (*kiinteistöautomaatio*).

Vastaavasti koneelliset poistoilmapuhaltimet esimerkiksi likaisten tilojen poistossa ovat vielä tänäkin päivänä useimmiten tyhmiä kuin saappaat. Niiden toimintaa ohja- taan pääosin yhdellä vakionopeudella ja joissakin kiinteistöissä esimerkiksi aikaoh- jelmaperusteisesti: päivällä aktiivikäyttöaikaan nopealla teholla (100%) ja illalla sekä viikonloppuina hitaalla (25...75%) teholla.

Ilmanvaihdon oikea käyttö eri tilanteissa

Säteri ohjeistaa hyvin ymmärrettävällä tavalla asunnon ilmanvaihdon käyttöä eri jär- jestyksissä ja huomauttaa, että omaan ilmanvaihtojärjestelmään tulisi tutustua huole- lla. Korvausilmareitit olisi hyvä tietää ja käyttää niitä oikein. Lisäksi liesikuvun käyt- täminen oikein on tärkeää.

Esimerkiksi suihkun ja saunan käyttö koneellisella ilmanvaihdolla:

- Säädä ilmanvaihto maksimiteholle
- Sulje liesituuletin ja/tai liesikuvun pelti

Esimerkiksi suihkun ja saunan käyttö painovoimaisella ilmanvaihdolla:

- Avaa makuuhuoneiden korvausilmaventtiilit tai tuuletusikkunat sekä väliovet
- Sulje liesituuletin ja/tai liesikuvun pelti
- Pidä kiuas päällä ja löylyhuoneen ovi auki 10...15min. saunomisen jälkeen
- Avaa kylpy-/löylyhuoneen ikkuna peseytymisen/jälkilämmityksen jälkeen

(Säteri. 2001, 33)

Puhdistuksella, suodattimien vaihdolla ja esimerkiksi lämmöntalteenoton talvi- /kesäkäytön asettelu kausittain ovat tärkeitä toimenpiteitä, joilla varmistetaan il- manvaihdon oikea toiminta asuinkiinteistöissä.

Säteri huomauttaa, että ”energiatalouden seurantaan on olemassa yksinkertaisia työkaluja”, mutta esittelee vain kulutusseurannan. (Säteri. 2001, 40) Kulutusseuranta

kertoo, että jokin on muuttunut – kun sitä tulkitsee ammattilainen, joka ymmärtää mm. ulkoilman lämmitystarveperusteisen normeerauksen.

”Ilmanvaihdon systemaattinen huolto ja kunnossapito on välttämätöntä hyvän sisäilmaston ja energiatalouden samanaikaisessa varmistamisessa.”

(Säteri. 2001, 40)

Lisäksi säteri kertoo, että ”ennakoivalla kunnossapidolla vältetään useimmat seurannaiskustannukset”, mutta ei kerro näiden kustannusvaikutuksia, eikä kustannustuotto-suhdetta.

Ilmanvaihto ja ihmisen lämmöntuotto

Ihmisen aineenvaihdunnan lämmöntuotto vaihtelee välillä 0...600W, jossa istuva ihminen on 0...150W ja raskasta työtä tekevä on 450...600W. Ihminen on siis parhaimmillaan heikkotehoinen auton sisätilälämmitin. Tämä vaikuttaa tietenkin toivottuun sisäilman lämpötilaan. Istumatyössä 21...25C on suositusalue ja 20C minimi. Raskaan työn suositusalue on 12...17C ja minimi 10C. (Seppänen O., Seppänen M. 1997, 17)

Kosteus

Kostealla ilmalla sisälämpötila aistitaan kylmemmäksi, kuin lämpömittarilukema. Ilmanvaihdon vähentäminen ja sisälämpötilan laskeminen lisäävät sisäilman suhteellista kosteutta. Ulkoilma kuivuu talvella pahimmillaan 10...20% tasoon, kun terveellisenä alarajana pidetään 25%. Ylärajan kostutustoimenpiteille muodostaa 30...40%, jonka jälkeen ikkunat alkavat jäätyä.

Vielä 2000-luvulla höyrykostutus oli hygieenisin vaihtoehto, jota käytettiin lähinnä sairaaloissa. Tuotannollisista syistä kostutetut tilat varusteltiin aikoinaan muilla kostutusratkaisuilla, joissa valitettavan usein valuma-altaisiin jäi 15...50C vesi seisomaan. Tämä muodosti erinomaisen kasvualustan mm. legionellabakteerille.

Koneellinen kostutus (*sähkövastuslämmitysmenetelmät*) mielletään perinteisesti suureksi energiakuluttajaksi ja huonosti toteutetut järjestelmät lisäävät bakteeripitoisuuksia. Vedenhaidutukseen (*kompressoritekniikat*) perustuvat järjestelmät eivät muodosta kasvualustoja bakteereille ja ovat verrattain energiatehokkaita.

(Siikala ym. 2000, 95-96)

Lisäksi esimerkiksi FreshWind järjestelmää voidaan hyödyntää myös jäähdytyksessä, jossa lämpöä ei poisteta tilasta ilman liikkeellä – vaan lämpö sidotaan tilaan tuotuun veteen. Vesilitra sitoo noin 700W energiaa haihtuessaan (*abiabaattinen jäähdytys*).

(Miksi valita FreshWind-korkeapainesumujärjestelmä. n.d.)

3.6.3 Ilmanjako

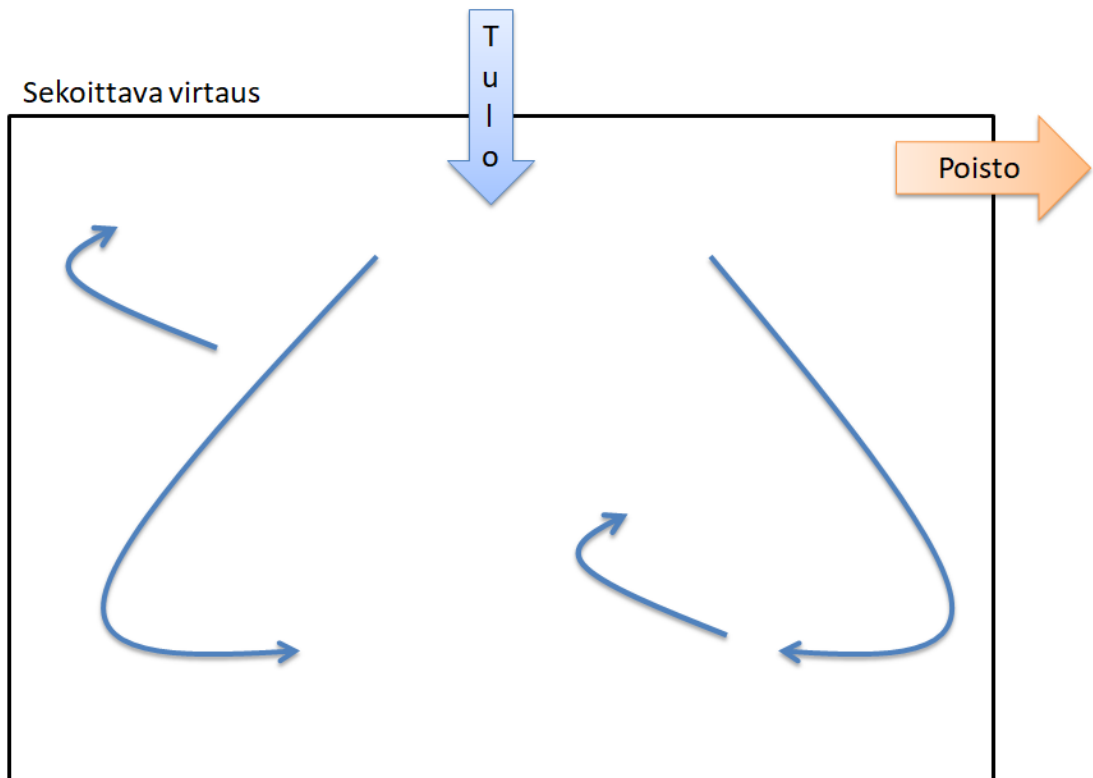
”Taloa lämmitetään lämmitysjärjestelmällä, ei ilmanvaihdolla.”

(Suomäki J., Vepsäläinen S. 2013, 14)

Ilmanjaot voidaan luokitella neljään eri perustapaukseen.

Sekoittava virtaus

Yleisin ilmanjakotapa on sekoittava ilmanjako, jolla pyritään nimensä mukaisesti sekoittamaan raikas tuloilma nopeasti ja tasaisesti huoneilmaan. Korkeissa tiloissa ylhäältä puhallettavaa ilmaa saadaan laskeutumaan alas esimerkiksi pistemäisenä suihkuna (*ns. suuttimilla*). Tämä aiheuttaa ongelmia esimerkiksi myymälätiloissa joskus, jos työskentelypisteet sijaitsevat suoraan tuloilmaventtiilien alla ja aiheuttavat vetoa. Vastaavasti liian pieni puhallusteho, joka ei sekoitu korkeassa tilassa riittävän alas, voi aiheuttaa haitallisesti kerrostuman – eikä ilma vaihdu oleskeluvyöhykkeellä käytännössä lainkaan.

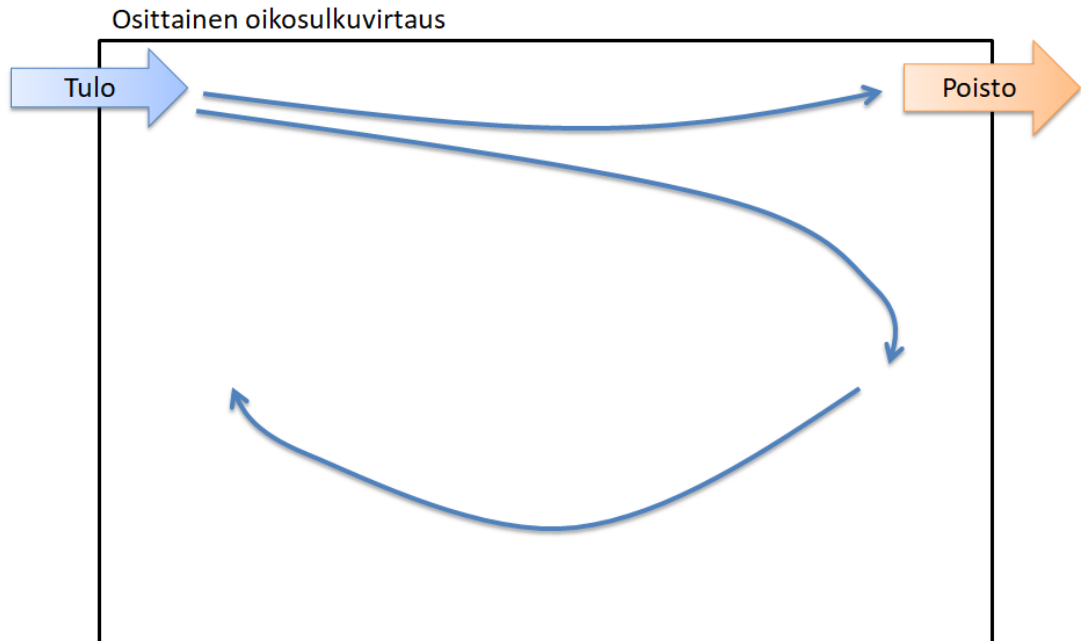


Kuvio 15. Sekoittava virtaus

(Seppänen O., Seppänen M. 1997, 193)

Osittainen oikosulkuvirtaus

Oikosulkuvirtauksessa osa raikkaasta tuloilmasta ohjautuu suoraan poistoilmalaitteeseen. Tätä pyritään aina välttämään. Varsinkin pienellä tuloilman puhallusteholla ilma ei vaihdu juuri lainkaan, jos korkeassa tilassa on lämpökerrostumaa.

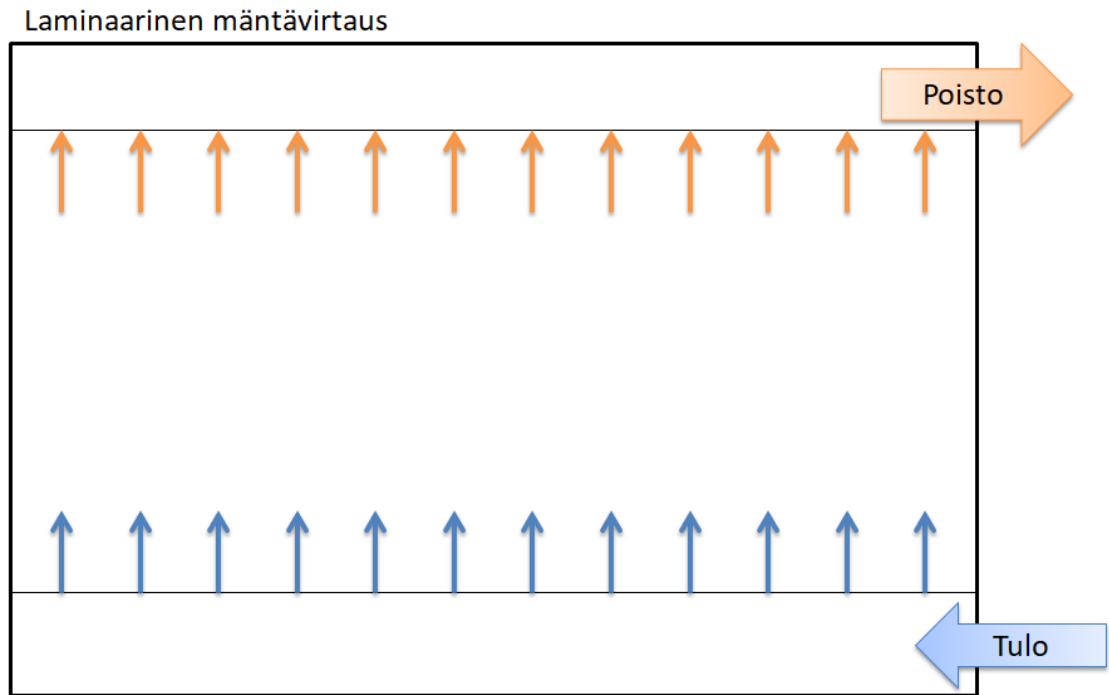


Kuvio 16. Osittainen oikosulkuvirtaus

(Seppänen O., Seppänen M. 1997, 193-194)

Laminaarinen mäntävirtaus

Laminaarinen virtaus edellyttää suuria ilmamääriä ja sitä käytetään mm. puhdastiloissa, esimerkiksi sairaaloiden leikkaussaleissa. Pölyn ja muiden epäpuhtauksien hallinnan kannalta virtaussuuntana on usein hyödyllistä käyttää ylhäältä-alaspäin suuntausta, koska partikkelit saadaan näin ajettua aina alas – kulkematta työskentelytasoa lävitse. Kuvassa on esitetty perinteinen alhaalta-ylöspäin -suunta, joka on ilmamäärien kannalta helpompi.



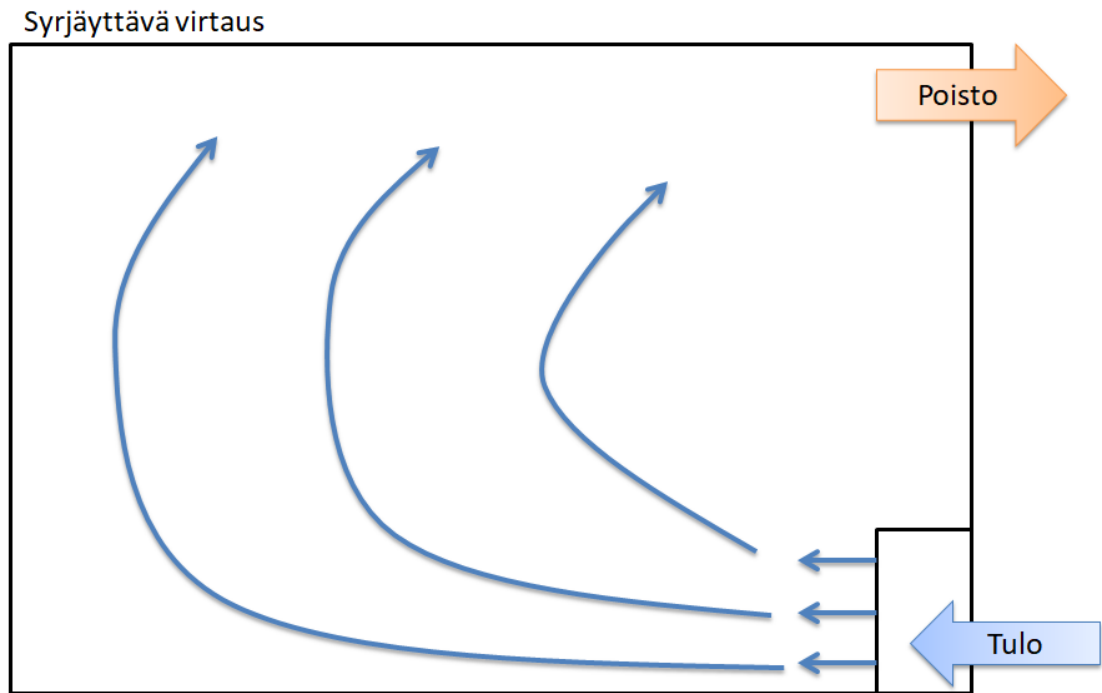
Kuvio 17. Laminaarinen mäntävirtaus

(Seppänen O., Seppänen M. 1997, 193)

Syrjäyttävä ilmavirtaus (*joskus piennopeusilmanjako*)

Syrjäyttävä ilmanvaihto saadaan pienilläkin puhallustehoilla hyvin toimivaksi, jos ilmanvaihtoalue ei ole pinta-alaltaan suuri – huonekorkeudella ei ole niinkään väliä. Tuloilman lähtökohtana on olla oleskeluvyöhykettä hieman viileämpää, jolloin se sekoittuu hyvin myös pienillä puhallustehoilla. Raikas tuloilma tuodaan oleskeluvyöhykkeelle ja poisto tehdään huoneen yläosasta.

Monille tämä ilmanjakomalli on tutuin mm. urheiluhalleista, joissa on valkoisia puolisyylinterin muotoisia reikäpeltituloilmalaitteita seinien luona tasaisin välein. Ilmanjako on suosittu kaikissa tiloissa, joissa syntyy suuria epäpuhtauksia tai lämpökuormia – etenkin korkeissa tiloissa. Epäpuhtaudet ja lämpö halutaan ohjata mahdollisimman tehokkaasti pois oleskeluvyöhykkeeltä. (Seppänen O., Seppänen M. 1997, 199)



Kuvio 18. Laminaarinen mäntävirtaus

(Seppänen O., Seppänen M. 1997, 193-199)

Hieman erikoisesti Seppäset toteavat *vain* syrjäyttävän virtauksen kohdalla, että *”Huoneessa syntyy lämpötila- ja puhtauseroja.”*, joka antaa lyhyessä esittelyvaiheessa vaikutelman, että syrjäyttävä ilmanjako olisi muita tapoja likaisempaa ja hallitsemattomampaa. (Seppänen O., Seppänen M. 1997, 193) Asia selitetään auki vasta viisi sivua myöhemmin. Syrjäyttävän ilmanvaihdon tavoite on luoda hyvät olosuhteet oleskeluvyöhykkeelle – *siis sille tarpeelliselle osalle huonetilaa, jossa ihmiset ovat* – ja muille ilmatiloille (*esim. korkeassa tilassa katonraja*) sallitaan lämpötila ja puhtauspoikkeamat. (Seppänen O., Seppänen M. 1997, 198) Syrjäyttävän ilmanjaon perusajatuksena on käyttää pientä ilmamäärää ja joskus ilmanjaosta käytetäänkin nimitystä *”piennopeusilmanjako”*.

Muista ilmanjakotavoista poiketen syrjäyttävä virtaus voi aiheuttaa vedontunnetta lattiarajassa, etenkin jos tuloilma on merkittävästi oleskeluvyöhykkeen lämpötilaa viileämpää. (Seppänen O., Seppänen M. 1997, 198) Ongelma on kuitenkin harvainen hyvin säädetyssä tilassa, jossa on lattialämmitys. Ilma hajotetaan leveälle ja pienellä nopeudella, joten se ei aiheuta meluhaittoja ja voidaan sijoittaa oleskeluvyöhykkeen läheisyyteen. (Seppänen O., Seppänen M. 1997, 198) Työpisteiden sijoit-

taminen aivan tuloilmalaitteeseen kiinni ei tässäkään järjestelmässä ole hyväksi, koska viileä tuloilma aiheuttaa vedontunnetta.

Syrjäyttävä virtaus koetaan usein muita ilmanjakotapoja haastavammaksi suunnitella ja toteuttaa oikein, joten Eurooppalaisten LVI-yhdistysten liitto (REHVA) teki ”Syrjäytysilmanvaihto – muissa kuin teollisuuslaitoksissa”-opaskirjan. Seuraavassa taulukossa syrjäytysilmanvaihtoa verrataan sekoitusilmanvaihtoon:

Taulukko 10. Syrjäytysilmanvaihto vs. sekoitusilmanvaihto

Syrjäytysilmanvaihto sopii parhaiten	Syrjäytysilmanvaihto ei sovi
<ul style="list-style-type: none"> • ravintolat • neuvottelutilat (<i>myös korkeat</i>) • luokkahuoneet • korkeat tilat (marketit, teatterit...) <p>ja on yleensä parempi, kun</p> <ul style="list-style-type: none"> • epäpuhtaudet ovat lämpimiä tai selvästi kevyempiä kuin huoneilma • tuloilma on viileämpää kuin huoneilma • huone on korkea (>3m) • suuria tuloilmavirtoja tuodaan pieniin huoneisiin 	<ul style="list-style-type: none"> • lämpökuorma on pääasiallinen ongelma – ei ilmanlaatu • huonekorkeus on alle 2,3m (<i>erityisesti jäähdytyskäyttö – harkitse sekoittavan ilmanjaon lisäksi esim. jäähdytyspalkkeja tai paneeleita</i>) • huoneessa on paljon ilmanjakoa häiritseviä ja sekoittavia virtauksia • ilman epäpuhtaudet ovat viileämpiä tai raskaampia kuin huoneilma
Syrjäytysilmanvaihdon edut:	Syrjäytysilmanvaihdon heikkoudet:
<ul style="list-style-type: none"> • Jäähdytystehoa tarvitaan vähemmän valitun oleskeluvyöhykkeen lämpötilan hallintaan • Vapaata jäähdytystä voidaan käyttää enemmän • Ilmanlaatu paranee oleskeluvyöhykkeellä 	<ul style="list-style-type: none"> • Lattian rajassa voi tuntua vetoa (<i>tuloilmalaitteen lähivyöhyke pitää huomioida erityisesti</i>) • Seinään sijoitetut tuloilmalaitteet vaativat usein paljon seinäpintaa

(Skistad H., Mundt E., Nielsen P. V., Hagström K., Railio J. 2003, 1)

3.6.4 Asumisviihtyvyyys

TKK:n asuntoilmanvaihtotutkimuksessa havaittiin, että kerrostaloasunnoissa joissa oli painovoimainen ilmanvaihto, asukkailla oli vähemmän sisäilmasto-oireita kuin asunnoissa, joissa oli koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto. Koneellinen ilmanvaihto aiheutti myös enemmän valituksia. Vastaavasti pientaloissa tilanne oli päinvastainen: koneelliseen ilmanvaihtoon oltiin tyytyväisempiä – kuin painovoimaiseen ilmanvaihtoon.

Toimenpidesuosituksiksi esitettiin tutkimuksen päätteeksi:

- Käyttökoulutus ja selkeä käyttöohje IV-laitteistoon kaikkiin asuntoihin
- Tiedotuskampanja ilmanvaihdon merkityksestä ja oikeasta toteutuksesta
- Koneelliset poistoilmanvaihtojärjestelmät saatava toimiviksi
- Suunnittelu- ja rakentamistapaohjeet painovoimaiselle IV-järjestelmälle
- Uusiin kiinteistöihin ilmanvaihtotapa, joka on kosteusohjattu, huonekohtainen ja yksilölliset erot huomioiva
- Lämmitystapa asukkaille säädettäväksi
- Energiataloudellinen ja hygieeninen ilmankostutustapa kehitettävä
- Koekohteiden terveysvaikutuksia seurattava
- Asumisterveyteen liittyvää tutkimusta jatkettava erityisesti rakennus- ja sisustusmateriaalien osalta

Huomioitavaa on, että tutkimus tehtiin vuosina 1988...1990 ja 2007. Vain osa suosituksista on toteutunut.

Huoneistokohtaiseen ilmanvaihto- ja lämmöntalteenottojärjestelmiin tehtiin tutkimus, jonka osana lähetettiin 600 kyselylomaketta ja niistä palautettiin 400. Teema-haastatteluilla syvennettiin tutkimusta 33 asukkaan luona. Keskeiset tulokset olivat:

- Vain 40% asukkaista käytti IV-järjestelmää pääpiirteissään oikein
- IV-laitteita käytettiin yleisesti suosituksia pienemmällä teholla

- 15% kotitalouksista piti talviaikaan ikkunaa auki lähes jatkuvasti. Kaikkiaan ikkunaa pidettiin auki merkittävästi enemmän yli 23C huonelämpötiloissa.
- IV-järjestelmien perussäädöissä oli puutteita (*asuntojen koosta riippumatta*)
- Asukkaat eivät saaneet tietoa lämmöntalteenotosta ja kustannussäästöistä
- Sähkönkulutuksen laskuttamisella asukkailta oli vaikutusta käyttöön ja mielteisiin
- Suodatinvaihdot laiminlyödään erityisesti omistusasunnoissa
- Tavoiteltua 80% tyytyväisten osuutta ei saavutettu
- Allergiset- ja lapsiperheet olivat tyytymättöimpiä ilmanvaihtoon
- 63% asukkaista piti huoneilmaa kuivana
- Pakokaasut, hajut ja parvekkeella tupakointi aiheuttivat valituksia
- Noin 50% kokivat terveyshaittoja, jotka he liittivät koneelliseen ilmanvaihtoon
- Vedontunne mainittiin yleisimmin ilmanvaihtoon liittyvänä haittana
- 78% asukkaista piti uutta ilmanvaihtojärjestelmää kustannuksia lisäävänä

(Talotekniikkaa kaikille. 2017, 68-70)

Nykyään käytettävät staattiset metalliosat (esim. ilmastointikanavat) kestävät noin 60 vuotta tai pidempäänkin. Betonivalumuotoiset kanavat eivät ole enää tätä päivää, eivätkä vastaa enää säädöksiä. Asbestiaineksia sisältävät kanavistot ovat terveydelle vaarallisia ja niistä tulee hankkiutua asianmukaisesti eroon – onneksi näin on jo toimittu pidemmän aikaa, joten nykytiedon mukaan vaaralliset aineet alkavat olla melko vähissä. Täytyy muistaa, että asbesti oli "huippumateriaali" aikoinaan, joten mikään ei sano, ettei nykyisiä materiaaleja kielletä tulevaisuudessa.

Ilmanvaihtokoneiden elinkaari on säännönmukaisesti kirjattu 25 vuoteen. Elinkaaren sisään mahtuu paljon erilaisia elinjaksoja, joista tyypillisin ja helpoimmin ymmärrettävä on perussuodattimiin liittyvä noin puolivuotinen elinjakso. Suodattimet likaantuvat ja ne vaihdetaan keväällä ja syksyllä.

Siitepölykausi muodostaa keväällä suuren kuorman suodattimille. Talvella normaalista poikkeavaa kuormaa voi aiheuttaa esimerkiksi lumi, jos kanavistot ovat asennettu helposti tuulen mukana liikkuvan lumen suuntaisesti. Tällöin suositellaan asennetta-

viksi erilaisia lumisuoja, jotka tekniikasta ja tilanteesta riippuen estävät lumen pääsyn ilmanvaihtokanaviin.

Vaihtoehtoisesti joskus on jouduttu toteuttamaan erillinen lumikammio, jota sitten tyhjennetään. Tällaisen kammion rakenne ottaa vastaan tuulen mukana tulevan lumen, mutta estää sen etenemisen puhaltimille saakka. Erityisesti raitisilmakanavassa tämä on joskus vaikeaa, koska puhallin imee ulkoilmaa itseään kohti. Kanavan päähän muodostuu siis alipaine suhteessa ulkoilmaan, joka ei tosin ole välttämättä aina mitattavissa ulkoilman "suurehkon" tilavuuden takia. Savukokeella virtauksen voimakkuuden näkee helposti.

Suurimman mekaanisen rasituksen kohteeksi Suomessa asennettavissa ilmastointikoneikoissa joutuvat yleensä lämmityksen säätöön liittyvät komponentit ja puhaltimet.

3.6.5 Ilmastoinnin elinjaksot

Ilmastoinnissa on monenlaisia osioita elinkaariensa osalta. Kiinteistön kokonaiselin-kaareen suhteutettuna ikuisia voivat olla esimerkiksi:

- Ilmastointikoneen ja kanaviston metalliosat
- Ristivirtauslämmöntalteenottokennon liikkumattomat metalliosat

Pitkän elinkaariodotuksen osia:

- Puhallinkartiot
- Lämmitys-, jäähdytys ja lämmöntalteenottokennot
- Puhallinmoottorit ja taajuusmuuttajat (integroitu tai ulkoinen)
- Äänenvaimentimet
- Sulkupellit, tiivisteosineen

Kuluvia osia:

- Suodattimet

- Hihnat, esimerkiksi hihnavetoiset puhallinmoottorit ja pyörivät lämmöntalteenottokennot

Ilmastointihuollot

Kuluvien osien uusimisen lisäksi mm. nuohous ja ilmamäärämittaukset ovat tärkeitä ilmastointijärjestelmien ylläpitoa.

”Pelkkää puhdistustyötä ilman säätöä ei milloinkaan pidä tilata.”

(Säteri. 2001, 82)

Säätötyöstä pitää saada mittauspöytäkirja, josta selviää: venttiili-, linja- ja puhallin-kohtaiset ilmavirrat sekä järjestelmän painetasot eri käyntitehoilla. Puhdistustyön vastaanotossa tarkastetaan pöytäkirja ja palauteraportti, jossa on poikkeamamerkin-
nät ja toimenpide-ehdotukset. Pistokokeet puhdistustyöstä (*avaa, katso, pyyhkäi-
se...*) ja säädöistä (*huonekohtainen säätö +/-20% ja kokonaisilmavirta +/-10%*). (Säteri. 2001, 82)

Säätöjen pistokoetarkastus vaatisi siis Säterin ohjeistuksella varsinaisesta työnsuorit-
tajasta erillisen toisen ammattilaisen – tarkastamaan ensimmäisen ammattilaisen
työn. Tämä voi tuntua turhalta kustannukselta, mutta tuntemattoman toimijan kans-
sa voi olla perusteltua ensimmäisten toimeksiantojen kanssa ja pitää pistokokeiden
suorittaminen tilausasiakirjoissa mukana. Säätäjä voi oikaista mm. huonesäätöjen
jälkeen kokonaisilmamääräpoikkeaman ilmastointikoneen puhaltimilla, tarkistamatta
syytä poikkeamaan enää huoneista.

Pistokokeiden järjestämistä tärkeämpää on siis toimeksiannon pelisääntöjen määrit-
tely. Tähän löytyy paljon ammattilaisia, jotka osaavat tehdä hyvän määrittelyn ja voi-
vat taata säätöjen onnistumisen.

3.6.6 Ilmanvaihtokoneen lämmitysmuodot

Kaikkiin tiloihin, joissa työskennellään sisävaatetuksessa, puhalletaan minimissään
17°C lämpöistä ilmaa. Tämä ei tarkoita, että olosuhteet ajettaisiin näin viileiksi. Ilmas-
toinnilla ei ole lähtökohtaisesti tarkoitus lämmittää kiinteistöä. Ilmalämmitteisiä kiin-

teistöjä ovat käytännön pakosta esimerkiksi suuret marketit, joissa lämpöä ei saada muuten jakaantumaan tasaisesti suureen hallimaiseen tilaan.

Ilmanvaihtokoneiden lämmityspattereita on Suomessa kahta tyyppiä:

1. Nestekiertoinen
2. Sähkötoiminen

Molemmissa on omat hyvät ja huonot puolensa. Nestekiertoinen lämmityspatteri sisältää useimmiten jäätymisriskin, koska nesteenä käytetään vettä sen glykolia paremman hyötysuhteen takia. Glykoli heikentää nesteen ominaislämpökapasiteettia, mutta nostaa nesteen jäätymislämpötilaa merkittävästi.

Lämmityspiireissä ei käytetä lainkaan glykoleja, jos niiden suunniteltu käyttöalue on aina yli 15°C lämpötilassa. Tämän takia tästä eteenpäin käytämme termiä "vesipatteri" ilmastointikoneen ensisijaisesta lämmityspatterista sen ollessa muu kuin sähköllä toimiva.

Lämmönjakolaitteistolta tuodaan ilmastointikoneen vesipatterille lämpöä, joka vielä säädetään tarkemmin vesipatterin läheisyydessä olevalla moottoriventtiilillä. Moottoriventtiili on periaatteessa koko ajan pienessä liikkeessä, joka rasittaa mekaanisia osia merkittävästi. Vanhat istukkaventtiilit alkavat usein vuotamaan alle kymmenessä vuodessa, mutta korroosion (ruoste jne.) takia umpeutuvat uudelleen, eivätkä vuoda verkostoa kuivaksi. Usein näkee vanhoissa kohteissa valkoisia tai jopa vihreitä valamakuvioita venttiilien päällä, mutta ne ovat kuivia pinnaltaan.

Säätöpalloventtiilit ovat rakenteensa takia pitkäikäisempiä vuotojen suhteen ja asennusvirheet havaitaan lähes poikkeuksetta testauksien yhteydessä. Istukkaventtiileissä esim. karan virheellinen kalibrointi ei välttämättä ilmene ja moottori voi hakata karan venttiilirungon lävitse tai vaurioittaa sisäkomponentteja.

Sähkövastuksiin perustuvassa lämmityspatterissa sen sijaan koville joutuvat releet ja vastaavat (esim. Tyristori), jotka joutuvat säätämään lämmityspatterin tehoa. Toisin kuin vesipatterin moottoriventtiilillä, sähköpatterin tehoa ei säädetä portaattomasti. Sähkövirtausta ei muokata pienemmäksi ja suuremmaksi, vaan sähkövastuksien saamaa sähköenergiaa rajoitetaan nopeimmillaan pieninä pulsseina. Tämä aiheuttaa voimakasta räsitusta sähkönsyöttöä hallinnoivalle kytkentäyksikölle (esim. rele).

3.6.7 Ilmanvaihdon suodattimet

Ilmanvaihtosuodattimien vaihtostrategioita on useita. Yleisimmät ovat:

1. Suodattimia vaihdetaan vain siinä tapauksessa, että joku tahon niiden vaihtamista vaatii (viranomainen, vuokralainen, vastuullinen ylläpitoa suorittava henkilö tai organisaatio...)
2. Suodattimia vaihdetaan, kun asia sattuu tulemaan mieleen tai esimerkiksi myyjä soittaa
3. Suodattimet vaihdetaan säännöllisesti keväällä ja syksyllä, riippumatta niiden likaantumisesta
4. Suodattimet vaihdetaan painehäviön noustua hälytysrajan yli, kun asia havaitaan ja suodattimien uusiminen menee hankintaprosessin lävitse
5. Suodattimet vaihdetaan, kun painehäviö nousee hälytysrajan ylitse. Ylläpito-organisaatio saapuu paikalle ja vaihtaa suodattimet tuoden uudet varasuodattimet paikalle

Mikäli vaihtostrategiaksi on valittu (*tai siihen on päädytty*) jokin ensimmäisestä kolmesta vaihtoehdosta, yleisimmin suodatintuotteen määräävin valintakriteeri on hankintahinta. Hankintakustannuksen minimoinnin jälkeen kilpailutetaan vielä usein erikseen vaihtotyö, jos suodattimia on yli neljä vaihdettavana.

Vaihtostrategiastasosta käytetään tästä eteenpäin VST -lyhennettä ja esimerkiksi ensimmäisestä tasosta puhuttaessa käytetään VST1 lyhennettä. Asiakas joka käyttää VST1 tai VST2 ei yleensä kiinnosta sisäilmanlaatu lainkaan, mutta VST3:tta sisäilmanlaatu voi jo kiinnostaa. VST3 on ns. turvallinen valinta, koska vastauksena se tyydyttää melkein kaikkia kysyjä.

3.6.8 Ilmanvaihtokoneen puhaltimet

”Puhaltimet kuluttavat eniten LVI-laitteiden sähköenergiaa. Eräissä tutkituissa kohteissa ilmastointikojeen sähköenergiakustannus on ollut suurempi kuin lämpöenergiakustannus.”

(Myyryläinen. 2008, 184)

Jos ilmamäärää pudotetaan 33%, lämpöenergiatarve putoaa 33%, mutta sähköenergiatarve vähenee 60...70%. Ilmamäärän ja lämmitystarpeen suhde on lineaarinen

(suoraan verrannollinen, 1:1), mutta ilmamäärän ja puhallintehotarpeen suhde on logaritminen (ns. neliöön, 1^2). Eli jos ilmavirta on 100l/s ja se pudotetaan 67l/s tasoon, ilmaa pitää lämmittää kolmanneksen vähemmän, mutta puhaltimet pystyvät tuottamaan tämän 2/3-ilmamäärän kolmanneksella maksimitehosta.

(Myyryläinen. 2008, 184)

Erilaiset puhallintyypit

Ilmanvaihtokoneiden puhaltimia on yksinkertaistettuna ilmamääränäkökulmasta neljää eri tyyppiä:

1. Yksinopeuspuhaltimet (seis tai puhaltaa 100%)
2. Kaksinopeuspuhallin (seis, 50% tai 100%)
3. Yli kaksi tehoporrasta sisältävä puhallin (esim. seis, teho 1, 2, 3, 4 tai täydellä teholla)
4. Portaattomasti säädettävät puhaltimet (kone on seis tai säätyy kelluvasti)

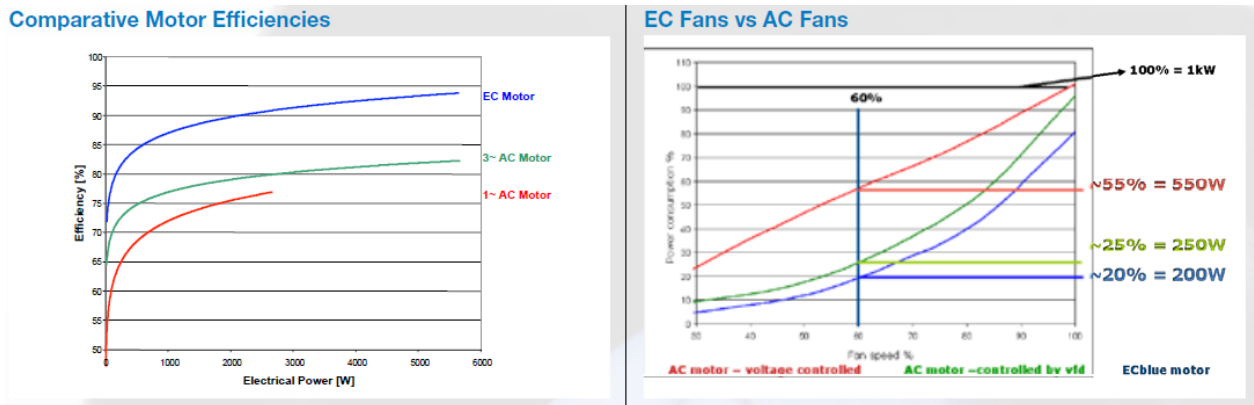
Ilmanvaihtokoneen puhallintyypeistä käytetään tästä eteenpäin IV1 ... IV4. Monelle tulee yllätyksenä, että IV3 ei ole lainkaan edustettuna omakotitaloa suuremmissa kiinteistöissä. IV1 ja IV2 edustavat merkittävää enemmistöä kaikissa viime vuosittain kiinteistöissä.

Nykypäivänä käyttöön otetaan IV4, kun kyseessä on jokin muu kuin asuinkiinteistö ja kiinteistössä on yli 500m², eikä kiinteistöä tarvitse sektoroida useisiin lohkoihin ilmanvaihdon kannalta. IV1 ja IV2 käytetään edelleen esim. likaistilojen poistoissa (vessat jne.), joissa ei ole lämmöntalteenottoja. IV3 käytetään usein esim. sosiaalitilojen ilmanvaihtoon (*tilojen käyttö muistuttaa pientä asuntoa*).

IV4 toteutustapoja on useita. Mekaanisesti uudet puhaltimet ovat aina suoravetoisia, hyötysuhdetta syöviä ja kuluvia hihnoja ei enää käytetä. Portaattomaan säätöön on käytännössä kaksi eri tuotekategoriaa:

- AC-puhaltimet, joiden sähkönsyöttö (teho-ohjaus) kulkee taajuusmuuttajan kautta
- EC-puhaltimet, joiden sähkönsyöttö (teho-ohjaus) on elektronisesti ohjattu

Näiden tehokuvio on samanlainen, mutta EC-moottoreilla on korkeampi hyötysuhde. Toistaiseksi EC-moottoreiden kustannustehokas puhallusteho on vielä rajoitettu, joten suurissa ilmamäärätarpeissa käytetään aina suoravetoista moottoria, jonka sähkönsyötöstä (teho-ohjaus) huolehtii taajuusmuuttaja.



Kuvio 19. AC- ja EC-puhallinmoottorien tehokäyrät

(EC vs. AC. n.d. 2)

Vasemmassa kuvaajassa on esitetty sinisellä EC-moottorin hyötysuhde verrattuna perinteiseen 3-vaihepuhalttimeen (vihreä) ja yksivaihepuhalttimeen (punainen). Esim. noin 5,7kW:n teholla EC-moottorin hyötysuhde on noin 94% (hukkaenergia 0,3kW) ja 3-vaihepuhaltimella 82% (hukkaenergia 1kW). Hukkaenergian määrä on siis kolminkertainen perinteisellä puhaltimella. Yksivaihepuhallin muuttuu sähkötekniisesti ja valmistuksellisesti järjettömäksi melko nopeasti tehon kasvaessa, joten vasemman kuvaajan punainen viiva loppuu lyhyeen.

Oikealla olevassa kuvaajassa vertaillaan virrankulutusta puhallinnopeuden funktiona. Punaisella on jänniteohjattu puhallin, jonka tehokäyrä on lineaarinen. Vihreällä on taajuusmuuttajaohjattu AC-puhallin ja sinisellä on EC-puhallin. Taajuusmuuttajaohjattu ja EC-puhaltimen virrankulutuskäyrä on samanlainen, mutta EC-puhallin on hyötysuhteeltaan parempi.

E erityisen huomattavaa on, että EC-puhallin saavuttaa maksimi puhallustehonsa 80% energiakulutuksella verrattuna AC-puhaltimen maksimiin. Täysinä pyörivä EC-puhallin siis säästää sähköenergiaa merkittävästi verrattuna perinteiseen puhalttimeen.

Taajuusmuuttajaohjatussa AC-puhaltimella 100% puhallusteho syö käytännössä saman energian kuin ilman taajuusmuuttajaa pyörivä puhallin. Taajuusmuuttajasta on

toki se hyöty, että se mahdollistaa puhallustehon korottamisen yli sen normaalin 50 Hz. Kaikkien asiantuntijoiden mielestä 10% Hz korotus (55 Hz) on turvallinen, eikä lisää puhaltimen vikaantumisriskiä sähköteknisesti. Puhaltimen jatkuva pyörittäminen kovemmalla nopeudella tietenkin rasittaa mekaanisia osia merkittävästi enemmän, joten puhaltimen elinkaari lyhenee.

3.6.9 Jatkuvassa säädössä oleva ilmastointikone

Taajuusmuuttajaohjatulla ja EC-puhaltimella voidaan ilmastointikonetta ajaa kanavapaine- tai suoraan ilmamääräperusteisesti. Kanavapaineohjatun koneen joutuu aina mittaamaan ammattitaitoinen ilmamäärämittamies. Ilmamääräohjatussa koneessa ilmamäärälähetin parametroidaan koneelle sopivaksi, jonka ilmamäärä nähdään automaatiojärjestelmästä reaaliaikaisena.

Teknisesti ottaen ennen taajuusmuuttajia ilmastointikoneita olisi ollut mahdollista säätää jänniteperusteisesti. Tällaisia puhaltimia ei kuitenkaan ole juurikaan. Taustana voi olla niiden häiriöherkyys ja lyhyt elinkaari, koska ilman taajuusmuuttajan kaltaista älykästä valvontayksikköä sähkönsyöttö voi käyttäytyä laitteelle haitallisesti ilman, että sitä osataan sammuttaa.

Toinen tapa ajaa muuttuvaa ilmamäärää oli kuristaa esim. ilmamääräsäätöpeltejä välittämättä puhallintehon vakiona pysymisestä. Toisin sanoen yritetään pumpata sama ilmamäärä kanavistoon, mutta kuristetaan kanavan läpäisykykyä vetämällä sitä kiinni. Ilmamäärä putoaa, mutta tehotarve teknisesti ottaen kasvaa, koska sulkeutuva kanava pyrkii koko ajan estämään ilman vapaata liikettä.

Kaikki ammattilaiset tietävät, että vaikka moottorin sähkötekniset tiedot esittelevässä kilvessä kerrotaan mm. teho (kW) ja virta (A) – nuo arvot eivät toteudu, kun moottoria käytetään ilman liikuttamiseen. Ilma on väliaineena kevyt ja helposti liikuteltava, joten moottori pääsee sen mitoitusarvoja pienemmällä työllä. Tästä syystä kanavasulku tekniikalla, moottori syö enemmän energiaa kuin normaalisti.

Nykymaailmassa jatkuvassa säädössä olevien koneiden säätötapoja on käytännössä kaksi:

1. Automaattisesti olosuhteiden mukaan
2. Käyttökytkimillä ja/tai aikaperusteisesti

Eri tyypit jatkuvaan säätöön lyhennetään jatkossa ”JS1” ja ”JS2”. Yleisimmin JS2:ssa on ns. minimi-ilmamäärä ja mitoitusilmamäärä. Tämä toteutetaan asettelemalla kahdet eri kanavapaine- tai ilmamääräarvot koneelle, joiden välillä vaihdellaan aikaan tai käyttökytkimiin perustuen. Esim. ilta-aikaan kone voi pyöriä miniminopeudella, jonka käyttäjä voi korottaa painamalla tehostuspainiketta.

Molemmissa säätötyypeissä on sisäilmalaadun näkökulmasta se hyöty, että kone osaa nostaa puhallintehojaan esim. kompensoidakseen likaantuvien komponenttien aiheuttamaa painehäviötä. Likaantuvia komponentteja ovat mm. lämmitys- ja jäähdytyspatterit, lämmöntalteenottokennot sekä tietenkin suodattimet.

Likaantuvat komponentit siis nostavat koneen virrankulutusta, mutta eivät nosta jäähdytys- tai lämmityskustannusta, koska ilmamäärä pysyy vakiona. Eli ilmaa tuodaan muokattavaksi aina sama määrä. Puhallin joutuu tekemään enemmän töitä tuottaakseen saman ilmamäärän.

Sama asia yksinkertaistetusti toisin päin: kun kiinteistössä on käytössä 1-nopeuspuhallin, komponenttien likaantuessa ilmamäärä laskee, mutta virrankulutus pysyy melkein samana. Painehäviön noustessa ilma ei liiku enää yhtä vapaasti, joten puhaltimen pyöriminen vaikeutuu, mutta sen sähköpiiri pysyy samana. Energiaa menee siis jonkun verran enemmän, mutta määrä riippuu tietenkin likaantumisasteesta.

3.6.10 Miten nykyään ilmastointikoneet suunnitellaan?

Energiatehokkuus on tullut osaksi suunnittelua. Esimerkiksi IV-koneiden mitoituksessa pitää huomioida SFP-luku (Specific Fan Power), joka on ilmastointijärjestelmän ominaissähköteho ja yksikkönä on $\text{kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Käytännössä luku tarkoittaa kuinka paljon sähkötehoa vaaditaan yhden ilmakuution siirtämiseen. Numeraalinen arvo saadaan jakamalla ilmastointijärjestelmän kokonaispainehäviö kokonaishyötysuhteella. (Manner. 2013.)

Kohteen valmistuttua IV-konetta pyöritetään ja SFP-luku mitataan, joka saa rakentamismääräys D3:n mukaan olla maksimissaan $2 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s})$. Kanaviston painehäviön hallinta on suurin yksittäinen SFP-lukuun vaikuttava tekijä, johon LVI-suunnittelija voi vaikuttaa.

Muita Mannerin opinnäytetyössä mainittuja seikkoja ovat: IV-koneen painehäviön liitântähäviöineen ja puhaltimen kokonaishyötysuhde. Jännittävästi esimerkiksi tulo- ja poistoelimet kanavistojen päissä ei ole mainittu. Ehkäpä tilannekatsauksessa on lähdetty siitä olettamasta, että suunnitteluvaiheen valinnat ovat aina oikeanlaiset.

SFP-luku on yksi komponentti laskettaessa rakennuksen E-lukua. Johtuen sähköenergian kertoimista E-luvun laskennassa, SFP:llä on merkittävä vaikutus E-lukuun. Tarpeenmukainen ilmanvaihto edullistaa E-luvun laskentaa kiinteistöomistajan näkökulmasta, koska ilman tarpeenmukaista ilmanvaihtoa laskennalliset ilmamäärät ovat vakiot. Laskennassa huomioidaan myös lämmöntalteenottomoottorien sähkönkulutus. (Manner 2013, 2)

Oheisessa kuvassa näytetään vielä Mannerin esittelemät kaavat SFP-lukulaskentaa:

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto} + P_{apulaiteet}}{q_{max}} \quad (1)$$

SFP on ilmanvaihtojärjestelmän ominaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{tulo} on tuloilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä, kW

P_{poisto} on poistoilmapuhaltimien ottama sähköteho yhteensä, kW

P_{apulaiteet} on taajuusmuuttajien ja muiden säätölaitteiden sekä mahdollisten

LTO-pumppujen ja -moottorien ottama sähköteho, kW

q_{max} on mitoittava jäteilmavirta tai ulkoilmavirta, m³/s.

$$SFP = \frac{P_{tulo} + P_{poisto} + P_{apulaiteet}}{q_{max}} \quad (2)$$

SFP on ilmankäsittelykoneen ominaissähköteho, kW/(m³/s)

P_{tulo} on tuloilmapuhaltimen ottama sähköteho yhteensä, kW

P_{poisto} on poistoilmapuhaltimen ottama sähköteho yhteensä, kW

P_{apulaiteet} on taajuusmuuttajan ja muiden säätölaitteiden sekä mahdollisen

LTO-pumpun ja – moottorin ottama sähköteho, kW

q_{max} on koneen ilmavirroista suurempi, m³/s.

Kuvio 20. SFP-laskennan perusteet

3.6.11 Painesuhteet

Home- ja muihin sisäilmaongelmarakennuksiin liittyvässä keskustelussa on nostettu esiin painesuhteet. Alipaineisuus on vallitseva alan tapa, koska sillä varmistetaan kosteuden poistuminen ja koetaan estettävän rakennusvauriot. Märkätilat ja likaiset tilat tulee suunnitella alipaineisemmiksi kuin muut tilat. Eli rakennuksessa tulee olla ulkoilmaan verrattuna koko ajan imu päällä ja eniten imua kuuluu olla märkätiloissa, vessoissa ja muissa likaisissa tiloissa. Korvausilmaa halutaan siis hieman ulkoa ikkunapielistä jne. ja koneellisesti tuloilma tuodaan oleskelu- sekä työtiloihin.

(Myyryläinen. 2008, 199)

3.6.12 Ilmanvaihtokoneet: hankintahinta vs. elinkaarikustannus

Yksinkertaisuuden vuoksi jäähdytystä ei ole huomioitu kummassakaan, koska se lisää automaattisesti kustannuksia, eikä näin ollen luo muiden komponenttien tavoin dramaattista kustannuseroa eri kokoonpanoissa.

Halvin IV-kone investointinäkökulmasta on mahdollisimman vähä-älyinen ja -laitteinen.

Tulokanavaosan rakenne (listaussuunta: raitisilma → puhallusilma huonetilaan):

1. Raitisilmapelti: auki-kiinni (on/off) moottoripelti
2. Tulosuodatin: Mahdollisimman halpa, joka toteuttaa puhtaana mitoitusilmamäärän ja tyydyttää
3. Lämmöntalteenotto: ei lämmöntalteenottoa
4. Kiertoilmatoiminnallisuus: ei kiertoilmatoiminnallisuutta
5. Lämmityspatteri: sähköpatteri, jolloin ei tule putkituskustannuksia
6. Tuloilmapuhallin: yksinopeuspuhallin

Tuloilmasäädöt:

1. Ilmamäärän säätötapa: vakioilmamäärä (tilojen vaatima mitoitus-teho)
2. Lämmön säätötapa: lämmönsäätö tulokanavan menolämpötilasta ohjaten sähköpatteria esimerkiksi termostaatilla

Poistokanavaosan rakenne (listaussuunta: huoneiden poistoilma → jäteilma ulos):

1. Poistosuodatin: Suodatinta ei tarvita, koska lämmöntalteenottoa ei käytetä. Puhallinyksikköä tarvittaessa puhdistetaan manuaalisesti.
2. Poistopuhallin: yksinopeuspuhallin
3. Jäteilmapelti: auki-kiinni (on/off) moottoripelti

Poistoilmasäädöt:

4. Poistoilmamäärän säätö: vakioilmamäärä (tilojen vaatima mitoitusteho)

Teknisesti ottaen molemmat sulkupellit voisi jättää myös pois, jos kiinteistössä on muu lämmitysmuoto, esim. patteri- tai lattialämmitys, koska IV-koneikon komponenteilla itsessään ei ole jäätymisriskiä. Onneksi tuskin kukaan on enää niin lyhytnäköinen, että säästäisi sulkupellit, joilla estetään kylmän ilman siirtyminen kiinteistöön tuloilmasäädön häiriötilanteissa tai muussa seisokkitilanteessa.

Poistokanavaosa sijaitsee mahdollisimman keskeisellä paikalla rakennuksen katossa. Jos kiinteistö on yhtenäistä tilaa tai rakennusosat eivät ole tiiviisti erotettuna toisistaan, poistokanavistoa ei rakenneta lainkaan. Jos tilat erotetaan tiiviisti toisistaan, jokaiseen tilaan vedetään poistokanavaputki mahdollisimman halvasti. Kaikki tuloilmaan käytetty lämpöenergia puhalletaan suoraan harakoille (ulos). Eli jokainen lämmityspatterissa kulunut euro palaa täysimääräisenä.

Edullisin IV-kone elinkaarinäkökulmasta on mahdollisimman älykäs ja monipuolinen laitteiltaan.

Tulokanavaosan rakenne (listaussuunta: raitisilma → puhallusilma huonetilaan):

1. Raitisilmapelti: vapaasti säädettävä (0...100%) moottoripelti
2. Tulosuodatin: Mahdollisimman laadukas ja minimipainehäviö
3. Lämmöntalteenotto: pyörivä kenno tai vaihtokammiojärjestelmä (Energent tai vastaava)
4. Kiertoilmatoiminnallisuus: vapaasti säädettävä (0...100%) moottoripelti
5. Lämmityspatteri: vesipatteri
6. Tuloilmapuhallin: EC-puhallin (tai koon kasvaessa AC-puhallin + taajuusmuuttaja)

Tuloilmasäädöt:

1. Ilmamäärän säätötapa: tarpeenmukainen ilmanvaihto. Huonekohtaiset olosuhdemittaukset (esim. lämpö+kosteus+hiilidioksidi) ja jokaiseen tilaan jatkuvasaäteiset ilmamääräsäätölaitteet (IMS), joiden reaaliaikaiset ilmamäärätiedot on liitetty pääautomaatioon.
2. Lämmön säätötapa: Kompensoidaan huoneistojen lämpeneminen pudottamalla tuloilmalämpötilaa, joko IV-koneella maltillisesti (keskiarvo huomioiden) tai sektorikohtaisilla jälkilämmityspattereilla.

Poistokanavaosan rakenne (listaussuunta: huoneiden poistoilma → jäteilma ulos):

1. Poistosuodatin: Mahdollisimman laadukas ja minimipainehäviö
2. Lämmöntalteenotto: pyörivä kenno tai vaihtokammiojärjestelmä (Energent tai vastaava)
3. Kiertoilmatoiminnallisuus: vapaasti säädettävä (0...100%) moottoripelti
4. Lämmityspatteri: vesipatteri
5. Tuloilmapuhallin: EC-puhallin (tai koon kasvaessa AC-puhallin + taajuusmuuttaja)
6. Ilmamäärän säätötapa: tarpeenmukainen ilmanvaihto
7. Ilmamäärän säätötapa: tarpeenmukainen ilmanvaihto. Huonekohtaiset olosuhdemittaukset (esim. lämpö+kosteus+hiilidioksidi) ja jokaiseen tilaan jatkuvasaäteiset ilmamääräsäätölaitteet (IMS), joiden reaaliaikaiset ilmamäärätiedot on liitetty pääautomaatioon.
8. Jäteilmapelti: vapaasti säädettävä (0...100%) moottoripelti

Poistoilmasäädöt:

1. Poistoilmamäärän säätö: tarpeenmukainen ilmanvaihto, synkronoituu tuloilmamäärän kanssa.
2. Muut säädöt: Lämmintä poistoilmaa kierrätetään takaisin tulokanavaan, jos sen sisältämät olosuhdeparametrit ovat ok. Tätä toiminnallisuutta tarvitaan esim. korkeissa tiloissa, joissa puhallusteho pitää olla ylittämättä verrattuna olosuhdetarpeeseen – ilman sekoittumisen varmistamiseksi.

Poistokanavaosa sijaitsee tulokanavaosan yhteydessä, jotta lämmöntalteenotto saadaan rakennettua hyötysuhteeltaan mahdollisimman tehokkaaksi. Poistokanavisto on asianmukaisesti vedetty kaikkiin tiloihin varmistaen optimaalinen ilmankierto. Tarvittaessa hyödynnetään ns. syrjäyttävää ilmanvaihtoa, jossa tuloilma tuodaan lattiatasolta ja poistoilma imetään katosta. Tällöin lämpimän kohoavan ilman sisältämä energia saadaan maksimaalisesti hyödynnettyä.

Maksimitehoilla ajettaessa tuloilmalämmitykseen kuluu noin 80% vähemmän lämmitysenergiaa, kuin halvimmassa IV-konekoonpanossa. Kokonaisenergiakulutus on vieläkin edullisempaa johtuen tarpeenmukaisesta ilmanvaihdosta, jossa myös sähköenergiaa säästetään puhaltimilla.

3.7 Nestepiirit

Kuluvien osien uusimisen lisäksi mm. virtausmittaukset ja lämmitysverkostojen tasapainotukset ovat tärkeitä ylläpidollisia tehtäviä. Lämmönvaihdinlaitteistojen elinkaari on perinteisesti noin 20v., jonka jälkeen ne nykyään vaihdetaan kokonaisuutena (tehdasvalmisteinen lämpöpaketti).

Uudistamisissa on hyvä huomioida, että verkostomäärä voi olla järkevä hajauttaa, jos esim. lämmitysryhmiä on kiinteistössä useita. Vanhoissa lämpöpaketeissa säästettiin vaihtimien määrässä ja yhdellä vaihtimella on voitu ohjata koko kiinteistön esim. kolmea verkostoa (ilmastointi-, lattialämmitys- ja patteripiirit).

Käyttövesipiirit tulee käsitellä aina muista lämmitysverkostoista erillään, jos ne sisältävät veteen liukenevia komponentteja tai partikkeleita. Käytännössä monissa kiinteistöissä käytetään käyttövesipiirejä kyseenalaisesti mm. ns. räppipatterien lämmitykseen, koska se on ollut hankintavaiheessa erittäin halpaa. Märkätiloissa sijaitsevien vaatekuivatukseen käytettävien patterien lämmitys on sinänsä ongelmallinen, koska usein käyttövesipiiri on ainoa, joka on myös kesällä kuuma.

Pumput tulisi hankkia elinkaarikustannuslaskelmien mukaan, jossa on huomioitu pumpun hankintahinnan lisäksi:

- Energiakäytön hinta
- Huollot ja ylläpito
- Uuden pumpun hankinta (*elinkaaren päättyessä*)

Pieniä pumppuja lukuun ottamatta kaikkien valittujen pumppujen tulisi sisältää taa-juusmuuttaja.

(Myyryläinen. 2008, 187)

Suurilla pumpuilla kierrosluvun säätöautomaatio maksaa itsensä takaisin jo usein alle vuodessa, ja samalla parannetaan virtausten säädettävyyttä ja pienennetään virtausääniä.

(Myyryläinen. 2008, 187-188)

3.7.1 Nestepiirien ja lämmitysjärjestelmien elinjaksot

Nestepiirit ovat monilta osin kuluvampia kuin ilmastointiosat. Pisimmällä elinkaariodotuksella ovat:

- Kaivot, esimerkiksi erilaiset erotuskaivot

- Ulos sijoitetut putkistot, jotka on tehty asianmukaisesti RST- tai haponkestävistä materiaaleista
- Kupariputkistot, lattialämmitysjärjestelmät
- Putkilinjojen kiinnitykset

Keskipitkä elinkaariodotus:

- Pumput
- Lämmönvaihtimet
- Varaajat
- Lämmityskattilat
- Venttiilit ja termostaatit
- Painemittarit ja paisuntasäiliöt

Kuluvat osat:

- Suodattimet, erilaiset erottimet
- Nopeiden lämmitysverkostojen moottoriventtiilien toimilaitteet (esim. käyttövesi)
- Hihnat, esimerkiksi hihnavetoiset puhallinmoottorit ja pyörivät lämmöntalteenottokeino

3.7.2 Käyttövesi

Asuinalossa käyttöveden menekki 110...150 l/vrk/hlö.

(Myyryläinen. 2008, 27)

Tyypikuluttaja käyttää vettä noin 90l/vrk ja suurkuluttaja helposti kolminkertaisen määrän, keskiarvon asettuessa 155 l/vrk (~56 000 l/vuodessa) ja tavoitetasona Motiva pitää 130l/vrk. Lämmintä vettä menee kolmannes, eli keskimäärin noin 50l/vrk.

(Verto - opas Järkevään vedenkäyttöön. 2018, 2-4)

Suhteellisia osuuksia:

- Huoneistokohtaisilla vedenkulutusmittareilla varustetussa taloyhtiössä kulutus on yleensä noin 30% pienempi kuin jaetun vesimaksun taloissa.
- Veden käyttö muodostaa noin 37% taloyhtiön kiinteistökustannuksista.
- Veden lämmittämiseen menee noin 30% taloyhtiön lämmitysenergiasta.
- Lämpimän veden osuus on 20% henkilökohtaisesta energiakulutuksesta, kun huomioidaan asumisen koko energiankulutus sähkö mukaan lukien
- Vedestä kuluu noin 22% ruuanlaitossa, juomavetenä ja tiskauksessa, 39% peseytymiseen, 26% WC, pyykinpesu 13%. Suhteelliset osuudet vaihtelevat mm. henkilöiden ja vesikalusteiden mukaan. Esimerkiksi uusimmat astianpesukoneet kuluttavat yhdellä pesulla 10...12l vettä (0,15€), vanhemmat koneet 15...20l ja käsin tiskataan 50...150 litralla (0,28...1,03€).

(Verto - opas Järkevään vedenkäyttöön. 2018, 2-19)

Elämää helpottavia kodinkonehankintoja voi siis perustella energiatehokkuudella ja ekologisuudella. Vastaavasti vesivuodot ovat merkittävä ongelma. Ompelulangan kokoinen vuotokohta esim. hanassa valuttaa vettä hukkaan noin 30 000 l/vuodessa.

(Verto - opas Järkevään vedenkäyttöön. 2018, 23)

3.8 Sähkö ja valaistus

Ihmisuhteissa ja tapahtumissa sähköisyyden tunteminen ovat hyvästä, mutta kiinteistössä sähkön tunteminen iholla tai sisäelimissä on erittäin haitallista. Sähkön voi myös nähdä valokaarena ja ne ovat aina ei-toivottuja-tilanteita kiinteistöissä.

Releet ja muut mekaanisesti liikkuvat ovat kuluvia osia, joskin pitkäikäisiä. Usein sähköjärjestelmien uudistustarve perustuu uudenlaiseen lainsäädäntöön, jonka pohjana on mm. sähköturvallisuusmääräysten uudistuminen.

Sähkökeskusten kuntoa tulee valvoa ja nykyaikaisia tekniikoita on mm. lämpökamerakuvantaminen. Sähkökeskusten liikkumattomien osien elinkaari on määrittelemättömän pitkä, mutta sähkökeskuksen ja komponenttien elinjaksoja muodostavat mm. releet ja ruuviliitännät.

Releet ovat luonteeltaan liikkuvia ja kuluvia osia. Ruuviliittimet sen sijaan pitää tarkistaa ja kiristää säännöllisesti. Tämä voi tuntua kummalliselta maallikosta, kun helposti

ruuveista tulee mieleen puukäsityötunnit. Toisaalta monille terassia tanssimiseen käyttäneille on tuttua, että kengät tökkäävät yllättävästi ruuveihin, jotka varmasti ruuvattiin pintakerroksen sisään. Lämpötila-, kosteus- ja muut olosuhdevaihtelut aiheuttavat kuitenkin usein ruuvien auki-kiertymistä.

Toisaalta myös huonosti asennettuihin johtimiin saattaa kohdistua vetoa tai painetta, joka saattaa irroittaa johtimet ruuviliittimistä. Vedonpoistoista tulisi huolehtia aina juuri tästä syystä, koska irtoavat johtimet saattavat aiheuttaa huonon maadoituksen kanssa merkittäviä sähköturvallisuusriskejä. Useimmiten onnettomuuksissa on kyse juuri monen virheen ja epäonnisen sattuman summasta.

Sähköjärjestelmien runkotaso:

- Pääsyöttökaapelointi, sähköliittymän koko, pääsulakkeiden koko
- Ryhmäkeskusten sulakelähtövaraukset
- Kaapelivaraukset, putket/narut (huom. palokatkot)
 - Syöttökaapelit (230/400VAC)
 - Heikkovirtakaapelit (ohjaus, mittaus, säätö)
 - Datakaapelit (CAT6, valokuidut)
 - Paloeristetyt (savunpoisto...)

Sähköjärjestelmien elinjaksot

Sähköjärjestelmien kulumattomiksi tulkittavat osat:

- Metallikotelot erilaisissa keskuksissa
- Kaapelit, hyvin dokumentoituna myös esimerkiksi maakaapelit
- Valaisinkiskot, kiinnikkeet ja monet valaisinpohjat

Keskipitkä elinkaariodotus:

- Erilaiset moottorit ja taajuusmuuttajat
- Kytkimet ja painikkeet

Kuluvat osat:

- Erilaiset moottorit ja taajuusmuuttajat
- Akkuvarmennuksien (UPS) akut
- Polttimot ja muut valaisintarvikkeet

Sähköjärjestelmien huollot

Kuluvien osien uusimisen lisäksi mm. erilaiset mittaukset ja tarkistukset ovat tärkeitä ylläpidollisia tehtäviä. Esimerkiksi vikavirtasuojien koestaminen on aina vähintäänkin valmistajan suosittelema toimenpide, mutta monissa laitoksissa pakollinen toimenpide.

3.8.1 Valaistushuollot

Vuoden aikana valaisimien likaisuudesta aiheutuva valotehon heikkeneminen:

- 1) Toimistoissa 12...17%
- 2) Konepajoissa ja vastaavissa työtiloissa noin 25%
- 3) Hitsaamoissa noin 35%

Eli sähköenergia ei valaise – vaan energia ja valoteho hukkuvat likaan. Umpinaisilla valoilla valoteho heikkeni erään kohteen mittausjaksolla 25%, kun ns. läpihengittävässä valotehoputoama oli vain 5%. Seinän likaantuminen vastaavasti vaikuttaa keskimäärin 15% valotehotarpeeseen.

Valaistustehoputoamat lampputyypeittäin:

- 1) Hehkulamput 5...10%
- 2) "de luxe" loistelamput noin 25%
- 3) "teho" loistelamput 15...20%
- 4) elohopealamput noin 12%
- 5) suurpainenatriumlampuista ei ole tutkimusta

(Myyryläinen. 2008, 207)

3.8.2 Sulatus ja saattolämmitys

Esimerkiksi ulkolämpötilalla ohjattu lämmitys noin -5...+2C välillä on melkoista tuhlausta, koska mainittu lämpötila on hyvin yleinen varsinkin Etelä-Suomessa.

(Myyryläinen. 2008, 208)

Sulatus- ja saattolämmityksen ohjaukseen on kehitetty ilman kosteuden sekä lämpötilan huomioivia automaattioratkaisuja, jotka eivät lämmitä turhaan. On hyvä muistaa, että käytössä yleistyneet itsesäätävät lämmityskaapelit vievät myös valmiustilassa merkittävästi sähköä, kun ne mittaavat lämpötilaa ja ovat varautuneet lämmittämiseen.

3.9 Kiinteistöautomaatio, valvonta- ja säätötekniikka

”Suurin osa käytössä olevasta automatiikasta on 20...30 vuotta vanhaa ja hyvin erilaisilla käyttöliittymillä varustettua. Tietokoneita ja puhelimia uusitaan hyvin nopealla aikataululla, jotta käytössä olisi aina viimeisintä tekniikkaa. Automaatiojärjestelmiä sen sijaan ei uusita kovinkaan usein--”

(Suomäki J., Vepsäläinen S. 2013, 10)

3.9.1 Historia, nykytila ja tulevaisuus

Kiinteistösäätötekniikan alussa oli mies, polttoaine ja miehen mittainen työkalu... lapio, kirves tai muu polttoaineen käsittelyyn soveltuva väline. Lämmitystä säädeltiin polttamalla kivihiihtä, puuta tai muuta vähemmän lämmön noustessa ja kylmän tultua enemmän.

Rutiinihommat maistuivat kirjaimellisesti puulta ja työkustannukset nousivat, joten kehitettiin erilaisia automaattisia toiminnallisuuksia. Kiinteistöautomaatio alkoi erilaisista termostaattitoiminnoista, jossa yksittäinen järjestelmä valvoi vastusmittausta ja säätö lämpöä päälle tai pois tarpeen mukaan. Tätä säätömuotoa käytetään vielä

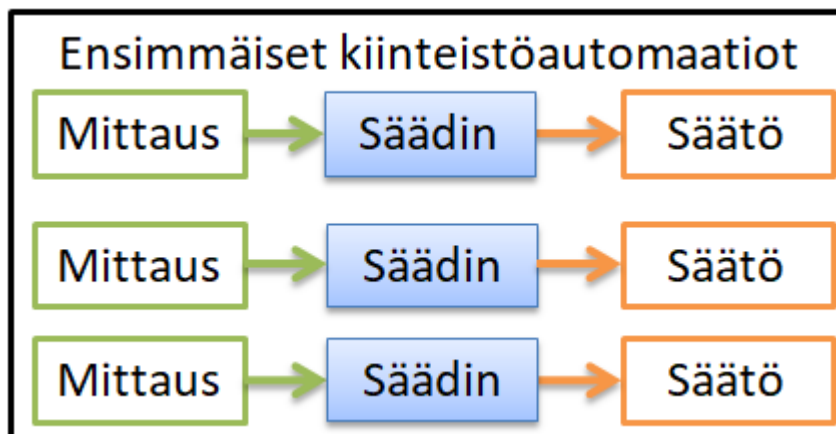
tänäkin päivänä esim. lattialämmitysjärjestelmissä, jossa jokaiselle huonepiirille on oma termostaattinsa.

”Automaatio on monelle suuri, pelottava ja jopa mystinen peikko -- automaatio on mainettaan huomattavasti ’tyhmempi’. Automaatio on nimensä mukaisesti vain tapa tehdä asioita ennalta määrätyn ohjelman mukaisesti ilman, että ihminen joutuu tekemään jotain.”.

(Suomäki J., Vepsäläinen S. 2013, 14)

Yksikkösäätimet

Moni lämmönjakohuoneen seinä on täynnä säätimiä vielä nykyäänkin. Käyttöliittymäpuutteet ilmenevät esim. aurinkoa vasten asennettuina ulkoantureina, joiden virheellisyyttä kukaan ei tiedä – koska mittausarvoa ei näy mistään. Havaitaan vain epämääräistä kylmyyttä ja säädellään vimmaisesti satunnaisia korjauksia. Seuraavassa kuviossa on esitetty yksikkösäädinperiaate.



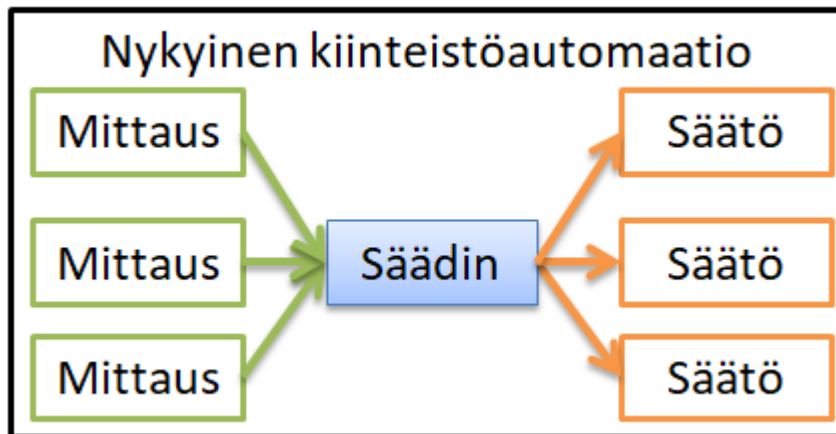
Kuvio 21. Yksinkertaisimmat kiinteistöautomaatiojärjestelmät

Isoissa kiinteistöissä alkoi olla niin paljon säätöjä, että niiden hallinta irrallisina yksiköinä kävi mahdottomaksi. Kriittiset kiinteistöt esim. tuotantolaitokset ja sairaalat tarvitsivat keskitettyä järjestelmää, joihin luotiin alun perin mm. paineistetulla väliaineella (ilma/neste) toimivia järjestelmiä. Näitä sähköttömiä järjestelmiä käytetään vielä tänäkin päivänä muutamissa erittäin kriittisissä sotilaallisissa kohteissa, jotka

ovat teoriassa immuuneja esim. ydinpommin aiheuttamalle elektro- tai sähkömagneettiselle pulssille, joka tuhoaa sähköiset järjestelmät.

Keskitetty kiinteistöautomaatiojärjestelmä

Sittemmin tietokonepohjaiset järjestelmät alkoivat yleistyä ja kiinteistöautomaatio siirtyi DDC-säätöön (Direct Digital Control), jossa elektroninen laite (*säädin*) hallinnoi mittauksia ja niiden kautta tekee säätömuutoksia. Käyttöönotto oli toki hieman monimutkaisempaa ja esimerkiksi Suomen ensimmäisissä murtovalvontaratkaisuissa järjestelmäkomponentit piti liittää kolvaamalla johtimia toisiinsa säätimen piirikortilla. Periaate on kuitenkin yksinkertainen: monta mittausta saadaan yhdelle säätimelle, joka osaa toimia usean säätöpiirin kanssa oikein. Seuraavassa kuviossa on esitetty keskitetty säätöjärjestelmä.



Kuvio 22. Keskitetty kiinteistöautomaatiojärjestelmä

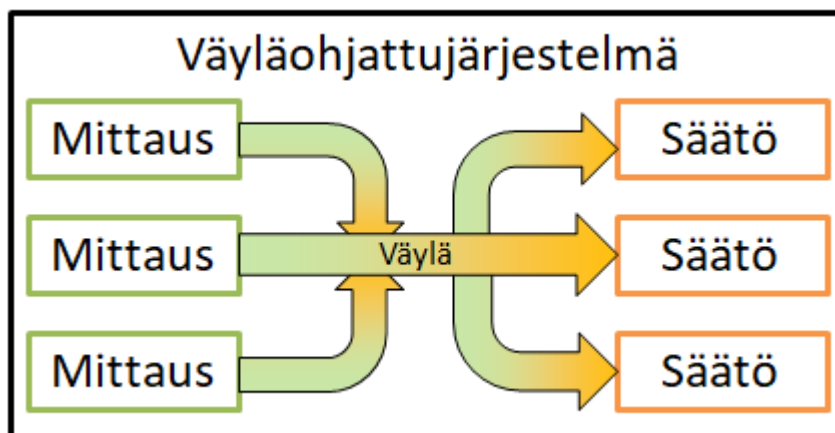
Komponenttien hinnat ovat tulleet ropisten alas. Tapasin vuonna 2012 Jarmo Aho-
sen, kun hän työskenteli Schneider-Electricillä ja olimme samassa Rakennusautomaatio Liikkeiden Liitto Ry:n (RALL Ry) tapahtumassa. Hän oli laskeskellut toimialan voimakasta edullistumista. Vertailussa oli 2001 vuodelta ns. pistehinta: ~200€/piste, kun tehtiin ns. karvalakkijärjestelmää ilman mitään energiansäästöominaisuuksia. Yllä olevassa kuviossa on 6 pistettä, joista kolme ovat mittauksia ja sama määrä säätöjä. Laitehankintojen jälkeen tulisi siis noin 1200€ työkulut kiinteistöautomaatiourakoitsijalle, jonka päälle tulee tietenkin sähköurakointi jne. (*esim. kaapelointi*). Tästä syystä esim. lämmönjakopaketeissa, joita yllä oleva kuvio kuvaa sattumalta, käytetään valmiiksi paketoituja säätimiä. Nämä voidaan asentaa tehtaalla kaikkienensa valmiiksi, jonka päälle tulee vain käyttöönottokulu, joka sekin on laskettu jo pakettiin mukaan.

Käyttöönottopöytäkirjan (*asennuksen jälkeen tehtävät kenttätarkistukset*) kustannus on noin 150€.

Vastaavasti vuonna 2012 perustoteutuksien pistehinta käyttöönotto työlle oli pudonnut jo 70...100€-tasoon. Käyttöönotto on siis nopeutunut huomasti. Mielenkiintoista on, että kiinteistöautomaatio on pystynyt pitämään kustannusjakauman melko samanlaisena. Eli esim. koko 2000-luvun työt ovat olleet noin puolet kiinteistöautomaatioprojektin kokonaiskustannuksesta, kenttälaitteet 20...25% ja säätimet/ohjelmat 25...30%.

Väyläpohjaiset järjestelmät

Nykyään halutaan vikasietoisuutta, hallittavuutta, energia- ja muita kustannussäästöjä. Tämä asettaa järjestelmälle monimutkaistuvia vaatimuksia, joihin on vastattu muilta toimialoilta tyyppillisellä hajauttamisella. Säättöjen hajauttaminen vaatii tiedonsiirtoväyliä, joiden avulla säätötekniikka voidaan sijoitella vapaasti.



Kuvio 23. Väyläpohjainen kiinteistöautomaatiojärjestelmä

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 10-16)

Laitteistot voivat siis keskustella keskenään kulmatta minkään keskitetyn laitteen kautta, joka tulkitsisi viestejä sopivaan muotoon ja ohjaisi järjestelmää pistemäisesti. Laittejärjestelmä voi muodostaa oman verkkonsa, joka siirtää vapaasti tietoja ja reagoi niihin oikealla tavalla. Tietyssä mielessä tämä on siirtymistä takaisin yksikkösäädin aikaan, mutta merkittävänä erona on, että kaikkea väylässä liikkuvaa dataa voidaan poimia ruudulle ja valvoa sitä helposti.

Pistehintaa on nykyään vaikeampi määrittää, koska yksi laite voi sisältää kymmeniä eri mittaustietoja. Esimerkiksi taajuusmuuttajista saadaan väyläkytkennällä erittäin paljon hyödyllisiä tietoja pitkäaikaisseurantoihin liitettäväksi.

3.9.2 Määritelmiä

Avoin järjestelmä

Tiedonsiirron sisältökuvaukset on tarkasti määritelty ja ne ovat helposti saatavilla. Tekniikka ei ole salaista, eikä sitä omista yksittäinen yhtiö tai konserni. Kukaan ei siis peri tekijänoikeus- tai lisenssimaksuja, eikä kiinteistön omistajaa sidota vain yhden valmistajan toteutukseen. (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 154)

Esimerkiksi BACnet-väylä on useiden yritysten hallinnoima, järjestelmä on hyvin dokumentoitu ja standardoitu, mutta sen käytöstä peritään lisenssimaksuja. BACnet ei siis ole täysin avoin järjestelmä. Vastaavasti Modbus-väylä on avoin väylä, mutta on hyvä huomata, ettei väylän avoimuus ei ole tae *kokonaisjärjestelmän avoimuudesta*.

”Talotekniikan automaatio – käyttäjän opas”-kirjassa avoimen automaatiojärjestelmän määritelmä on viety niin pitkälle, että järjestelmässä ei ole lainkaan alakeskusta, vaan järjestelmä koostuu yhteen liitetyistä laitteista, jotka muodostavat ns. solmun eli moduulin. Moduuleja voidaan lisätä lähes rajattomasti. (Suomäki J., Vepsäläinen S. 2013, 14) Tällä viitataan väyläpohjaiseen kiinteistöautomaatiojärjestelmään.

Kiinteistöautomaatio

Termille ei ole yksimielistä määrittelyä. Perinteisesti tarkoitettiin vain LVI-tekniikan hallintaan tarkoitettuja järjestelmiä. Kiinteistötekniikan monipuolistuessa määritelmä on alkanut tarkoittaa laajemmin kaikkia järjestelmiä ja raja on nykyään jo häilyvä. Kiinteistöautomaatiota tai sen synonyymejä (*rakennus-, talo- kotiautomaatio*) käytettäessä on suositeltavaa määritellä mitä kulloinkin termillä tarkoitetaan. (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 158)

Jonkin tasoinen kiinteistöautomaatio ohjaa nykyisin jo aina ns. tyhmiä osoitteettomia valoja (*esim. ulkovalot*), joiden palamista säädellään valoisuusanturilla ja aikaohjelmalla. Vastaavasti älykkäät osoitteistetut esimerkiksi liiketunnistuksen ja aikaviive-

himmennyksen sisältävät järjestelmät rakennetaan usein erikseen esim. KNX- tai DALI-väylärakenteen päälle.

Esimerkiksi LVI-Elektro perustettiin vuonna 1983, kun kiinteistöautomaatio oli erittäin huonosti tunnettu toimiala. Suomessa siirryttiin DDC-aikakauteen, jossa digitaalisesti hallittiin kiinteistötekniikkaa keskitetysti. Yhtiön nimi muodostettiin ajatuksella: ”ohjataan LVI-tekniikkaa elektronisesti” ja näin LVI-Elektro syntyi.

Väyläpohjainen järjestelmä

Komponentit välittävät käyttävät digitaalista tiedonsiirtoväylää ja melkein aina laitteistot ovat nykyään osoitteistettuja. Esimerkiksi KNX-väylään perustuvat valaistusjärjestelmät ovat osoitteistettu ja väliseinien muutoksissa valaistuspainikkeiden vaikutusalueet voidaan ohjelmoida uudelleen ilman johdotusmuutoksia.

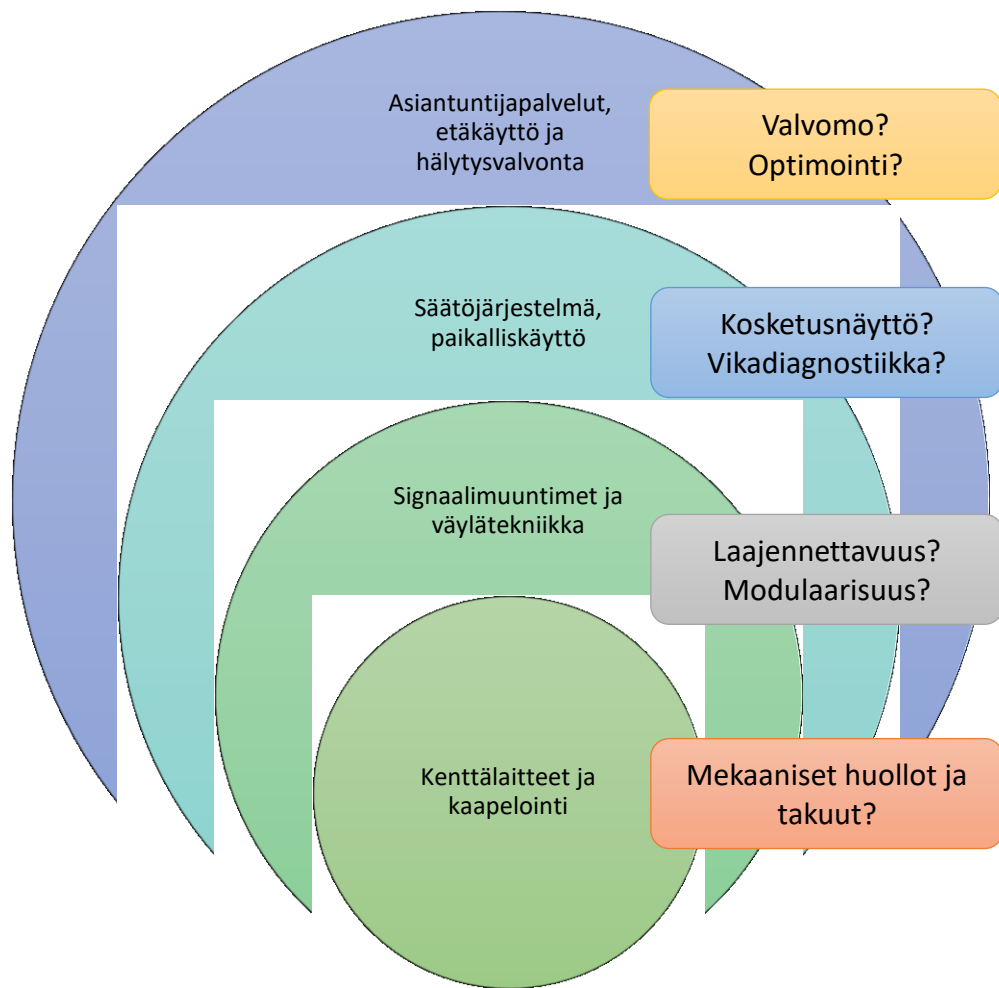
(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 161)

3.9.3 Järjestelmärakenne

Kiinteistöautomaatio ohjaa ja valvoo kiinteistötekniikan toimivuutta. Automaatiouraakoitsijan tehtävänä on tehdä älykäs kokonaisuus muiden talotekniikkaurakoitsijoiden toimittamista laitteista ja järjestelmistä.

Esimerkiksi ilmanvaihtokoneen pystyy tänäkin päivänä rakentamaan käsikäyttöiseksi, joka puhaltaa eri aikoina kahdella teholla samaa lämpötilaa termostaattisäädöllä. Jopa hälytykset voidaan tehdä ilman keskitettyä tai älykästä automaatiota erilaisin kärke tiedoin ja relein, jotka hälyttävät esimerkiksi termostaatin avulla.

Kiinteistötekniikan jokainen osakokonaisuus muodostaa oman monipuolisen ympäristönsä, jossa voidaan tehdä erilaisia valintoja. Kiinteistöautomaatio ja sähkötekniikka sisältävät laajan näkymättömän tason.



Kuvio 24. Kiinteistöautomaation eri tasot

Kenttälaitteilla tarkoitetaan mm. antureita ja ilmastointikoneen peltien kääntämi- seen tarkoitettut peltimoottorit. Kenttälaitteiden määrällä ei ole ylärajaa ja yksinker- taisimman kiinteistöautomaatioteknisen kokonaisuuden muodostaa esimerkiksi läm- pimän käyttöveden automaattinen säätäminen. Tällaisessa järjestelmässä on yksi menoveden lämpötilaa mittaava anturi, yksi venttiilirunko, venttiilimoottori ja sää- töyksikkö. Joskus vielä näkee ilman älyä olevia käyttövesisäätimiä, jotka toimivat termostaattimaisesti.

Signaaliuunnostaso ja väyläteknikka limittyvät tätä nykyä kenttälaitetasoon, koska markkinoilla on jo hyvä kattaus suoraan väyliin liitettäviä laitteita. Digitaaliset auto- maatiosäätimet eivät suoraan ymmärrä esim. vastusmuotoista lämpöanturia, vaan vastustieto pitää vastaanottaa mittapisteellä. Mittapisteeseen välittynyt vastustieto pitää muuntaa digitaaliseen muotoon, jolloin se on säätöyksikön luettavissa ja sitä voidaan hyödyntää säädöissä.

Markkinoiden järjestelmien arviointia vaikeuttaa kiinteistöautomaatioalaa voimakkaasti ohjaava tiedon rajoittaminen liiketoiminnallisen suojauksen takia. Muutamissa järjestelmissä on jo ollut viitteitä mahdollisesta kehityssuunnasta, että kiinteistöön hankittu automaatiojärjestelmä ei kykene täysin toimimaan, jos tietoliikenneyhteydet kiinteistöstä ulospäin katkeavat (*kansankielisemmin laajakaistayhteys ei toimi*). Vielä tänä päivänä on helppoa rakentaa automaatiojärjestelmä, joka toimii hyvin riippumatta laajakaistayhteydestä. Tulevaisuudessa tämä voi muuttua esim. sääennustemuotoisten säätöjen yleistyessä ja jos säätöjä ei saada parametroitua kustannustehokkaasti paikallisesti säätimien muistiin.

Paikallisia säätimiä on käyttöliittymältään kahdenlaisia: hyviä ja heikkoja. Hyvät ovat paikallisesti erinomaisesti käytettäviä ja eri järjestelmät voi tarkastaa yhdellä silmäyksellä. Esimerkiksi ilmanvaihtokoneikko saadaan periaatekuvatasolla näkyviin ja kaikki mitta-arvot näkyvät reaaliaikaisesti. Tämä helpottaa merkittävästi koneikon toiminnan tarkastamista. Heikoissa käyttöliittymissä kaikki kokonaisuudet pitää rakentaa omassa päässä ymmärrettäväksi ketjuksi. Heikot käyttöliittymät ovat erittäin pienissä kokonaisuuksissa joskus helpompia käyttää, koska niiden katselu ei vaadi salasanoja. Paras esimerkki tällaisesta on Ouman EH-203 säädin, jossa käyttäjä haluaa tarkistaa yhden lämmityspiirin tilanteen ja se on viime kerran käyttämisen jäljiltä valmiina ruudulla. Huonoin esimerkki on hälytyksiä hallitsemattomasti puskeva vanha säädin, jonka raja-arvoihin ei pääse säätimen paikallisesta käyttöliittymästä lainkaan. Tämä ongelma liittyy vielä nykyäänkin ohjelmointiosaamiseen, prosessinhallintaan ja liiketoimintastrategioihin.

Nykyaikaisissa järjestelmissä on valmius edullisesti siirtyä etähallintapalveluiden piiriin. Nykyään suositut kotimaiset järjestelmät ovat olleet tässä hyvin aikaisessa vaiheessa hereillä. Esimerkiksi Suomen suosituimmat lämmönjakopakettien säätimet (*Ouman ja Fidelix -järjestelmät*) ovat molemmat helposti liitettävissä etäyhteyksien perään. Vastaavasti esimerkiksi Danfoss ja Stenfors reagoivat hyvin myöhään etähallintatarpeisiin.

Esimerkiksi Siemens ja Schneider-Electric -yhtiöt tarjoavat erittäin kovaa osaamista omiin järjestelmiinsä, mutta vastaavasti heidän yhtiön ulkopuolista huippuosaamista on vaikea ostaa vielä tällä hetkellä. Siemens kehittää ja kouluttaa aktiivisesti omaa kumppaniverkostaan kiinteistöautomaatiosektorilla. Teollisuusautomaatiossa heillä

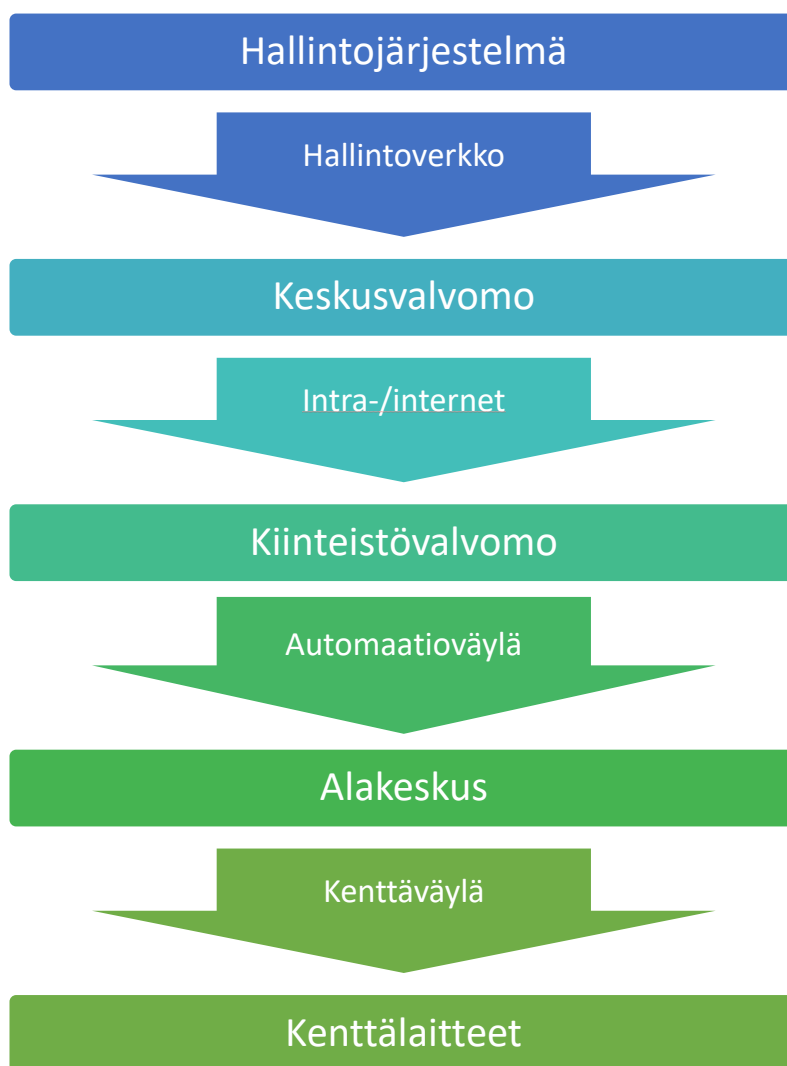
on laaja verkosto jo. Vastaavasti Schneider-Electricin liiketoimintastrategia on pitää huippuosaaminen ja hallintatyökalut heillä itsellään.

Ouman-järjestelmien peruskäyttö etänä onnistuu käytännössä keneltä tahansa ammattimaiselta kiinteistöautomaatioyritykseltä. Vastaavasti etähallinnan huippuosaamista, jossa kaikki etänä hoidettavissa olevat asiat hoituisivat etänä, on vaikea ostaa. Honeywell-järjestelmien huippuosaamista on hyvin tarjolla, koska Honeywell-partneriverkosto on rakentunut kovien ammattilaisten kautta. Toisin sanoen, Honeywell-järjestelmiä ei saa tukkuliikkeistä – vaan ne tulevat aina jonkun ammattilaisen kautta, joka kykenee hallitsemaan myymäänsä järjestelmää. Kumppaniverkoston lisäksi Honeywell-yhtiöllä on ns. oma edustuksensa Suomessa, joten osaamista on erittäin paljon tarjolla. Vastaavasti Honeywell-järjestelmän etähallintaosaamiseen ei ole ns. yleisillä etähallintayrityksillä kovinkaan hyvät valmiudet vielä tässä vaiheessa, koska jakelu tapahtuu ammattilaisten kautta.

Fidelix-järjestelmä ja kumppaniverkosto toimii käytännössä samoin kuin Honeywell, lukuun ottamatta Fidelix Fx-Genius -lämpöpakettisäädintä, jota jaellaan lämpöpaketitoimittajien kautta. Toisaalta Genius-säädin on valmiiksi paketoitu, eikä se sisällä mitään monimutkaista parametrintiprosessia. Fidelixin kaikki muut säätimet on tarkoitettu vapaasti laajennettaviksi. Fidelix Fx-20xxx-sarja ja uusi Compact ovat ammattimaisen etähallintayrityksen käsissä yhtä muokattavissa etänä kuin paikallisesti. Tämä tuo merkittäviä kustannushyötyjä esim. energiansäästöprojektissa ja muissa tilanteissa, joissa järjestelmää halutaan muokata nopeasti ja joustavasti vastaamaan käyttäjätarpeita.

Sähkötieto Ry:n näkemys kiinteistöautomaatiojärjestelmätasoista

Tekstistä ja kuvioista tulkiten seuraavassa kuviossa on esitelty kokonaisuus. Hierarkisia kiinteistöautomaatiojärjestelmän tasoja yhdistää aina jokin tiedonsiirtoratkaisu.



Kuvio 25. Kiinteistöautomaation eri tasot (Sähkötieto Ry)

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 10)

”Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka” -kirjan näkemys automaatiotasosta

Kiinteistöautomaatiojärjestelmän tasot:

1. Valvomo(t)
2. Alakeskukset
3. Kenttälaitteet

(Seppänen O., Seppänen M. 1997, 243)

Seuraavalla sivulla esitettyssä kaaviossa jako näyttää ennemminkin tältä:

1. Kaukovalvomo, jossa puretaan tiedonsiirtoväylä tietokoneelle ja ohjataan hälytykset tulostimille.

2. Tiedonsiirtoväylä ja erillisjärjestelmät (*esim. päivystyslaitteet ja hissihälytys*)
3. Koneikot (*alakeskus, kaapelointi ja kenttälaitteet*)

(Seppänen O., Seppänen M. 1997, 244)

ja kaksi sivua myöhemmin hälytysten käsittelyssä tältä:

1. Kenttälaite
2. Alakeskus
3. Valvomo
4. Sarjaliikenne (*hälytyskirjoitin*) ja puhelinverkko
5. Päivystyslaite (*esim. tekstimuotoinen hälytys*)

(Seppänen O., Seppänen M. 1997, 246)

Tämä tarkastelu osoittaa hyvin kiinteistöautomaatiojärjestelmien abstraktia luonnetta. Määrittelyt vaihtelevat reilusti ja kiinteistöautomaatiojärjestelmien rakenteen ymmärtäminen voi olla haastavaa, koska ammattilaisetkin käsittelevät tekniikkaa vaihtelevalla järjestyksellä ja ryhmäjaolla.

3.9.4 Säätojärjestelmien laajennettavuus

Markkinoilla nykyään käytännössä kahta säätojärjestelmätyyppiä:

- a) Laajennettaviksi tarkoitetut modulaariset järjestelmät
- b) Valmiit säätopaketit

Modulaariset järjestelmät ovat käytännössä aina ns. vapaastiohjelmoitavia, joissa ei ole valmiita tehdasasenteisia toiminnallisuuksia. Valmiisiin säätopaketteihin on ajettu ohjelmarunko, jota voi hieman säätää, mutta sitä ei voi täysin uudelleenkirjoittaa. Modulaarisiin järjestelmiin saa käytännössä aina graafisen käyttöliittymän. Nykyään moniin valmispaketteihin saa hyviä käyttöliittymiä erilaisilla pilvipalveluilla. Valmispaketteja aktivoidaan vielä melko harvoin pilvipalveluihin, koska valmispaketit hankitaan ”halvinta mahdollista”-strategiaa käyttäen.

Iso ero huoltoliikkeen ja muiden säätojä tekevien tahojen kannalta on: voiko järjestelmän nähdä helposti ymmärrettävinä kokonaisuuksina vai ovatko tiedot hajotettuina riveihin, joita pitää yhdistellä päässä? Kovimmat automaatioammattilaiset osaavat

rakentaa hyvän tilannekuvan huonoillakin käyttöliittymillä. Vastaavasti parhailla käyttöliittymillä maallikkokin pääsee kärryille missä mennään. Toisin sanoen arvokkaampi hankintahinta tuo kustannussäästöjä, kun ylläpitoa tekevän tahon osaamistaso vaikuttaa vähemmän järjestelmän käyttöön.

Jos säätölaitteeseen voi liittyä tietokoneella tai siinä on jonkinlainen näyttö – siihen on saatavilla yleensä jonkinlainen etäkäyttöliittymä ja hälytyksiä voidaan lähettää esimerkiksi tekstiviestein päivystäjille.

Rakennusautomaatio ei periaatteessa tule koskaan täysin valmiiksi. Järjestelmää käytettäessä henkilöstö löytää aina kehittämisalueita, jotka parantavat järjestelmän toimivuutta ja taloudellisuutta.

(Siikala ym. 2000, 41)

3.9.5 Komponentit

Karkealla jaolla automaatioissa on tyhmiä ja älykkäitä komponentteja (*osia/laitteita*). Paineletku lienee yksi tyhmimmistä komponenteista. Vastusanturi on tyhmä, koska siinä on vain lämpöelementti, jonka vastusarvo muuttuu lämpötilan mukaan. Ni1000-vastusanturin lämpöelementti on tehty nimensä mukaisesti nikkelistä ja kun elementin lämpötila on 0 °C, vastaavasti vastusarvo on 1000 ohmia. Lämpö muuttaa elementin sähkönjohtavuutta (*mitattavaa vastusarvoa*). Anturin sähkönjohtavuuskäyrä on ohjelmoitu automaatiojärjestelmään, joten vastusarvosta tiedetään, mikä lämpötila hivelee lämpöelementtiä.

Tyhvät laitteet ovat erittäin pitkäikäisiä. Yleensä rakennuksen käyttötarkoitus muuttuu tai esimerkiksi koko ilmastointikone pitää saneerata ennen vastusanturien vaihtamista. Vastusanturit rikkoutuvat tyypillisesti mekaanisen iskun tai epäpuhtauksien takia.

Älykkäiden laitteiden kuningas on päälogiikka, eli automaatiojärjestelmän säädin. Suunnitelmissa usein käytetään virallisena terminä prosessoriyksikköä, jonka englanninkielinen lyhenne on CPU (Central Processing Unit) ja kentällä usein sitä nimitetään ”seppariksi”.

Säädin on kallein yksittäinen automaatiojärjestelmän komponentti. Suuritehoiset taajuusmuuttajat ovat arvokkaampia, mutta kiinteistötekniikassa puhallinkoot ovat harvoin niin suuria. Säädin sisältää usein koko vaikutusalueensa älyn, mutta enenevässä määrin se on hallinnallinen alusta, johon muut pienemmät säätimet (*esim. huone-säätimet*) liitetään valvottaviksi ja säädettäväksi.

Automaatioelinjaksot

Automaation kulumattomiksi tulkittavat osat, joiden elinkaari on tyyppillisesti yhtä pitkä kuin koneikko, johon ne on liitetty:

- Vastustyyppiset anturit
- Instrumentointi- ja muut välikaapelit
- Paineletkut¹¹

Keskipitkä elinkaariodotus, jotka useimmiten rikkoutuvat sähkönsyötön häiriöiden takia. Näiden laitteiden asianmukainen dokumentointi on erittäin kriittistä:

- Säätimet¹²
- Liitäntäpisteet (I/O-kortit)
- Mittalähettimet

Kuluvat osat, joiden toiminta tulee tarkastaa säännöllisesti:

- Peltimoottorit
- Venttiilimoottorit
- Ilmastointijärjestelmien kanssa yhteiset, esim. hihnat

Elinkaarinäkökulmasta erikoislaitteet:

- Valvomolaitteet, joiden elinkaariodote on 10 vuotta. Valvomolaitteet vanhenevat nykyään erittäin nopeasti, vaikka ne teknisesti toimivatkin, niiden tietoturva muuttuu riskitekijäksi ja niiden vaihtotarvetta pitää arvioida.

¹¹ asennuksessa tulee olla huolellinen ja varmistaa, ettei mittayhteeseen asetettuun paineilemaletkuun kohdistu jännitystä. ja käytettävä paineilemaletku on oikein valittu yhteisiin nähden, eikä IV-konetilassa ole merkittäviä lämpökuormia

¹² olettaen, että sähkönsyöttö on vedetty vähintään ns. reguloivan UPS-laitteen lävitse, joka normalisoi ylijännitteet ja alijännitteet. Säätimien yleisin rikkoutumissy on epävakaa sähkönsyöttö ja kenttäväylään työntyvät sähköhäiriöt (esim. ukkonen).

Nykyään monesti raitiskanavassa (ennen suodatinta) ei ole enää anturia, vaan tätä tietoa varten käytetään ulkolämpöanturilta tulevaa tietoa, jonka lämpötila on käytännössä sama. Lukuun ottamatta esimerkiksi tilannetta, että palava pelikaani iskeytyisi raitisilmakanavaan... mutta tällöin lienee suurempiakin ongelmia, kuin virheellinen anturitieto.

Ulkoanturit ovat muovikoteloituja samalla toimintaperiaatteella toimivia, mikäli kohteessa ei ohjata ulkovaloisuusperusteisesti ulkovaloja. Mikäli ulkovaloja halutaan ohjata päälle, kun hämärtää ja sammuttaa ne kirkkaassa päivänvalossa - tarvitaan ulkovaloisuusanturi. Esimerkiksi Pro dual-anturivalmistaja tarjoaa tähän käyttötarkoitukseen laitetta, jossa on molemmat: ulkovaloanturi ja ulkolämpöanturi.

Ulkovaloisuus voidaan tuottaa myös vastusarvopohjaisesti, mutta nykyään tällaisia laitteita näkee enää harvoin. Yleisin signaalimuoto on jänniteviesti, jossa pilkkopimeällä (0 lux) lähetin ei anna mitään jännitettä (0 voltia) ja päivänvalossa (esim. 1000 lux) lähetin antaa maksiminsa (10 voltia). Käyrä on yleensä lineaarinen, eli puolet (esim. 500 lux) on 5 voltia. Pro dualin yhdistelmälaiteessa Lux34 molemmat mittaus-tiedot (ulkolämpö ja -valoisuus) muunnetaan 0...10V-tiedoksi.

Lähettimet ovat vikaantumisherkempiä, koska ne sisältävät elektroniikkaa. Jos laitteessa on vielä näyttö - se muodostaa vielä oman vikaantumisriskinsä. Toisaalta näyttö pelastaa usein muilta ongelmilta ja helpottaa erityisesti vaikeiden erikoistilanteiden selvittämistä. Nykysuunnittelussa on yleistynyt, että työselostuksessa määritellyt paine- ja paine-erolähettimet varustetaan näytöllä.

Ennen oli lähetinyksikkö ja viisarinäyttö erikseen. Nykyään näkee jonkun verran esimerkiksi nestepainepuolella, että painelähtetimestä on näyttö ja sen lisäksi on viisarimittari. Tämä onkin usein hyvä ratkaisu, koska nestepaineissa on melko paljon häiriöitä. Järjestelmän toiminta on helppo tarkastaa kohdekäynnin yhteydessä, kun voi verrata viisarimittaria näytöllä olevaan lukemaan. Näin on toimittu myös JAMK:n rakennusautomaatiolaboratorion (RAUTU) pienellä paisuntasäiliöllä.

Keskitasen älykkäät laitteet kattavat mm. moottoriventtiilit, joita käsketään automaatiosta käsin eri asentoihin riippuen esimerkiksi tarvittavasta lämpötilasta. Käyttövesiventtiili on hyvä esimerkki erityisen kovan mekaanisen rasituksen kohteeksi joutuvasta moottoriventtiilistä ja se usein onkin ensimmäisenä vaihdettava venttiili.

Erityisen vikaantumisherkkiä ovat 3-pisteohjatut istukkaventtiilit, jos niitä käytetään käyttövesipiirissä kohteessa, jossa käyttöveden käyttö on vaihtelevaa ja runsasta. Näissä on (esitellyn vikaantumisherkan karan lisäksi) reletoinnallisuus, joka rikoontuu joko venttiilimoottorissa tai ohjaavassa automaation releyksikössä.

Moottoriventtiilien säätö on luonteeltaan: "Nyt on liian kuuma, ole hyvä ja sulkeudu... no nyt meni liian kylmäksi ole hyvä ja avaudu.". 3-pisteohjatun venttiilin säätäminen tapahtuu siten, että sulkeutumistiedolla ja avautumistiedolla on omat releensä. Rele vetää niin kauan kuin automaatio käskee sitä joko sulkeutumaan tai avautumaan.

Jänniteviestiohjatun (0...10V) venttiilin tai muun toimilaitteen säätöviesti on yksiselitteinen. Esimerkiksi sähkökatkotilanteessa venttiilin ajoprosessin keskeydyttyä, venttiili ajaa sähköjen palauduttua itsensä haluttuun asentoon. 3-pisteohjattu venttiili ei sen sijaan välttämättä tiedä asentoaan ennen sähkökatkoa ja sähköjen palauduttua asento on nollaantunut automaatiossa.

Monissa vanhoissa järjestelmissä 3-pisteohjatuille laitteille piti asettaa avautumisaika (samalla sulkeutumisaika), jonka laskuri tyhjentyi sähkökatkoissa. Tämän jälkeen 3-pisteohjattu laite puuhailee ihan omiaan, eikä säädä enää piiriä oikein. Tällöin laite ja säätöpiiri pitää mennä kalibroimaan paikan päälle, eli ajaa väkisin (esim. käsiohjauksella) venttiili kiinni ja resetoida säätöpiiri.

3.9.6 Esimerkki järjestelmävertailusta

Eräs asiakas halusi vertailla pöydällä olevia tarjouksia järjestelmäteknisesti, joten molemmat järjestelmät vertailtiin keskeisiltä ominaisuuksiltaan, joilla voisi olla merkitystä elinkaarikustannusten (*laajennettavuus, takuut jne.*) ja ylläpidettävyyden (*kotimaisuusaste, asiantuntijaresurssit...*). Viimeisessä vertailuvaiheessa kotimainen Fidelix ja saksalainen DEOS olivat vertailussa. Jarkko Turunen (*Assemblin, DEOS-tuotepäällikkö*), Sami Tuikkala (*RAU-Service, DEOS-myynti*) ja Matti Yliknuussi (*Teollisuuden energiatehokkuus-, kehitys- ja elinkaaripalvelut*) listasivat DEOS-ominaisuudet. Vastaavasti Jussi Rantanen (*Fidelix, toimitusjohtaja*) ja Jukka Joensuu (*Fidelix, tuotepäällikkö*) listasivat Fidelix-ominaisuudet keväällä 2017.

Taulukko 11 Fidelix ja DEOS -järjestelmävertailu

Vertailurivi	Tarkenne	Fidelix	DEOS
1 Kotimaisuus	Valmistus/tuotekehitys	Kyllä (>80% kotimaisuusaste)	Ei (Saksa)
2 Kotimaisuus	Järjestelmän omistaja	Fidelix Oy (Suomi)	DEOS AG (Saksa)
Asiantuntijat	Suomen korkein edustaja	Fidelix Oy (valmistaja)	Assemblin Oy (maahantuoja)
Asiantuntijat	Suomen ohjelmointiyrietykset	>40 yhtiötä	Noin 4 yhtiötä
Hälytykset	Alerta-rajapinta	Kyllä	Kyllä
Hälytykset	BACnet-lähetys	Tulossa	Säätimellä
Hälytykset	BACnet-vastaanotto	Tulossa	Valvomossa
Hälytykset	EspaX-rajapinta	Ei	Valvomossa
Hälytykset	ipHSJ-rajapinta (ISS)	Kyllä (AT-komennot)	Kyllä
Hälytykset	Jatkohälytysrele	Kyllä	Helposti ohjelmalla
Hälytykset	Puhelinsoitto	Kyllä, erillisellä robotilla	Kyllä, erillisellä robotilla
Hälytykset	Sähköposti	Kyllä (aina)	Kyllä (2017 lähtien)
Hälytykset	Tekstiviestit	Säätimeen GSM-robotti	Säätimeen GSM-robotti
Käyttöliittymä	Graafinen, ilman valvomoa	Kyllä (aina)	Kyllä (aina)
Käyttöliittymä	Kosketuskäyttöliittymä	Kyllä, valittavissa	Kyllä (aina erikseen)
Käyttöliittymä	Säätökäyrien visualisointi	Aina (automaattinen)	Kyllä (kirjastosta)
Käyttöliittymä	Vaatii ohjelmia (esim. Java)	Ei. Chrome jne. selaimet ok	Ei. Chrome jne. selaimet ok
Käyttöliittymä	Vektorigrafiikat	Tulossa	Kyllä (2017 lähtien)
Raportointi	Käyttötuntilaskenta	Vakiona	Helposti ohjelmalla
Raportointi	Säätimessä graafiset trendit	Kyllä (20.000 näytettä/piste)	Kyllä (70.000 näytettä/piste)
Raportointi	Trendiryhmäpisteet (säädin)	Kyllä, 6	Ei, 1 kerrallaan
Raportointi	Trendiryhmäpisteet (valvomo)	Kyllä, rajoittamaton	Kyllä, rajoittamaton
Raportointi	Trendit helposti Exceliin	Kyllä	Kyllä
Takuut	Säätimet, moduulit, muut	1 vuosi	2 vuotta
Tekn. (liitos)	BACnet MSTP (parikaapeli)	Tulossa	Pitää valita sopiva prosessori
Tekn. (liitos)	BACnet TCP/IP (verkkokaapeli)	Tulossa	Pitää valita sopiva prosessori
Tekn. (liitos)	Ethernet (TCP/IP)	Vakio + muutokset paneelilta	Vakio + muutokset paneelilta
Tekn. (liitos)	Kenttälaitteet: 0...10VDC	Kaikki käyvät	Kaikki käyvät
Tekn. (liitos)	Kenttälaitteet: 0...20mA	Kaikki käyvät	Kaikki käyvät
Tekn. (liitos)	Kenttälaitteet: Vastusanturit	Kaikki käyvät	Kaikki käyvät
Tekn. (liitos)	Modbus RTU	Aina vakiona	Kyllä, osassa optiona
Tekn. (liitos)	Modbus TCP/IP	Aina vakiona	Kyllä, osassa optiona
Tekniikka	Käyräsäätöpisteet	Rajoittamaton	Rajoittamaton
Tekniikka	Moduulien liittimet	Vain ruuvit (ei pikaliitääntää)	Vain ruuvit (ei pikaliitääntää)
Tekniikka	Moduulit, koteloitu	Kyllä (Compact-sarja)	Kyllä, aina
Tekniikka	Moduuliväylä (max. mitta)	Modbus RTU (1,2km)	CAN-väylä (5km)
Tekniikka	Prosessoriarkkitehtuuri	TeollisuusPC+Win CE	Logiikkaprosessori
Tietoturva	Palvelunestohyökkäyssuoja	Kyllä (verkkokortti sammuu)	Kyllä (verkkokortti sammuu)
Tietoturva	Säätimissä palomuuuri	Kyllä	Kyllä
Vuosikulut	Laitteisto	Asiakkaan omaisuutta	Asiakkaan omaisuutta
Vuosikulut	Lisenssit (säädin, valvomo...)	0€ (kertakorvaus urakassa)	0€ (kertakorvaus urakassa)
Vuosikulut	RAU-ohjelmat	Asiakkaan omaisuutta	Asiakkaan omaisuutta

3.9.7 Kuluttajien kiinnostus ja toiveet

Tilanneohjaukset (*automaatio*) kiinnostavat asukkaita, mutta erilaisten käyttöprofiilien määrittäminen koetaan haastavaksi. Edullinen hinta ja vaivattomuus ovat keskeisiä ostokriteerejä. Valaistuksen ohjauksessa liiketunnistimet ja himmentimet ovat jo tuttua tekniikkaa. ”Kotona/Poissa”-kytkin koetaan käytännölliseksi, kun siihen sisältyy esimerkiksi venttiilien sulkeutuminen, ilmanvaihdon minimiteholle siirtyminen ja asuttavuutta jäljittelevä valaistus. Myös teknisiin turvaratkaisuihin suhtaudutaan myönteisesti.

(Talotekniikkaa kaikille 2017, 19-20)

Perustoiveena ohjausjärjestelmille on: ”Käyttäjä hallitsee tilaa, eikä tila hallitse käyttäjää.”. Helppo, turvallinen ja muunneltava ohjausjärjestelmä on asumiskiinteistöissä asiakkaita kiinnostavin lähtökohta. Keskeiset näkökulmat:

- Automaattisuus: olosuhdesäädöt toimivat itsenäisesti ja vikatilanteet havaitaan → hälytys. Manuaaliohjausmahdollisuus koetaan tärkeäksi, erityisesti vikatilanteissa.
- Tilanepohjaisuus: selkeät lähtöprofiilit ja oppiva järjestelmä, joka tekee optimointia
- Monikanavaisuus: käyttäjällä perinteiset painonapit, puheohjaus, kannettavat laitteet sekä mahdollisuus ammattiapuun etähallinnalla/-diagnostiikalla
- Helppokäyttöisyys: keskitetty käyttöliittymä, joka voi tuottaa jopa elämyksiä
- Personointi ja päivitettävyys: Henkilökohtaisuus käyttöliittymissä, lisäpalvelumahdollisuudet ja päivitykset ovat huomioitu
- Vertailtavuus: Käytön seuranta ja vertailu ovat mahdollistettu esim. taloyhtiön ja kaupunginosan tasolla. Liittyminen ympäristön palveluihin toimivaa ja valinnaista.

(Talotekniikkaa kaikille 2017, 29)

3.9.8 Älyrakennus

Älyrakennuksille on useita määritelmiä. Esimerkiksi autoteollisuuteen verraten yhtenä mittarina voitaisiin pitää mikroprosessorien määrää. Rakennuksessa pitäisi olla vähintään 300 mikroprosessoria, jotta rakennusta pidettäisiin keskimäärin älykkäänä. Äly on parempi määrittää lisäarvon kautta, esimerkiksi näin: ”Tietotekniikkaa hyö-

dyntävä rakennus, joka on tehokas, viihtyisä ja turvallinen.”. Tekniikan tulee olla näkymätöntä ja esteetöntä. Tavoitteena on luoda helpot käyttöliittymät, jotka eivät vaadi käytön opiskelua. (Talotekniikkaa kaikille. 2007)

Käyttäjälähtöisen käyttökokemuksen suunnitteluprosessin ohjauksessa ja vuorovaikutuksessa tulisi huomioida ainakin nämä viisi porrasta, jotka ovat kytkettyinä toisiinsa:

- 1) Löydettävyys
 - a. löydettävyys käyttöliittymältä, tiedottaminen
- 2) Luotettavuus
 - a. toimivuus, virheettömyys
 - b. tietoturva vs. turvallisuuden tunne
 - c. käyttäjän luotettavuus ja osaaminen
- 3) Olennaisuus
 - a. toiminnallisuus, vastaavuus tarpeisiin
 - b. oikea-aikaisuus, soveltuvuus käyttötilanteeseen
 - c. vrt. käyttäjän tarpeet
- 4) Käytettävyys
 - a. helppokäyttöisyys, opittavuus, tehokkuus
 - b. vrt. käyttäjän osaaminen
- 5) Kokemus
 - a. mielihyvä, elämyksellisyys, positiivinen yllätyksellisyys, ilahduttaminen
 - b. vrt. käyttäjän arvostukset

(RIL 267-2015. 2015, 107)

3.9.9 Kiinteistöautomaatiolaitteiden vikaantumisesimerkkejä

Yleisimpiä automaatiolaitteistojen valmistuksellisia vikoja ovat olleet mm. vialliset komponentit (paine-erolähtetimet), virheellisesti toimiva elektroniikka (säätimet) ja komponenttien kiinnitykseen liittyvät ongelmat laitteessa (liityntäpistekortit).

Haitallisen asennusympäristön ja -paikan valinnan lisäksi tyypillisin asennusvirhe on sähköisiin kytkentöihin liittyvät virheet. Taajuusmuuttajat ovat yksi harmillisimmista virhekytkentäpaikoista, koska pieniä taajuusmuuttajia ei käytännössä voida kustannustehokkaasti huoltaa, joten arvokas laite menee SER-kierrätykseen sellaisenaan.

Tyypillisin ongelma automaatiokytkennöissä on huolimattomuus jännitekeston ja polariteetin kanssa. Tasajännitelaitteet eivät kestä vaihtojännitettä ja rele-pisteet eivät vaihtelevasti kestä 230VAC-jännitteitä. Esimerkiksi Centraline (osa Honeywell - konsernia) yhdistelmämoduuli (CLIO831A) ei kestä 230VAC-jännitettä rele-pisteillään, mutta pelkkä rele-kortti (CLIO824A) kestä 230VAC-jännitteen.

Erilaisia kortteja on usein vierekkäin kytkentäkaapissa ja joskus kaapinvalmistuksen yhteydessä ei ole muistettu määritellä valmiiksi sopivia apureleitä, jotka eristävät 230VAC-jännitteen toisiopuolelle ja ensiöpuolelle kytketään vain ohjauskärki. Tällöin eroavaisuudet korttien välillä helposti unohtuvat. Yhdistelmämoduuli ei kuitenkaan yleensä polta pisteitään jännitteettömänä, joten tämän virheen saa joskus anteeksi¹³.

Virhekytkennät valvonta-alakeskuskaapin (VAK) sisällä ovat erityisen haitallisia, koska niiden vaikutukset voivat ulottua kenttälaitteisiin saakka. VAK on solmukohta, jonka sisällä on useiden tuhansien eurojen laitteet ja suoraan siihen liitettynä voi olla kymmenien tuhansien eurojen järjestelmä. Pienjännitesyötön ja pääsyötön sotkeminen voi aiheuttaa koko heikkovirtalaiterympäristön palamisen¹⁴.

Harvinaisempi, mutta joskus esiintyvä laiterikko muodostuu kaapeleihin indusoitu-neista jännitteistä. Kytkentöjä tehdessä oletuksena on, että kaapeli ei sisällä ulkoisia jännitteitä, mutta tämä ei joissakin erikoistilanteissa pidä paikkaansa. Kaikkia kaapeleita ei voida nykyisen kustannuspaineen takia mitata, eikä asiakkaasta välttämättä tuntuisi mielekkäältä maksaa työstä, josta ei miltei koskaan saada mitään lisäarvoa.

Eräässä kohteessa vaihdettiin vanha automaatiolaitteisto uuteen ja yksi vanha häiriösuojaton kaapeli jostain syystä keräsi kärkitietona käytettyyn johtimeen noin 60VAC-jännitteen, kun se oli hetken aikaa irtikytkettynä. Uuteen järjestelmään kytkettynä se poltti pisteen kortilta, kirjaimellisesti, koska pienehkö savupilvi nousi kortilta. Kortti

¹³ Tarkastin erään kaapin ja havaitsin tämän virheen ennen pääkytkimen ylösajoa.

¹⁴ En ole todistanut kertaakaan tällaista täydellistä tuhoa.

toimi muuten moitteetta ja kortilla oli paljon varapisteitä, mutta se vaihdettiin silti, jotta mitään epämääräisiä ongelmia ei ilmenisi myöhemmin.

3.9.10 Automaatiojärjestelmän huoltaminen

Kuluvien osien uusimisen lisäksi mm. aikaohjelmien, olosuhdesäätöjen ja -sektorien päivittäminen ovat tärkeitä ylläpidollisia tehtäviä.

Automaatioprosessien suunnittelun budjetti pyritään yleensä minimoimaan, joten virhevalvonta ei ole aukotonta. Tämän takia myös automaatiojärjestelmä tulisi tarkastaa ammattilaisen toimesta ajatuksen kanssa säännöllisesti.

Ilmastointijärjestelmien kanssa yhteisten komponenttien (esim. hihnat) huoltamistyörajoituksista on syytä huolehtia erityisesti, ettei niitä huolleta tarpeettomasti aina kahdesti tai pahimmillaan jätetä huoltamatta. Esim. pyörivän lämmöntalteenoton hihnan rikkoutuminen aiheuttaa merkittävää energiantuhlausta ja kustannuksia. Hihnan tarkastaminen on erityisen tärkeää jos hyötysuhdelaskentaa ei ole määritelty erittäin tarkasti, eikä pyörimisvahtihälytystä ole saatavilla.

3.9.11 Harmaat urakkarajat automaatiossa

Automaation alku- ja loppupiste on vaikea määrittää teknisesti. Hyvä raja on käyttää esimerkiksi yleisiä urakkarajoja, joissa automaation toimittamat järjestelmät on määritelty. Taajuusmuuttajat ovat esimerkiksi laite, joiden toimitus vaihtelee automaatiourakoitsijan ja esimerkiksi ilmastointiurakoitsijan välillä.

Urakkarajojen määrittely ei aina onnistu, johtuen urakoitsijoiden erilaisista osaamistasoista johtuen. Esimerkiksi yhdessä puolustusvoimien projektissa automaatiourakoitsijalle oli selvää, ettei ilmastointiurakoitsijalla ollut riittävää osaamista taajuusmuuttajien tavallista monimutkaisemman parametroidin suorittamiseksi. Automaatiourakoitsija tarjosi parametroidintyötä heille. Luonnollisesti IV-urakoitsija ei tilannut ”ylimääräiseltä kustannukselta” vaikuttavaa tarjousta ja painittuaan useamman päivän asian kanssa – pyysi apua automaatiourakoitsijalta. Kustannuksista jouduttiin vääntämään.

Hankintarajojen määrittelyssä tulisi huomioida kaikista rajapinnoista hankinta- ja urakkarajapiirustus, josta käyvät ilmi:

- 1.1) Laitteiden toimittaja
- 1.2) Laitteiden asentaja
- 1.3) Laitteiden perustoimintojen ohjelmoija
- 1.4) Laitteiden kytkijä
- 1.5) Laitteiden testaus

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 113)

Suoritetaan edellä esitetyn listan käytännön tarkastelu esim. taajuusmuuttajan näkökulmasta seuraavaksi. Laitteiden toimittaja oli ilmastointiurakoitsija ja asentaja on oletusarvoisesti sama. Laitteiden perustoimintojen ohjelmoija (1.3) on heti hankala. Ilmastointiurakoitsija voi vedota, ettei monipuolisista käyttöönottomahdollisuuksista johtuen voi täysin tietää mikä parametrintimalli pitäisi laitteelle asettaa ja se riippuisi kiinteistöautomaatiourakoitsijasta. Todellisuudessa taajuusmuuttajien toiminnallisuudet on esitetty toimintakaavioissa, mutta niiden tulkitseminen integraatioita vähäisissä määrin tehneille urakoitsijoille on hankalaa. Lisäksi kytkentädokumenttien toimittaminen IU:lta (*ilmastointiurakoitsija*) → AU:lle (*kiinteistöautomaatiourakoitsija*) voi tuntua ylimääräiseltä kustannukselta IU:n mielestä.

Laitteiden kytkentä (1.4) on taajuusmuuttajassa kaksiosainen prosessi, joka on yleensä hyvin kirjattuna työselosteeseen, mutta puuttuu urakkarajaliitteestä. Työseloste kuitenkin korjaa pätevyysjärjestykseltään asian. Työseloste sisältää yleensä kirjauksen, jossa todetaan kiinteistöautomaatiourakoitsijan kytkentävastuulle kuuluvan kaikki johtimet 24V-jännitteeseen saakka ja sitä korkeammat kuuluvat sähköurakoitsijan vastuulle. Suomessa 25...229V-jännitealueella ei käytännössä ole uudiskohteissa lainkaan laitteita. Ns. heikkovirtalaitteiden jännitteet päättyvät 24V:iin ja varsinaisilla sähkölaitteilla on kahta jännitettä. Yksivaiheiset laitteet kytketään 230VAC-jännitteelle ja kolmivaiheiset laitteet 400VAC-jännitteelle. Toisin sanoen, taajuusmuuttajan kiinteistöautomaatioon liittyvät kytkennät tekee yleensä AU. Sähköistyksen, eli käyttöjännitteiden kytkennän (*yleensä 400VAC*) tekee SU.

Useiden urakoitsijoiden liittyminen puhallinmoottoriin kytkettyyn taajuusmuuttajaan aiheuttaa tietenkin haasteen loppuvaiheessa eli testauksessa. IU vastaa puhaltimen oikean tehon määrittelystä, AU teho-ohjauksen toimivuudesta ja SU pyörintäsuun-

nasta sekä varolaitteiden toiminnasta (*turvakytkimet jne.*). Kerran on ollut tilanne, jossa SU on valinnut oikein EMC-häiriösuojatun kaapelin, mutta kaapelin loppuessa yllätyksellisesti kesken – SU oli jatkamassa EMC-kaapelia rasiassa, joka ei ollut EMC-suojattu. Tämä olisi aiheuttanut myöhemmin mahdollisesti epämääräisiä vikoja automaatio- ja muissa sähköisissä järjestelmissä.

3.10 Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät

Tiedonsiirtoväylät ovat tulleet osaksi koko kiinteistötekniikkaa, mutta useimmiten niiden hallinta ja hyödyntäminen kulkee kiinteistöautomaation kautta. Lukemista ja tiedonkeruuta tehdään usein itsenäisillä järjestelmillä. Tutuin esimerkki lienee etälueuttavat sähkö- ja lämpöenergiamittarit, jotka nykyään luetaan väylältä. Vanha tapa oli lukea ns. pulssia, jossa sähköinen piiri sulkeutuu muutamaksi millisekunniksi ja avautuu. Näiden avautumisien ja sulkeutumisten perusteella voidaan laskea, paljonko energiaa kuluu, kun niiden säännöt on asetettu oikein.

Väylältä lukeminen on luotettavampaa. Mittaustulos otetaan aina lukuarvona, eikä kumulatiivisena (*pinoutuvana*) tietona. Pulssimittauksen häiriössä, voidaan esim. hukata useita pulsseja ja niiden häviämisestä ei saada tietoa missään prosessin vaiheessa automaattisesti. Vasta esim. vuosittain tapahtuvassa tarkistuslaskennassa havaitaan virhe ja korjataan poikkeama. Väylältä tuleva tieto kertoo joka lukukerralla arvon, johon ei vaikuta aiempi lukema lainkaan.

3.10.1 Mihin tiedonsiirtoväyliä tarvitaan kiinteistöissä?

Alla esimerkkejä:

- Energiayhtiöt tarjoavat nykyään euroja takaisin kiinteistönomistajille:
 - Kysynnän jousto (*sekundaarisia kuormia suljetaan piikkilanteissa*)
 - Energiareservit (*energiavarastojen käyttäminen piikkilanteissa*)
 - Kiinteistön tarjoaman energian (*esim. aurinkopaneelit*) ja energiayhtiöltä ostettavan energian käyttösuhteenoptimointi ja mittaaminen
- Huoneolosuhdehallinta:
 - Lämpötila, kosteus, hiilidioksidi...

- Läsäölo, valaistus, kaihtimet...
- Ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät
- Turvallisuus:
 - Video-, murto- ja kulunvalvonta
 - Kiinteistötekniikan vikatilanteiden ja ongelmien valvonta
 - Paloturvallisuus
- Varaus- ja työaikatiedot (esim. toimistot, hotellit...)

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 35-36)

3.10.2 Suomen kiinteistöjen väylätekniikoiden topologiat

Väyliä on fyysisellä tasolla käytännössä kolmea tyyppiä:

- 1.1) Parikaapelipohjaiset väylät (*esim. Modbus RTU ja BACnet MSTP*)
- 1.2) TCP/IP-väylät (*ns. normaaliverkkotekniikka, esim. Modbus TCP/IP*)
- 1.3) Langattomat väylät (*esim. EnOcean*)

Kaikki väylät, jotka ovat muutettavissa 1. muodosta (*parikaapeli*) 2.muotoon, voidaan aina siirtää tarvittaessa myös langattomasti. TCP/IP-väylät voidaan aina muuntaa langattomiksi. Langattomuudessa on edelleen paljon puutteita mm. luotettavuudessa, joten sitä ei tule käyttää kriittisissä säädöissä. Vastaavasti langattomuutta voidaan käyttää hyvinkin, jos esimerkiksi kahden rakennuksen sisällä on oma päälogiikka ja näiden välillä vaihdetaan toissijaisia tietoja – tai ykkösrakennukseen tullaan etänä ja siirrytään kakkosrakennukseen langatonta tiedonsiirtoväylää pitkin.

Väylätopologialla tarkoitetaan laitteiden välisiä suhteita runkoväylän ja päätelaitteen näkökulmasta. Väylätopologiassa on kaksi tasoa:

- Fyysinen topologia: tästä voi piirtää kaavion seuraamalla kaapeleita
- Looginen topologia: verkon toimintaperiaate

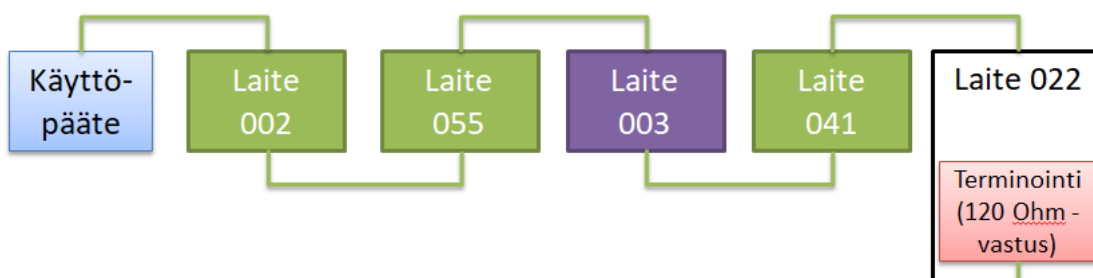
Väylätopologioita on useita. Käytännössä Suomen kiinteistöissä käytetään kolmea topologiaa:

- 2.1) Väylätopologian puoliterminoitu ketju¹⁵
- 2.2) Rengastopologia
- 2.3) Tähtitopologia

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 55-61)

Väylätopologian puoliterminoitu ketju

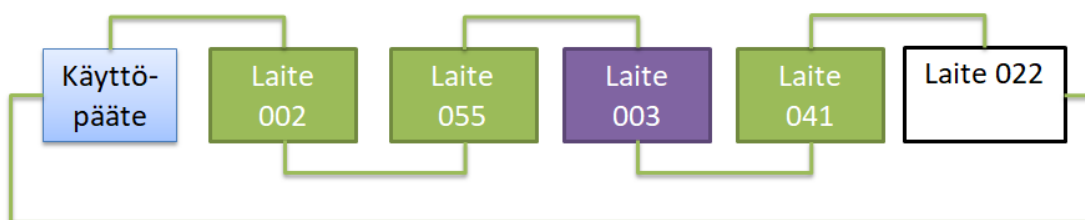
Ketjuun kytketty laitteisto alkaa fyysisesti yhdestä pisteestä ja päättyy toiseen pisteeseen. Väylä on siis edellä esitettyjen listausten mukaisesti: 1.1 + 2.1. Osoitteistus voi olla eri kuin väylän fyysinen rakenne, eikä se häiritse väylän toimintaa. Tämä johtuu tiedonsiirron säännöistä, jossa jokaisen laitteen tiedoille on oma paikkansa ja ne järjestetään (*pinotaan*) osoitteiden – eikä vastaanottojärjestyksen mukaan. Alla olevassa kuviossa esimerkki:



Kuvio 26 Fyysisen ja loogisen topologian irrallisuus osoitteistuksessa

Rengastopologia

Puhtaassa rengastopologiassa aloitetaan yhdestä pisteestä, kierretään väylälaitteet ja palataan lähtöpisteeseen. Eli järjestelmästä muodostuu rengas. Alla esimerkki:

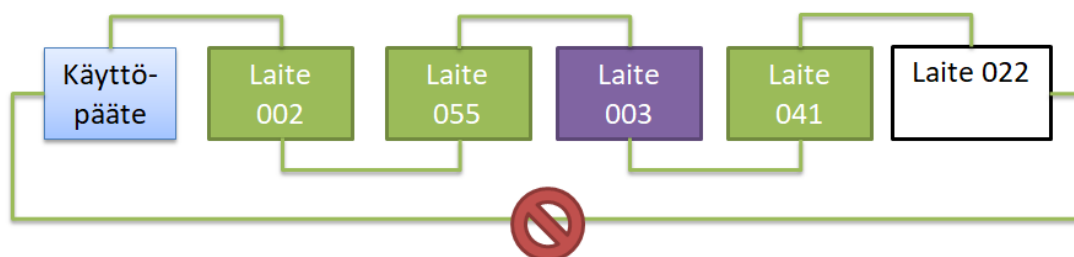


Kuvio 27 Rengastopologia. Ei kuvaa laitteiden välimatkaa.

Rengastopologian toiminnallinen voima on sen vikasietoisuus. Oikein rakennettuna yhden kaapelivälin menettäminen ei vaikuta järjestelmän toimintaan lainkaan, koska

¹⁵ Teknisesti puutopologian erikoistapaus, jossa yksi haara muodostaa koko väylän

tietoa voidaan kuljettaa vapaasti molempiin suuntiin. Alla olevassa esimerkissä ollaan vasta pudottu ketjutopologian tasoon:



Kuvio 28 Rengastopologia, jossa yksi kaapeliväli on menetetty.

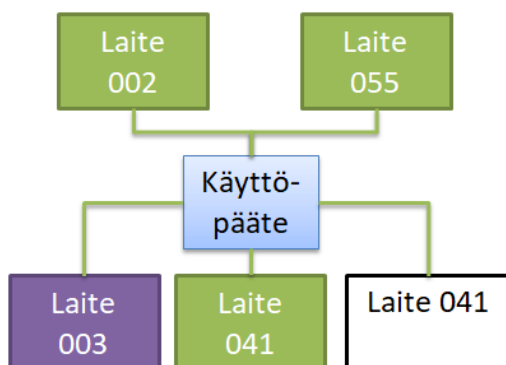
Vastaavasti ketjumaisessa topologiassa yhden kaapeliyhteyden menettäminen halvauttaa pahimmillaan koko järjestelmän. Ks. esimerkki:



Kuvio 29 Ketju, jossa ensimmäinen kaapeliväli on menetetty.

Tähtitopologia

Tähtitopologiassa kaikki laitteet kytketään tähtimäisesti samaan aloituspisteeseen. Ks. alla oleva kuvio:



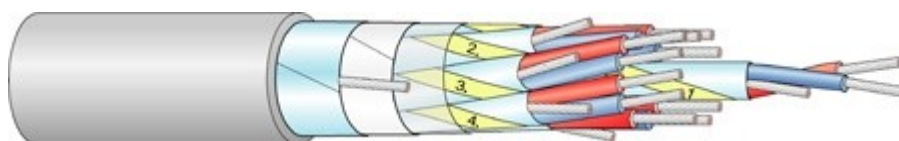
Kuvio 30 Tähtitopologia

Tämän topologian etuna on, että jokainen aloituspisteeseen kytkettävä laite on "omillaan", eli minkä tahansa kaapelivälin menettäminen estää vain yhden laitteen

kommunikoinnin aloituspisteelle. Tämä voi helpottaa pikaratkaisujen ja varsinaisen korjauksen tekemistä.

Kaapelointi ja tiedonsiirto

Kaikkia edellisiä topologioita voidaan kuljettaa erilaisten fyysisten kaapelien lävitse. Käytetyimmät väyläkaapelit ovat pareittain häiriösuojattuja kaapeleita. Kaapeleiden markkinointinimitykset vaihtelevat valmistajittain, mutta esim. JAMAK-kaapelista puhutaan kenttätilanteessa riippumatta puhuuko valmistaja vaikkapa KJAAM-kaapelista.



Kuvio 31 Reka Kaapeli Oy:n valmistama KJAAM-kaapeli

(KJAAM-kaapeli. n.d.)

Yleistietoverkkokaapelointina käytetään nykyään CAT6-kaapelia, joka eroaa instrumentointikaapeleista, koska siinä eri parit on ns. parikierretty – eli jokaisen parin kierron tiheys on erilainen. Tämä auttaa signaaleiden erottamista toisistaan eikä sotke niitä keskenään. Verkkokaapeleita mitanneet tietävät, että neljän parin (*kahdeksan johdinta*) keskinäiset pituudet samassa kaapelissa siis vaihtelevat, kun jokainen pari on ”pakattu” joko tiheämpään muotoon tai väljempään.

Valokuitukaapelit yleistyvät nyt, kun hintataso on pudonnut merkittävästi ja valokuituverkon mahdollistama tiedonsiirtonopeus ja häiriöttömyys ovat ylivoimaisia verrattuna muihin kaapelityyppeihin. Valokaapelissa kulkee nimensä mukaisesti valo, kun muissa kaapeleissa kulkee aina jonkinlainen sähköinen signaali. Sähköiset signaalit ovat alttiita erilaisille induktiivisille kuormille varsinkin, jos kaapeli ei ole häiriösuojattu ja kaapeli kulkee voimavirtakaapeleiden lähellä. Näin ei koskaan pitäisi olla, mutta aina näin kuitenkin on. Valon taipumiseen vaaditaan niin voimakas häiriölähde, että kiinteistöautomaatioimialalla ei ole koskaan tullut vastaan edes tarinaa tällaisesta.

Valokaapelilla on yksi ainoa heikkous verrattuna muihin kaapeleihin ja se on kaapelin käsittelyyn liittyvät ominaisuudet. Valokaapeli vioittuu, jos sitä taivuttaa liian tiukasti. Valokaapelin materiaali on valoa siirtävä lasikuitu tai muovi, jonka läpinäkyvyys lak-

kaa murretaessa. Valokaapelia ei voi kuparijohtimien tavoin puristella akkuvääntimellä ruuviliittimille, vaan valokaapeli vaatii aina käytännössä kuituhitsauslaitteiston ja erikoisosaajan tekemään liitos- ja päättötyöt.

Valokaapeli on käytännössä immuuni mm. ukkoselle ja maavirroille, joten kaapelit eivät vioitu ukonilmalla, kuten joskus käy metallipohjaisille kaapeleille. Erityisesti valokuituverkko antaa suojan tiedonsiirrolle, joka ei häiriöidy ukkosmyrskyssä. Tämä lisää myös henkilöturvallisuutta, kun kaapeleihin ei voi indusoida sähköisiä kuormia. Tietoturvan kannalta valokuitu on paljon vaikeammin salakuunneltavissa.

Olemassa olevan sähköverkkokaapeloinnin hyödyntäminen on kiinnostava uusi tapa säästää kaapeloinnissa. Myyntimateriaaleissa tosin pyritään häivyttämään sitä tosi seikkaa, että kiinteistöjen sähkökaapelointi on hajautettu useisiin lähtöihin (*vaiheisiin*), eikä ns. datasähkö osaa tietenkään ”hypätä” galvaanisesti erotetusta kuparista toiseen. Datasähkö perustuu pieniin sähköjännitteen vaihteluihin. Käytetyt taajuudet ovat 1...30MHz, joita ei ole häiriösuojattu sähköverkoissa ja tieto liikkuu esteettömästi kohinan välissä. Tiedonsiirtoa tehostetaan lähettämällä tiedot eri taajuuksilla ja useita kanavia pitkin. Tiedonsiirtoa edeltää taajuuksien ja kanavien tarkistus: ovatko häiriöt vähäiset ja signaalivahvuus ok? Vain kiinteistöautomaation käyttöön varatut ja rakennetut langattomat järjestelmät ovat monesti datasähköä parempi ratkaisu.

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 79-84)

3.10.3 Kiinteistöautomaatiojärjestelmät ja väyläratkaisut

Hyvällä hallinnalla saavutettavia hyötyjä on paljon kiinteistöissä, esimerkiksi:

- paremmat olosuhteet
- energiansäästö
- rutiiniväheneminen
- henkilö- ja omaisuusriskien vähentäminen

Ennakkohuollot ja määräaikaistarkastukset (asetus- ja raja-arvot, koestamiset, akustot jne.) ovat tarpeellinen osa järjestelmien toimintakyvyn varmistamiseksi.

Kiinteistön käyttötarkoituksen muuttuessa myös automaatiojärjestelmä kaipaa muutoksia. Usein tämä unohtuu, koska ei tiedetä, mitä kaikkea automaatiojärjestelmä ohjaa.

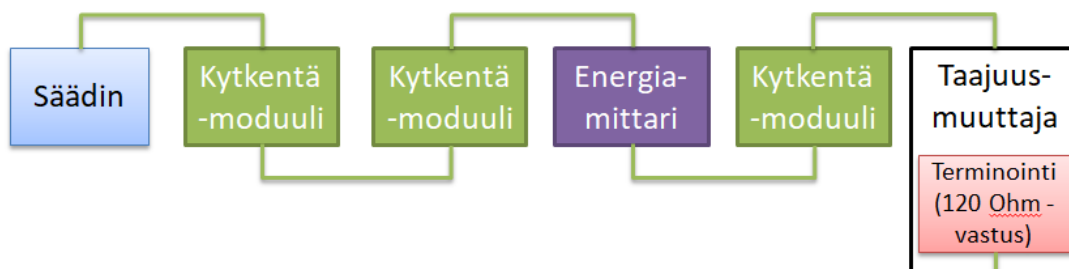
(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 9)

DDC-säätöön (Direct Digital Control) siirryttiin 1980-luvun alkupuolella, jota ennen säätö- ja valvontatoiminnot olivat erillisiä järjestelmiä. Laittevalmistajat eivät ole vielä täysin siirtyneet avoimien standardoitujen tiedonsiirtoväylien käyttämiseen. Suljettujen ja standardoimattomien väylien kanssa työskentely on usein vaivalloista ja kallista.

-- oikein käytettyinä avoimet järjestelmät tarjoavat täysin uuden ulottuvuuden rakennuksien ja niiden olosuhteiden hallintaan. -- Satsaamalla nyt jo tulevaisuuteen saadaan rakennuksen elinkaaren aikana lisäinvestoinnit takaisin korkojen kera.

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 11)

Tähtitopologiaa käytetään usein laitevalmistajien ohjeiden vastaisesti, kun oikea topologia vaatisi terminoidun ketjun. Tämä johtuu uudiskohteissa yleensä teknisestä osaamattomuudesta ja saneerauskohteissa kaapelointipuutteista. Esimerkkinä Fidelix-järjestelmän Modbus RTU-väylä, jonka siirtotienä on RS-485-sarjaliikenne parikaapelimuotoisena. Alla olevassa kuviossa on oikein kytketty Fidelix-järjestelmä:

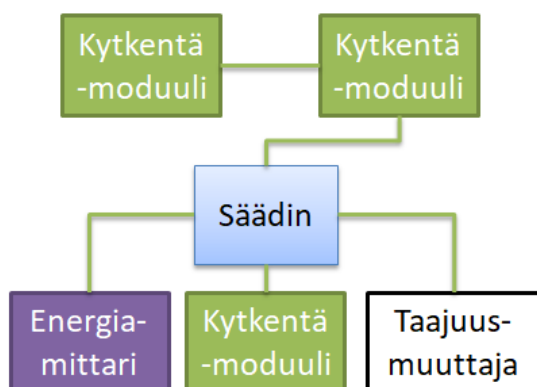


Kuvio 32 Oikein kytketty Modbus RTU-väylä (esim. Fidelix)

Väylä alkaa säätimeltä ja päättyy viimeiselle laitteelle, jossa aktivoidaan päätevastus. Päätevastus on 120 Ohm resistanssilla varustettu vastus. Terminointi tarjotaan useissa tuotteissa käyttöliittymästä aktivoitavana esim. "Väyläterminointi: päällä/pois?".

Terminoinnin voi kuitenkin aina tehdä myös lisäämällä vastuksen viimeisille liittimille (*ns. rinnankytkentä*).

Yllä olevassa kuviossa on pieni, mutta monipuolinen järjestelmä, joka on suunnittelupöydällä helppo hallita. Kenttätilanne on usein sekava ja moni asentaja toimii periaatteella: ”Jos se toimii – älä koske siihen.”. Tämä johtaa kytkentään, jossa säätimeltä vedellään piuhoja ristiin rastiin eri laitteille, liitokset tehdään miten sattuu ja väyläterminoinnista ei ole muka kuultukaan. Alla esimerkki:



Kuvio 33 Väärin kytketty Modbus RTU-väylä

Pienillä matkoilla, hyvillä kaapeleilla ja tuurilla yllä olevassa kuviossa oleva kytkentäesimerkki toimii melkein aina. Kun tuuri loppuu, kaapeleissa on häiriöitä ja kytkentämatkaa venytetään kiinteistön muuntotilanteissa – ongelmat alkavat ja joskus väylä pitää rakentaa täysin uudestaan valmistajan ohjeistamaan terminoituun ketjuun.

3.10.4 Väylätekniikan huomiointi rakennusprojektissa

Useita kiinteistöjä sisältävissä rakennusprojekteissa toimitetaan lähes poikkeuksetta periaatteellinen väylärakennekaavio ("*järjestelmäkaavio*"), jonka pohjalta kiinteistöautomaatiourakoitsija tekee toteutussuunnitelman kaapeloinnista (*kaapelinvetoluettelo*) ja sähköurakoitsija vetää kaapelit. Lopulliset laitekytkennät ja varsinainen käyttöönotto on automaatiourakoitsijan vastuulla.

Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät -kirjassa esitetään hyviä työmaaorganisaation roolien tarkennuksia vastuuhenkilöiden nimittämällä:

- Suunnitteluintegraattori, -koordinaattori ja/tai pääsuunnittelija

- Vastaa väylärakenteen käytäntöön viemisestä ja rajapintojen yhteensopivuudesta huolehtimisesta. Ohjaa LVIAS-suunnittelijoiden toimintaa.
- Selvittää asiakkaan kanssa tarpeet, joita tiloissa on ja osaa huomioida sekä ehdottaa muuntojoustavuuteen liittyviä seikkoja.
- Työnjaon ohjeistusta löytyy mm. ST-kortissa 711.01
- Järjestelmäintegraattori
 - Kiinteistöautomaatiotoimittajan edustaja on yksi varteenotettava taho tämän roolin hallintaan, koska urakoitsijalla tulee joka tapauksessa olla käsitys toimivasta väylärakenteesta ja tuntemus omasta järjestelmästä. Haasteena on, että usein muiden urakoiden hankintoihin liittyy integroitavia laitteistoja, mutta kiinteistöautomaatiourakoitsijasta poiketen, muut kiinteistötekniikkaurakoitsijat yleensä eivät integroi mitään laitteistoja toisiinsa kiinni. Tämä voi olla hankala tilanne automaatiourakoitsijalle, jonka pitäisi voida tarkentaa muiden urakoiden laitehankintoja ja näillä voi olla kustannusvaikutuksia.
 - Yksi ratkaisumalli voisi olla, että kiinteistöautomaatiourakka kilpailutetaan aikaisemmassa vaiheessa ja valittu urakoitsija pääsee tarkentamaan muiden urakoiden suunnitelmia. Tällöin muiden urakoiden kilpailutukset menisivät kerralla oikein. Tämä toisi myös kustannussäästöä mm. kaapelointeihin, jos automaatiourakoitsija hyötyisi kaapelointikustannusten alentamisesta.
 - Normaalisti järjestelmäintegraattori on näennäisesti LVIAS-urakoiden suunnittelijoilla, mutta suunnittelutyön hajauttamisella harmaita suunnittelurajapintoja jää. Suunnittelun tilaaminen yhdeltä toimijalta keskitetysti ei myöskään ole tuonut riittävän kokonaisvaltaista suunnittelua.

Nykyään haasteena on, että ei ole henkilöitä, joilla olisi riittävän osaamisen ja resurssien ohella myös taloudellisia mahdollisuuksia ottaa vastuu toteutuksen ja ylläpidon kokonaisuudesta.

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 111-113)

Väylätekniikalle ei käytännössä tehdä minkäänlaisia mittauksia, vaan noudatetaan ”Toimii – älä koske”-periaatetta. Ainoastaan SU toimittaa perustietoverkkotekniikasta (*verkkokaapelointirasiointi*) raportin. Riippuen SU:n osaamisesta ja suunnitelmissa esitetyistä vaatimuksista raportti on yksinkertaisimmillaan: ”Kaikki kaapelit kytketty oikein.” ja laajimmillaan jokaisesta verkkokaapelista toimitetaan seikkaperäinen selostus: ”Verkkokaapelin x.xx kokonaismatka on y,yy metriä, parin x1 mitta on y1, pa-

rin x2 mitta on y2, parin x3 mitta on y3 ja parin x4 mitta on x4. Signaalin voimakkuus on xx...”.

Ongelmana on, että väylätekniikoiden analysointireiden käyttö ei ole vielä yleistynyt, joten laitetuntemus ja osaaminen ovat heikkoa. Toisaalta kiinteistöinvestointien aikataulut ja budjetit ovat nykyisellään erittäin kireät, joka osaltaan ohjaa hankinnoissa ”Toimii – älä koske”-periaatteen noudattamiseen.

Tietoturvaa ei huomioida suunnitelmissa yleensä lainkaan, vaan sen toteuttaminen on loppuasiakkaan ja AU:n osaamisen harteilla.

3.10.5 Suomessa käytössä olevat väylätekniikat

Parikaapeliväylien päättäminen

Monet RS-485-tiedonsiirtotapaa hyödyntävät parikaapeliväylät, joiden topologia on terminoitu ketju, tarvitsevat viimeisen väyläkytkentäpisteeseen terminointivastuksen. Yleisin arvo terminointivastukselle on 120 ohmia (*esim. BACnet MSTP ja Modbus RTU*). Väylien toiminta perustuu pulssisignaaliin, joka ilman vastusta heijastuu epämääräisesti takaisin. Tämä heijaste aiheuttaa pulssisignaalin törmäilyä ja häiriöitä. Vastus kerää pulssienergian ja poistaa sen väylästä lämpönä.

(BACnet wiring. 2016.)

BACnet

BACnet on yksi kiinteistöautomaation käytetyimmistä väylistä, joka on kehitetty erityisesti LVI-tekniikan ohjaukseen. BACnet-väylästä on kaksi eri muotoa:

- BACnet MSTP = parikaapeliväylä (*RS-232 ja RS-485*)
- BACnet TCP/IP = verkkokaapelointia hyödyntävä väylä (*IEEE 802.3 / Ethernet*)

BACnet on moniin muihin kiinteistöautomaatiossa käytettyihin väyliin verrattuna parempi sen tietorakenteen vuoksi. Laitteet mallinnetaan objekteina (object), joilla on ominaisuuksia (properties). Objekteja ovat mm. järjestelmäpisteet, asetusarvot, aikaohjelmat ja kalenteriohjelmat. Objektipohjainen tiedonsiirto hakkaa mm. Modbus-tiedonsiirron siinä, että objektien tiedot ovat oikein skaalattuja ja sisältävät yksiköt. Modbus-tiedonsiirrossa skaalaus pitää tehdä säätimellä ennen sen esittämistä

säätöarvona ja käyttäjälle ruudulle. BACnet siirtää siis esimerkiksi lämpötilan muodossa: "20,12 °C", kun Modbus siirtää sen "0002012000"-tyylisessä muodossa.

"Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät"-kirjassa mainitaan, että LonWorks ja KNX tukevat myös BACnetiä. Yleisyydestä ei kerrota kuitenkaan mitään. BACnet määrittää 7 standardoitua laiteprofiilia, joilla jokaisella on omia erityisominaisuuksia. BACnet poikkeaa esim. Modbus-väylästä siten, että BACnet-yhteensopivuus vaatii erillisen sertifiointiprosessin läpäisemisen. (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 125-129)

Uutta BACnet-laitteistoa ei saa markkinoida BACnet-laitteena ennen sertifiointien valmistumista ja jokainen BACnet-laite sisältää lisenssimaksuja. Vastaavasti Modbus-laitteiston toimivuus on tietenkin toivottavaa, mutta yksikään keskitetty toimija ei valvo Modbus-järjestelmien "laatua".

Internetissä on myös viitteitä, että BACnetistä olisi langaton versio. Esimerkit olivat kuitenkin vain järjestelmätoimittajittain – eikä niillä näyttänyt olevan vastaavanlaista yhteensopivuutta, kuin muilla BACnet-järjestelmillä. Toisin sanoen, BACnetin voi muuntaa langattomaksi esim. TCP/IP-muodossa, jolloin teknisesti ottaen se ei olisi oma langaton muotonsa – vaan siinä hyödynnettäisiin vain TCP/IP-maailman lainalaisuuksia. Tällä tekniikalla langattoman BACnet-tiedonsiirron saa halutessaan muokattua epäyhteensopivaksi muiden järjestelmien kanssa (*liiketoiminnallinen suojaus*) langattoman tiedonsiirtonsa osalta ilman, että se rikkoo BACnet-yhteensopivuusvaatimuksia. Yhteensopivuuksien kuvaamisen kannalta puutteellista myyntimuotoista dokumentaatiota löytyy helposti internetistä.

Yleisvertailu eri toimijoiden itseensä liittämän asiantuntemuksen mukaan onnistuu helposti esim. Google-hakukonetta käyttäen. Ohessa muutamia hakuesimerkkejä (*Google*) suoritettuna hakuavaimella: "Järjestelmätoimittaja + BACnet + säädin" englanniksi (*paitsi Computec, jonka tuotekehitys on Suomessa*) (*haut 28.3.2018*):

- "Honeywell BACnet controller" → ensimmäiset 5 hakutulosta ovat relevantteja ja ohjaavat tuoteperhelistauksien tarkkaan dokumentaatioon. Löytyy Honeywell-yhtiön versio heidän nykyisestä BACnet-päälogiikasta ja jälleenmyyjien Eagle-tuoteperhe sekä tärkeimmät alijärjestelmät.
- "Schneider-Electric BACnet controller" → ensimmäiset 5 hakutulosta ovat epämääräiset, ensimmäinen on ohjelmisto, toinen ohjaa lopetettuun TAC-tuoteperheeseen, kolmas BACnet-tutkimukseen, neljäs puhallintuotteeseen ja viides KNX-tuoteperheeseen.

- "Siemens BACnet controller" → ensimmäiset 5 hakutulosta ovat relevantteja ja ohjaavat tuoteperhelistauksien tarkkaan dokumentaatioon. Siemens on onnistunut dokumentaatioissaan erinomaisesti.
- "Computec BACnet säädin" → ensimmäiset 5 hakutulosta ovat epämääräiset: 2 opinnäytetyötä, 1 seminaarimateriaali, 2 aivan toisen merkkistä BACnet-järjestelmää.

Honeywell oli yksi BACnet Interest Group -organisaation perustajajäsenistä vuosittain alussa. Heidän BACnet-väyläosaaminen on korkeinta mahdollista. Kaikki suuret yhtiöt pystyvät vastaamaan resurssiensa puolesta haastaviin tilanteisiin todennäköisesti hyvin, vaikka dokumentaatio-osaamisessa onkin puutteita. Kotimaisten järjestelmien BACnet-osaamista parantaa luonnollisesti Suomen korkea kiinteistöautomaatio-osaaminen ja ymmärrys BACnet-järjestelmien tuomaan erinomaiseen liitettävyyteen. Väylä on hyvin tuttu, jolloin siihen liittyvät haasteet osataan ratkaista ja resursseja on monipuolisesti tarjolla.

LonWorks (yleensä lyhennetään LON)

LON-väyläteknikka lanseerattiin Suomeen 1990-luvun lopulla. Aikanaan se oli edelläkävijä avoimuutensa ja hajautettavuutensa osalta. 2000-luvulle siirryttäessä käyttö hiipui, mutta vanhemmissa kohteissa LON-väylää vielä tapaa useinkin. (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 127-128). Esimerkiksi Honeywell-järjestelmissä on vielä hyvin tuettuna LON-väylä ja BACnet-muunnettavuutensa kautta väylä on saanut uudeen jalansijaa järjestelmien rajapintana. Väylätuotekehityskuluissa säästäminen on aina houkuttelevaa valmistajille, joten muunnettavuuden dokumentointi voi olla yksi mahdollinen kehityssuunta LON-väylää käyttäneiden laitteistojen kanssa.

Historian havinaa vuodelta 2000 (*suluissa ennusteviitteet ja alla toteuma*):

"Taloautomaatiossa ei jatkossa tarvitse olla edes alakeskusta, vaan muisti- ja automaatiotoiminnot on pakattu pieniin rasioihin ympäri taloa (1). Uusi järjestelmä on LON, joka on vauhdilla tulossa talotekniikkaa ohjaamaan (2). Esimerkiksi lämmönjakokeskuksen visuaalinen esittäminen on jatkossa oheisen kaaviokuvan kaltainen (3). Talon käyttökennälle uudenlainen järjestelmä tuo mukanaan uusia haasteita. Tavallaan se jopa edellyttää, että jatkossa täytyy jopa jonkin verran osata tai ainakin ymmärtää myös ohjelmoimisesta jotakin (4). Muussa

vaihtoehdossa edellytetään nykyistä enemmän yhteistyötä eri ammattikuntien välillä. (5)”

(Siikala ym. 2000, 45)

1. Ei - alakeskuksia on edelleen kaikissa merkittävän kokoisissa kiinteistöissä, mutta järjestelmä on jossain määrin hajautettu (*etäkytkentämoduulit, taajuusmuuttajat, huonesäätimiä, pakettikonelogiikat...*).
2. Ei – tuli ja kuoli melkein kokonaan.
3. Kyllä, kaikki itseään kunnioittavat kiinteistönomistajat ja suunnittelijat vaativat visuaalisen käyttöliittymän automaatioon tänä päivänä. Automaatiokomponentteja ei kuitenkaan visualisoida kaavioihin sekoittamaan käyttäjää (*kuvasta poiketen*).
4. Kyllä – vaatimustason nousu on selvä, mutta osaaminen ei toteudu, kuin erittäin harvinaisissa tilanteissa. Esim. Jyväskylässä tapasin TL-Maint -huoltomiehen (ICT-tausta) ja Hämeenlinnan Osuusmeijerin kiinteistöstä vastasi 2010-luvun alussa automaatioinsinööri.
5. Kyllä – yhteistyötarve on, mutta ei tunnu paranevan.

KNX

Moni suomalainen luuli vielä muutama vuosi sitten messuilla KNX:ää omaksi järjestelmäkseen. Tämä johtui ilmeisesti KNX:n markkinointikoneiston onnistuneista kampanjoista, joissa se oli saanut myytyä ajatuksen, että KNX oli tulevaisuuden ”juttu” ja KNX-järjestelmä oli hyvä ostos. Todellisuudessa KNX on yksi kenttäväylä siinä missä muutkin, eikä tarjoa mitään teknistä erikoista etua esim. BACnet-väylään verrattuna.

KNX:n suosio mm. valaistusjärjestelmissä pohjautuu todennäköisesti symmetriseen tiedonsiirtoon, jonka avulla esim. sähkökaapeloinneista muodostuvat häiriöt eivät muuta tiedonsiirtoviestiä. Myös topologiaksi kelpaavat kaikki muut paitsi rengastopologia, joten kytkentöjen ”helppous” voi olla toinen syy suosioon. Edullisuus on tietenkin etu verrattuna esim. BACnet-väylään, koska KNX:llä ei ole kalliita lisenssimaksuja. (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 129-130)

Siemens kiinteistöautomaatiotuoteperheen strategia on tällä hetkellä (2018) käyttää KNX-väylää kenttälaitteiden ja säätimien välillä, jossa on sitten BACnet-väylä ulkoista

integrointia varten. Esimerkiksi venttiilimoottori voi kommunikoida KNX-väylällä huonesäätimelle, jossa on BACnet. Huonesäädin liitetään päälogiikkaan. Tämä voi olla kustannusoptimointia, jossa BACnet-sertifiointimaksuissa halutaan säästää kustannuskriittisissä laitteissa, joista ei saada riittävää hyötyä BACnet-laitteina. Tämä on fiksua sekä asiakkaalle että toimittajalle.

Modbus

Modbus julkaistiin 1979, joten se on hyvin tunnettu väylä ja BACnetin ohella Suomessa yleisimmin kiinteistöautomaatiossa käytetty väylä. Se on arkkitehtuuriltaan avoin ja määritelmät voi ladata ilmaiseksi internetistä osoitteesta: www.modbus.org. Väylää saa käyttää ilman mitään lisenssimaksuja. (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 140-143)

Modbus-väylästä on BACnetin tavoin kaksi versiota:

- Modbus RTU = parikaapeliväylä (*RS-232 ja RS-485*)
- Modbus TCP/IP = verkkokaapelointia hyödyntävä väylä (*IEEE 802.3 / Ethernet*)

Väylänopeuksiltaan Modbus RTU on yksi alan vaihtelevimmista. Esimerkiksi kotimaisen Fidelix-automaatiojärjestelmän väylänopeus on paketista otettaessa 57.600 baudia, kun taas kotimaisen anturivalmistajan HK Instrumentsin väyläantureiden maksimi väylänopeus on 38.400 baudia. Toisin sanoen, Fidelix-järjestelmän runkoväylänopeutta pitää laskea, jotta siihen voidaan liittää ko. antureita. Antureiden lisääminen suureen järjestelmään jälkikäteen pitää suunnitella hyvin, koska kaikki väylälaitteet pitää vaihtaa samaan nopeuteen.

Tästä syystä esimerkiksi Lvi-Elektrolla lopetettiin Fidelix-säätimen Modbus-runkoväylään liittyminen, kun Fidelix toi markkinoille MultiLINK-väylämuuntimensa. Väylämuuntimella kytkentäkorteille varattua runkoväylää ei tarvitse käyttää kolmansien osapuolien laitteiden integrointiin, vaan väylämuuntimeen kytkeydytään galvanisesti eroteltuna uutena väylänä. Väylämuunnin liikennöi TCP/IP-muodossa säätimelle ja eristää täysin mm. indusoituvat häiriökuormat kenttälaitteilta säätimelle päin. Tämä tuo merkittävän parannuksen kiinteistöautomaation päälogiikalle (*merkiriippumattomasti*), koska Modbus-väylän rakentelu on ”vapaata” ja aina tuotekehitys ei ole onnistunut 100%:sti. Kun Modbus-väylää hajautetaan esimerkiksi Fidelix

MultiLINK-tuotteella (*galvaanisesti erotetut runkoväylät*) – yhden Modbus-laitteen sekoilu ei halvauta koko järjestelmää.

Modbus TCP/IP:n tiedonsiirtoportti (502) on hyvin tunnettu verkkoliikennemaailmassa, mutta ei ole kuvattuna IEEE 802.3-standardissa. Modbus-väylää voi siis TCP/IP-muodossa kuljettaa sellaisenaan tietoverkkojen läpi, ilman erillisiä muuntimia ja välipurkua.

EnOcean

Vuonna 2001 alkoi kehitystyö tehonsyöttö- ja paristovirtavapaalle langattomalle anturitekniikalle. Vuonna 2008 järjestelmä muuttui avoimeksi, kun laitteiden kehitysorganisaatiot perustivat EnOcean Alliancen. Radiotaajuutena käytetään yleistä 868 MHz taajuutta ja monet laitteet tuottavat itse tarvitsemansa energian. Kantama on maksimissaan 100m, mutta rakenteet heikentävät kuuluvuutta.

EnOcean on hyvin tuettu väylämuuntimissa ja se voidaan liittää mm. BACnet-, KNX-, LonWorks- ja TCP/IP-järjestelmiin. Myös suora PC-liitos on tuettu eri liityntöjen kautta ja myös ohjelmistoja on hyvin saatavilla. (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 145-146)

M-Bus

M-Bus perustuu eurooppalaiseen standardiin EN 1434-3, jossa määritellään lämpöenergiamittareiden tiedonsiirtoa koskevat vaatimukset. M-Bus -väylää tuetaan laajasti erityisesti vesi-, sähkö- ja lämpöenergiamittareissa. M-Bus on erittäin hyvin tuettu kiinteistöautomaatiojärjestelmissä ja sen muuntimia on saatavilla laajasti. M-Bus on perinteisesti parikaapeliväylä, mutta myös langattomat toteutukset ovat teknisesti tuettuina.

M-Bus on erinomainen mittarointiväylä. Vastaavasti esimerkiksi BACnetissä tuettua objektipohjaista hälytyssiirtoa M-Bus ei ymmärrä lainkaan, eli erilaiset häiriöt pitää aina tulkita erillisessä järjestelmässä – esimerkiksi kiinteistöautomaatiossa. (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 146-147)

DALI

'Digital Addressable Lighting Interface' (suomeksi: *digitaalinen osoitteistettava valaistusrajapinta*) eli DALI on vain valaistuksen ohjaukseen tarkoitettu väylä. DALI on valmistajasta riippumaton, mutta Modbus-väylän tavoin standardointitaso ei ole täydellinen verrattuna esimerkiksi BACnetiin. Toisin sanoen kahden DALI-laitteiston yhteensopivuus kannattaa tarkistaa vielä erikseen.

DALI-laitteet osoitteistetaan yksilöllisesti ja kaapelointina yleensä valaistukseen yleisesti tarkoitetun sähkönsyöttökaapelin mallia, jossa DALI-kytkennälle on varattu 2 ylimääräistä johdinta. Toisin sanoen esim. MMJ 5x1,5S soveltuu tähän käyttöön, jossa on maadoitusjohdin, vaihtovirralla kaksi johdinta ja DALI:lle kaksi johdinta.

DALI voidaan muuntaa kiinteistöautomaatiolle ymmärrettävään muotoon ja mm. esiintymislavatekniikassa käytettyyn DMX-valaistukseen. DALI-laitteita on paljon ja ns. reititinlaitteet sisältävät usein mm. kalenterin, jolla voidaan tehdä erikoisohjelmia. DALI-järjestelmän suunnittelussa tulee olla huolellinen, koska vielä toistaiseksi kiinteistöautomaatiointegrointeja on tehty melko vähän ja DALI-järjestelmän ohjelmointi hoidetaan usein omana työnään – ei AU:lla. (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 147-152)

C-bus

Honeywell XL5000-tuoteperheeseen kehitetty parikaapeliväylä, josta legendan mukaan oli myös esimerkiksi valokuituun suoraan sopivia laitteita. C-väylää ei enää tulisi rakentaa tai myydä uutena, mutta sitä esiintyy esimerkiksi voimakkaasti Keski-Suomessa, jossa Honeywell-järjestelmillä on vahva markkina-asema useiden pätevien partnereiden sekä Honeywellin oman urakointiorganisaation kautta.

Väylän sulkeutuneisuudesta ja monimutkaisuudesta kertoo jotain se, että jopa Honeywellillä itsellään meni useampi vuosi saada sen yhteensopivuus toimimaan omiin uusiin järjestelmiinsä. Parikaapeliväylä pitää luonnollisesti muuntaa tietokoneiden ymmärtämään muotoon, jos se halutaan liittää valvomoon. Uusi väylämuunninversio ei sitten toiminutkaan vanhan valvomo-ohjelmiston kanssa, joten vielä jouduttiin palaamaan suunnittelu ja tuotekehityspöydälle.

C-väylää hyödyntävien säätimien väyläkortit ovat erittäin ukkosherkkiä, jos väylää kuljetetaan parikaapelimuotoisena rakennusten välillä. Rakennusten väliset suuret

potentiaalierot ja huonot kaapelit huonontavat tilannetta. Jos rakennusten välinen tiedonsiirto hoidetaan väylämuuntimien kautta ja valokaapelia pitkin, mitään ongelmia ei muodostu. Ongelmana on tietenkin tilanne, jossa rakennusten välillä pitäisi siirtää esim. jokin mittatieto ja valvomoa ei kustannussyistä haluttaisi hankkia. Tämä onkin monimutkaisempi tilanne järjestää teknisesti, jos ukkosturvallisuus haluttaisiin huippuunsa. Ukkossuojat ovat melko edullisia ja niitä kannattaa käyttää, mutta ukkonen aina välillä tänäkin päivänä päihittää globaalit insinööritaidon.

Kaikilla järjestelmätoimittajilla oli tietenkin samat haasteet C-väylän aikaisilla merkki-kohtaisilla epästandardeilla väylillä, mutta valtuutettuna Honeywell-partnerina juuri tämän väylän sielunelämä ja tuotekehitys on tullut tutuksi. Monet muut merkit vain kuoppasivat väylänsä, yhteensopivuus lopetettiin ja asiakkaille ei annettu muuta vaihtoehtoa, kuin hankkia kokonaan uudet laitteet.

C-väylä on erinomainen kytkennällisen vikasietoisuutensa vuoksi. C-bus tulisi kytkeä terminoituun ketjuun, mutta missään kohteessa ei ole esiintynyt ongelmia, vaikka väylä on kytketty miten tahansa – esimerkiksi tähteen ja ketjuun sekaisin.

3.10.6 Kehityksen ja muutosten arviointi

”Meille vedettiin parikaapelia ympäri taloa, jotta tulostuslaitteita olisi helppo sitten siirrellä huoneesta toiseen – jos järjestys muuttuisi...”

–Juha-Pekka ”Julli” Saartama, 13.7.2016 Karhuniemen sauna

Edellinen pohdinta voi tuntua hassulta, mutta jos kurkistat tuoreen kerrostaloasunnon kulmaan: siellä on puhelinpistokkeita, antennirasioita ja muuta mielenkiintoista. Toisaalta parikaapelilla (esim. puhelinkaapelointi) saadaan melko luotettavasti 70/20M-laajakaistayhteys käyttämällä oikeanlaisia laitteita ja esim. VDSL-tekniikkaa.

Esimerkiksi Fidelix käyttää tällä hetkellä rakennuksen sisällä tapahtuvaan tiedonsiirtoon 57.600 bps-nopeutta (Modbus RTU-väylä), joka on ”laajakaistamaailmasta tuttuun” arvoon muutettuna: 0,0576M. Eli kotilaajakaista, jonka ilmoitettu nopeus on 8/3M, pystyy siirtämään 52 Fidelix (tai muuta Modbus RTU-kenttäväylää käyttävää) -järjestelmää lävitseen molempiin suuntiin. Eli kaapelit tai kaistanleveys eivät ole ongelma, vaan väyliä tekniset mahdollisuudet ja laitetoimittajien halu olla avoimia.

Langattomuus on sen sijaan törmännyt mm. lämpöeristelaseihin. Lämpösäteily ja langattomat signaalit heijastetaan pois, eivätkä edes kännykät toimi.

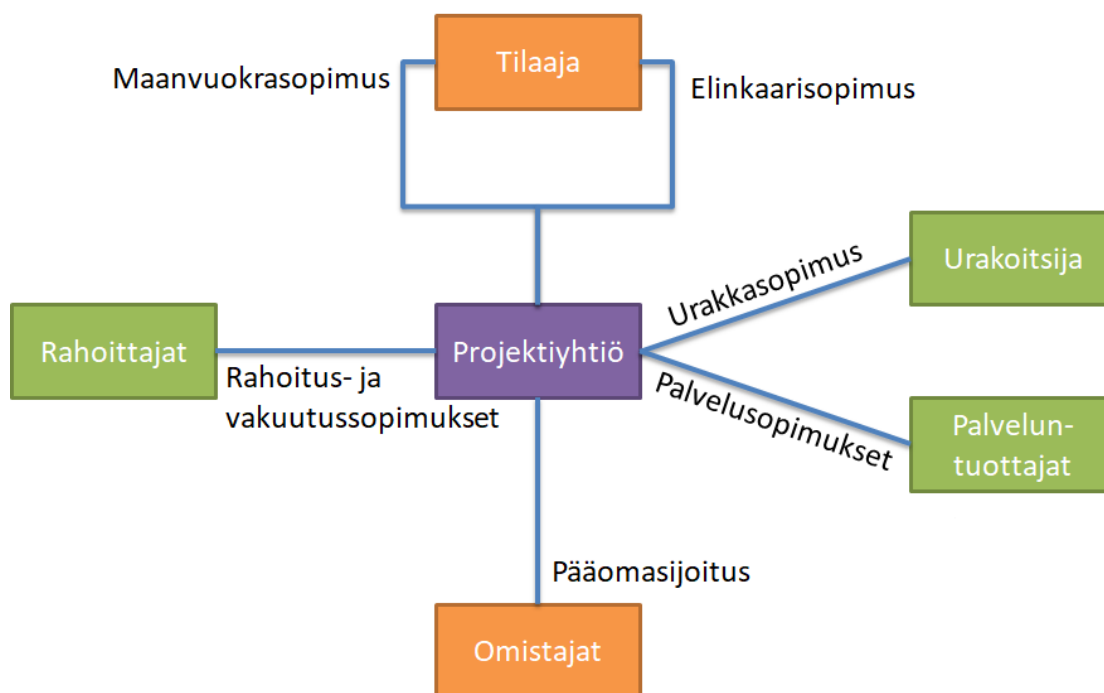
3.11 Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttaminen

Elinkaarihankkeen tehtävien jakoon on monia vaihtoehtoja. Seuraavassa taulukossa on esimerkkejä vaihtoehtoista.

Taulukko 12. Elinkaarihankkeen tehtäväjakovaihtoehtoja toteuttajaryhmän ja tilaajan välillä.

Elinkaarihanketehtävä	A	B	C	D
Hankkeen valmistelu	Tilaaja	Tilaaja	Tilaaja	Tilaaja
Suunnittelu	Toteuttaja	Toteuttaja	Toteuttaja	Toteuttaja
Rakentaminen	Toteuttaja	Toteuttaja	Toteuttaja	Toteuttaja
Kiinteistöpalvelut	Toteuttaja	Toteuttaja	Toteuttaja	Toteuttaja
Käyttäjäpalvelut	Tilaaja	Toteuttaja	Tilaaja	Toteuttaja
Rahoitus	Tilaaja	Tilaaja	Toteuttaja	Toteuttaja
Omistus	Tilaaja	Tilaaja	Toteuttaja	Toteuttaja
Käyttö	Tilaaja	Tilaaja	Tilaaja	Tilaaja

Sopimussuhteita on lukuisia ja niistä esimerkki alla.



Kuvio 34. Elinkaarihankkeen sopimussuhteita

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 7)

3.11.1 Hankemäärittely

Elinkaarihankkeen voi määritellä usealla eri tavalla. Tarkastelussa tulee huomioida koko sopimuskausi, ennakoidut kustannukset ja EY/kansallisen kilpailutuksen kynnyksarvot:

- b) rakennusurakka
 - a. Jos rakennustöiden kustannukset > hankkeeseen kuuluvien palveluiden tuottamisen kustannukset → elinkaarihanke rakennusurakkana
- c) palveluhankinta
 - a. Palvelutuotannon kustannukset > rakennuskustannukset
- d) käyttöoikeusurakka
 - a. Kuin rakennusurakka, mutta vastike on rakennettavan kohteen käyttöoikeus osin tai kokonaan. Toimittajalla on oikeus kerätä esim. käyttömaksuja.
 - b. Toimittajalle siirtyy rakennuskohteen hyödyntämiseen liittyviä riskejä. Riskit tulee jakaa niiden hyötymis- ja hallitsemiskyvyn mukaan.
 - c. Jos hankintayksikkö takaa viime kädessä maksavansa toimittajalle rakennuskohteen käytön, hanke on tavanomainen rakennusurakka - eikä käyttöoikeusurakka.
- e) julkisena palveluja koskevana käyttöoikeussopimuksena
 - a. Kuin palveluhankinta, mutta vastike on palvelun käyttöoikeus osin tai kokonaan.
 - b. Toimittaja kerää maksuja ja kantaa riskejä palvelun hyödyntämisestä.
 - c. Jos hankintayksikkö takaa viime kädessä maksavansa toimittajalle kustannukset, hanke on tavanomainen palveluhankinta.

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 15-18)

3.11.2 Hankintamenettelyn määrittely

Hankintamenettelyvaihtoehtoja on useita, jotka ovat esitelty seuraavassa taulukossa.

Taulukko 13. Hankintamenettelyvaihtoehdot ja hankintaprosessit

Hankintamenettely	Käyttö	Hankintailmoitus	Osallistumishakemukset	Toimittajavalinnat	Neuvottelukutsu	Neuvottelut	Neuvottelujen vaihteellisuus	Lopulliset tarjoukset	Tarjousvertailu ja -valinta	Hankinta
Avoin	Voi käyttää aina	1						2	3	4
Rajoitettu	Voi käyttää aina	1	2	3	4			5	6	7
Kilpailullinen neuvottelu	Avoin/rajoitettu ei mahd.	1	2	3	4	5		6	7	8
Neuvottelu	Erikoistilanteet	1	2	3	4	5	6	7	8	9

Alla on tarkennettu hankintamenettelyissä huomioitavia seikkoja.

Avoin

+Edut: nopea ja suoraviivainen (*tarjouspyyntömäärittelyn onnistuessa*)

-Ongelmat: tarjousasiakirjojen pyyntöjä ja tarjouksia voi tulla rajoitukseton määrä (*velvollisuus tutustua ja verrata kaikki tarjoukset*), tarjouspyynnön vastaiset tarjoukset hylätään (*ei neuvotteluja*)

Rajoitettu

Hankintailmoituksessa on ilmoitettava:

- tarjouskilpailuun hyväksyttävien tarjoajien vähimmäismäärä
- kaikki valintakriteerit, joilla tarjoajat valitaan tarjouskilpailuun

Tarjouspyynnöt lähetetään vain valituille tarjoajille. Tarjouksista ei neuvotella.

+Edut: vain parhaat tarjoajat, kohtuullinen tarjousmäärä → yksityiskohtaisempi tarjousvertailu

-Ongelmat: tarjouspyynnön vastaiset tarjoukset hylätään (*ei neuvotteluja*)

Kilpailullinen neuvottelu

Hankintayksikön sisäinen osaamistaso, joka estää avoimen/rajoitetun hankintamenettelyn EI ole riittävä peruste käyttää kilpailullista neuvottelumenettelyä. Hankintayksiköllä on velvollisuus hankkia kilpailutukseen normaalisti tarvittavat voimavarat.

Kilpailullisen neuvottelumenettelyn käyttö on mahdollista vain, jos lopullista tarjouspyyntöä ja/tai tarjousta ei ole mahdollista antaa ilman neuvotteluja.

Tällainen tilanne voi olla esimerkiksi, kun haluttu lopputulos voidaan saavuttaa monella eri toteutustavalla ja hankintayksiköllä ei ole mahdollisuutta asettaa toteutustapoja paremmuusjärjestykseen. Usein toteutustapojen paremmuuteen vaikuttaa myös tarjoajien ominaisuudet (*esimerkiksi erityisosaaminen, aiempi kokemus, käytävissä olevat voimavarat*).

Eri toteutus- ja/tai rahoitusvaihtoehtojen kustannustasojen vertailun *kohtuuton* etukäteisselvitystarve on myös peruste valita kilpailullinen neuvottelu.

Ainoastaan parhaiden ratkaisuvaihtoehtojen pysyminen mukana hankintamenetelyssä on mahdollista, jos siitä on ilmoitettu etukäteen (*hankintailmoitus/hankekuvaus*).

Neuvottelu (*vain erikoistilanteissa, käyttöoikeusurakan kilpailutus*)

Neuvottelumenettelyn käyttäminen on mahdollista vain erikoistilanteissa:

- a) Käyttöoikeusurakka
- b) Hankkeen luonne/riski eivät poikkeuksellisesti mahdollista etukäteistä kokonaishinnoittelua
- c) Yksikään tarjous ei vastaa tarjouspyyntöä
- d) Yksikään tarjoaja ei täytä kelpoisuusvaatimuksia

Edellä esitetyissä tilanteissa kohdetta tai ehtoja ei saa oleellisesti muuttaa neuvottelumenettelyyn siirryttäessä. Uutta hankintailmoitusta ei tarvitse julkaista, jos neuvotteluihin otetaan mukaan kaikki kelpoisuusvaatimukset täyttäneet tarjoajat. Hankintayksiköllä on näyttötaakka neuvottelumenettelyn ehtojen täyttymisestä.

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 19-33)

3.11.3 Tarjousten arviointiperusteet

Kriteeristö tulee olla objektiivinen, syrjimätön, konkreettinen, yksityiskohtainen ja etukäteen tarjouspyynnössä määritelty yksilöidysti. Alla esimerkkejä:

- hinta, käyttökustannukset, elinkaarihankekohteen valmistumis- ja käyttöönottoaika sekä takuehdot.
- tekniset ansiot, esteettiset/toiminnalliset ominaisuudet, tilaratkaisun muunneltavuus, huolto-/kiinteistöpalveluiden toimivuus, tontin järjestelyt (*henkilö-/huoltoliikenteen sujuvuus*)

Koulurakennuksen ”suunnitelman toimivuus” on liian yleinen, mutta yksityiskohtaisista osatekijöistä (*luonnonvalomäärä, ilmastoinnin toimivuus, äänettömyys...*) muodostettuna se käy perusteeksi.

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 51)

Virheellisiä arviointiperusteita kokonaistaloudellisesti edullisimman tarjouksen valinnassa:

- A. Liian yleisiä/yksilöimättömiä
- muut tarjouspyynnössä ja sen liitteissä sekä tarjouksissa esitetyt seikat¹⁶
 - tarjousten vastaavuus hankintaohjelmassa osakokonaisuuksittain esitettyihin tavoitteisiin¹⁷
 - tarjoajan esittämä sopimusluonnos, jossa on otettu kantaa aikatauluun, sopimussanktioihin ja hinnoitteluun¹⁸
 - arviointitehtävän luonteen sisällön ja tavoitteiden ymmärtäminen, tutkimusstrategia ja sen kattavuus¹⁹
 - yleiset vaatimukset (*miten tarjoajan ratkaisu mahdollistaa nopean, joustavan ja taloudellisen asteittaisen kehityksen ja toteutuksen*)²⁰
 - suunnitelman taloudellinen vaikutus²¹
 - tuotteiden ja palvelujen sopivuus hankintayksikön tarpeisiin²²
 - laatu²³
 - synergiaedut²⁴

¹⁶ Markkinaoikeus 29.10.2003 (210/03)

¹⁷ Markkinaoikeus 21.6.2005 (156/05)

¹⁸ Markkinaoikeus 15.4.2005 (85/05)

¹⁹ Markkinaoikeus 22.3.2005 (63/05)

²⁰ Markkinaoikeus 7.3.2005 (48/05)

²¹ Markkinaoikeus 15.9.2004 (180/04)

²² Markkinaoikeus 10.2.2005 (33/05)

²³ Markkinaoikeus 11.3.2005 (53/05) ja markkinaoikeus 9.9.2005 (201/05)

²⁴ Markkinaoikeus 3.2.2006 (30/06)

- j. käyttäjäraadin mielipide²⁵
- k. jäänhoitokoneen tekniset ominaisuudet²⁶
- l. jäänhoitokoneen toimintahistoria markkinoilla²⁷

Huom. esim. **laatu ja tekniset ominaisuudet eivät ole itsessään virheellisiä** kokonaistaloudellisen edullisuuden arviointiperusteita, mutta *konkreettisesti yksilöimättöminä* ne ovat lainvastaisia.

- B. Tarjoajavalintojen kelpoisuusvaatimuksia – mutta eivät lopullisten tarjousten edullisuuskriteerejä. Esimerkiksi:
 - a. tarjoajan taloudellinen asema²⁸
 - b. urakoitsijan ja mahdollisten alurakoitsijoiden kyky suoriutua tehtävistään²⁹
 - c. mahdollisuus reagoida viime hetken muutoksiin (henkilökunnan määrä ja liikevaihto)³⁰
 - d. yrityksen luotettavuus (*yritys on toiminut alalla <2v., 2...6v., >6v.*)³¹
 - e. tarjoajan varmuus aikataulussa pysymisessä ja työn loppuun saattamisessa³²
 - f. tarjoajan palvelukyky ja tulevaisuuden näkymät³³

Esim. referenssikohteiden nimet ja lukumäärä ovat vain tarjoajien kelpoisuuteen liittyvä kriteeri³⁴, eikä ko. listausta voi käyttää kokonaistaloudellisesti edullisimman tarjouksen valintaan (*lopulliset tarjoukset -vaihe*).

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 48-50, 71)

²⁵ Markkinaoikeus 3.9.2004 (170/04)

²⁶ Markkinaoikeus 23.6.2004 (126/04)

²⁷ Markkinaoikeus 23.6.2004 (126/04)

²⁸ Korkein hallinto-oikeus 12.12.2003 (2003:89)

²⁹ Korkein hallinto-oikeus 6.10.2004 (taltio 2514)

³⁰ Korkein hallinto-oikeus 19.10.2004 (209/04)

³¹ Korkein hallinto-oikeus 2.11.2004 (221/04)

³² Korkein hallinto-oikeus 15.4.2005 (85/05)

³³ Korkein hallinto-oikeus 15.4.2005 (85/05)

³⁴ Euroopan yhteisöjen tuomioistuin 19.6.2003 (asia C-315/01)

3.11.4 Jälkitinkiminen

Hankintayksikön ei ole hyväksyttävää pyrkiä tinkimään tarjouskilpailussa annettuja tarjouksia.

- Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas, 52

Jos budjetoidut varat eivät riitä hankintaan, voidaan suunnitelmamuutoksien pohjalta tehdä tarjoustarkistukset – vain suunnitelmamuutoksien osalta. Kiellettyä on myös tarjousehtojen (*maksut, maksumekanismin komponentit, toimitusaika, laatutekijät...*) parantaminen nostamatta hintaa ja lopullisen tarjouksen muokkaaminen tarjousten jättöajan määrääjän umpeuduttua.

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 53)

3.11.5 Poikkeuksellisen alhaisina pidettyjen tarjousten käsittely

Ennen hylkäämistä tarjouksen jättäneeltä taholta on kysyttävä perusteet poikkeuksellisen alhaiseen tarjoukseen. Hankintayksikkö ei voi hylätä tarjouksia matemaattisin tai mekaanisin laskelmin (*halvin vrt. seuraava, keskiarvohinta...*). Hankintayksikölle ei kuulu riskien ottaminen tarjoajien puolesta, eli hankintayksikkö voi hylätä tarjouksen, ”-- jos on olemassa riski, että tarjoaja ei kykene toteuttamaan elinkaarihanketta tarjoamallaan hinnalla hankkeen ehtojen mukaisesti ja jos tästä voisi aiheutua haittaa ja/tai vahinkoa hankintayksikölle”.

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 55)

3.11.6 Tarjousvertailu

Hankintayksikkö voi ottaa huomioon tarjouskilpailussa aiempia kokemuksia tarjoajasta, jos kokemukset ovat objektiivisia, perusteltuja ja hankintayksikkö pystyy näyttämään ne toteen (*rakennusvirheet, viivästyminen, palvelutason alittaminen...*).

Hankintayksiköllä ei ole velvollisuutta pisteyttää tarjouksia. Pisteytyksessä tulee olla sanalliset kuvaukset annetuille pisteille, käytetyille kaavoille, tarjousten välisille pisteeroille ja jokaisen tarjouksen konkreettinen sisältö – jokaisen arviointiperusteen osalta.

Tarjousvertailun objektiivisuutta voi parantaa esimerkiksi *kahden tarjouskirjekuoren* menettelyllä. Ensimmäiset tarjoussisällön ja tekniset yksityiskohdat sisältävät kuoret avataan ensin ja vertaillaan. Tämän jälkeen avataan toiset kuoret, joissa on vain hinta. Ensimmäisen vaiheen tarjousvertailuun ei tehdä muutoksia, vaan pelkästään hinta lisätään arviointiin ja kilpailun voittaja valitaan.

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 57-60)

3.11.7 Kielto suosia aikaisempaa tai paikallista toimittajaa

Osaamiskriteeristöjä ei saa liittää tarjouskilpailua edeltäneisiin toimituksiin. Verotuloille tai työllistämiseksi hankintayksikön paikkakunnalla ei saa antaa merkitystä. Sal- luttua on edellyttää esim. kiinteistöpalveluissa vasteaikaa.

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 61)

3.11.8 Tarjouskilpailun ratkaisu ja lisähankinnat

Hankintayksikön ei ole hyväksyttävää vertailla tarjouksia yhdellä toteutuskokonaisuudella ja toteuttaa itse elinkaarihanketta toisella toteutuskokonaisuudella.

- Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas, 62

Jos elinkaarihankkeen toteuttamisen kannalta välttämätön ja ennalta arvaamaton lisäurakka/-palvelu ei ole erotettavissa pääsopimuksesta aiheuttamatta kohtuutonta haittaa hankintayksikölle, hankinta voidaan tehdä kilpailuttamatta, kuitenkin enintään **50% alkuperäisen hankinnan arvosta.**

(Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006, 64)

Hyvä yritys, joka tekee parhaan tarjouksen, voittaa tarjouskilpailun ja toteuttaa elinkaarihankkeen

- Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas, 70

Elinkaarisopimuksen laadintaopas auttaa sopimusmallin laadinnassa, kun hankinta-kohteena on:

- A. Suunnittelun, rakentamisen ja kiinteistöpalveluiden elinkaarisopimusmalli

- B. Suunnittelun, rakentamisen, kiinteistö- ja käyttäjäpalvelut sekä rahoituksen sisältävä elinkaarisopimusmalli

Elinkaarisopimuksissa tulee olla huomioituna hankeajan päätyminen, jossa hankintayksiköllä on kohteen lunastusoikeus tai -velvollisuus. Verotus tulee huomioida päättymistä suunniteltaessa.

(Elinkaarisopimuksen laadintaopas. 2006, 3-10)

4 Energia ja kiinteistöt

4.1 Energiatodistus ja muu sääntely

Erillisen energiatodistuksen laadinta (2008)

Rakennusosien ja teknisten järjestelmien energiatehokkuuden määrittely sekä energiansäästömahdollisuuksien kartoittaminen, ovat keskeisiä tavoitteita energiatodistusten laadinnassa. Energiatodistuksen sisällön tuottaminen on vispannut keittiövatkaimen lailla vuosien saatossa. Vanhamalliseen energiatodistukseen käytiin läpi nämä järjestelmät, jotka ovat hyödyllinen muistilista jokaiselle kiinteistöliiketoimintaa harjoittavalle taholle:

1. Rakenteet: ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat, yläpohja ja alapohja
2. Lämmitysjärjestelmä(t)
3. Käyttöveden lämmitysjärjestelmä
4. Ilmanvaihto-/ilmastointijärjestelmä
5. Valaistus
6. Jäähdytys
7. Sähköiset erillislämmitykset
8. Muut järjestelmät, joilla on vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen

(Myyryläinen. 2008, 153)

Elinkaarisuunnittelun ja säätöjärjestelmien huomiointi

Vuonna 2013 voimaantullut lainsäädäntö vaati, että energiatodistuslaskelmat tehdään aina teoreettisen mallin mukaan. Etenkin vanhat hyvin rakennetut ja huolletut

rakennukset joutuvat todellista tilannettaan huonompaan energialuokkaan. Tämä ei rohkaise panostamaan rakentamisen tai ylläpidon laatuun, joka ohjaa väärään suuntaan hiilidioksidipäästöjen kannalta. Olemassa olevan rakennuskannan elinkaaresta huolehtiminen parantaa ekologisuutta merkittävästi.

Määräykset eivät myöskään ottaneet mitenkään huomioon rakennukseen asennettuja ohjaus- ja säätöjärjestelmiä. Ne ovat kustannustehokkain tapa investoida energiansäästöön ja vähentävä energiankulutusta usein jopa 20-30 %. Energiatodistuksessa tulisi siis ottaa huomioon kiinteistötekniikan automaatioaste ja -taso. (Kyllönen. 2014)

Lisäksi hyvin suunniteltu automaatiojärjestelmä tarjoaa helposti ja keskitetysti kaikki käyttöolosuhtetiedot sekä kulutusluvut. Energiahallinnan ammattilaiset voivat näistä luvuista antaa hyödyllistä lisätietoa kiinteistön ostoa tai myyntiä harkitsevalle taholle. Erityisen hyödyllistä näiden todellisten olosuhteiden ja kulutuslukujen mallintaminen on, jos tiedetään teoreettisen energiatodistuksen olevan epäedullinen kiinteistön kannalta.

Tausta ja viranomaisvaatimukset

Alkuperäinen energiatodistuslaki (13.4.2007/487) tuli voimaan 1.1.2008, jossa energiatodistuksessa oli ilmoitettava rakennuksen tarkoitustaan vastaavaan käyttöön tarvittava energiamäärä ja se oli vapaaehtoinen. Vuonna 2009 energiatodistus tuli pakolliseksi rakennusta myytäessä, vuokratessa, rakennuslupaa haattaessa omakotitaloille ja asuinrakennuksille. Kaikissa energiatodistusmuotoihin vaikuttivat toteutuneet kulutustiedot. Energiatodistuksen painoarvo kasvoi, kun Euroopan parlamentti hyväksyi vuonna 2010 energiatehokkuutta parantavan direktiivin ja isoissa rakennuksissa energiatodistus piti asettaa nähtäville. Uusi laki energiatodistuksesta annettiin 18.1.2013, jossa lisättiin energiatehokkuuden vertailun mahdollisuuksia ja uusiutuvan energian käyttöä rakennuksissa.

(Heikkinen. 2014, 3-4)

Energiatodistusvaatimus perustuu EU:n rakennusten energiatehokkuutta koskevaan direktiiviin, jonka taustalla on halu vähentää hiilidioksidipäästöjä ja energiatuonti-

riippuvuutta. Direktiivi on ottanut vertailupisteekseen vuoden 1990 ja sen energiakulutus- ja hiilidioksidipäästötasoa halutaan vähentää 20% vuoteen 2020 mennessä.

Kiinteistön energiatarve ilmaistaan viranomaisille, kiinteistön omistajille, kiinteistön ostajille ja vuokralaisille lakisääteisellä energiatodistuksella. Rakennuslupahakemuksen liitteenä toimitettavaan energiatodistukseen on riittänyt pääsuunnittelijan tekemät laskelmat ja allekirjoitus. Pääsuunnittelijalta ei edellytetä energiatodistuspätevyyksiä, koska oletetaan, että hän osaa tehdä energiatodistuksen laskelmat muutoinkin.

Rakennuslupamenettelyssä pääosin liike- tai palvelurakennuksen, yli kuuden asunnon tai rakennusryhmän energiatodistus on voimassa neljä vuotta. Enintään kuuden asunnon tai rakennusryhmän energiatodistus on voimassa 10 vuotta. Isännöitsijätodistuksen liitteenä toimitettava energiatodistus päivitetään vuosittain edellisvuoden kulutuksen mukaan, joten se on voimassa vain yhden vuoden kerrallaan.

Todistusta ei kuitenkaan vaadita osa-aikakäytössä olevilta vapaa-ajan asunnoilta, eikä yleensä teollisuusrakennuksilta, kasvihuoneilta ja väestönsuojilta eikä muiltakaan sellaisilta rakennuksilta, joiden käyttö tarkoitukseensa vaikeutuisi kohtuuttomasti näitä määräyksiä noudattaessa.

(Myyryläinen. 2008, 150-154)

Energiatehokkuusluvut (2008)

Alkuperäinen (2008) energiatodistusasteikko oli A...G, jossa A on hyvä (*kuluttaa vähän energiaa*) ja G huono (*kuluttaa paljon energiaa*). Energiatehokkuusluku laskettiin jakamalla kiinteistön energiakulutus sen bruttopinta-alalla, jolloin yksiköksi muodostuu kWh/brm² (Rakennusmääräyskokoelman D5 mukaisesti; RakMK D5). Tulos normeerataan Jyväskylän lämmitystarveluvun mukaan, jolloin eri paikkakuntien todistuksista tulee vertailukelpoiset.

Energiatehokkuusluku muodostettiin aina laskennallisilla menetelmin ennen rakennuksen valmistumista, mutta se voidaan päivittää tai muodostaa olemassa olevassa rakennuksessa todellisilla energiakulutuksilla. Tehokkuusluku laadittiin:

1. energiakatselmuksen tai erillisen tarkastuksen osana

- sis. liitelomakkeet, joissa esitetään energiatehokkuuden parannustoi-
menpiteitä, jotka ovat kustannustehokkaita, eivätkä huononna sisäil-
man laatua
- tarkastaja tekee havaintoja paikan päällä, haastattelee käyttäjiä ja tu-
tustuu rakennuksen asiakirjoihin: rakennuksen yleistiedot, isännöitsi-
jätodistus, taloyhtiön strategia, aiemmat energiatodistukset, huolto-
kirja, kunnossapitotarveselvitys, saatavilla olevat rakenne- ja muut
tekniset piirustukset sekä kulutusseurannat
- tarkastajalla tulee olla soveltuva rakennusalan tai talotekniikan tutkin-
to (esim. rakennusmestari/-insinööri/-arkkitehti, lvi-/kone-
/sähköinsinööri tai -tekniikko) ja FISE:n tai Kiinteistöalan Koulutussää-
tiön myöntämä pätevyys

2. isännöitsijätodistuksen osana

- sisältää lisälehdän, jossa esitetään laskennan lähtötiedot ja tulokset
- tämän laatiminen ei vaadi erityistä pätevyystodistusta

(Pylsy 2013, 43)

Eri tavoin tunnuslukujen kautta arvioitavat rakennustyyppit (9 erilaista + ”Muut”) ja niiden energiatodistusluokat (YM:n asetuksen 764/2007 mukaan) ovat seuraavassa taulukossa.

Taulukko 14. Energiatehokkuusluvut rakennustyypeittäin

Rakennustyyppi	Lisätiedot	Energiatehokkuusluvut (ET) - kWh/brm2,a ja luokat												
		A		B		C		D		E		F		G
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	
Pientalot	max. 6 asuntoa	150	151	170	171	190	191	230	231	270	271	320	321	
Suuret asuinrakennukset	yli 6 asuntoa	100	101	120	121	140	141	180	181	230	231	280	281	
Toimistorakennukset		90	91	110	111	130	131	170	171	230	231	320	321	
Liikerakennukset	Myyvälät, majoitus, ravintolat	140	141	180	181	220	221	280	281	360	361	440	440	
Opetusrakennukset		120	121	150	151	190	191	230	231	300	301	400	401	
Päiväkodit		140	141	180	181	230	231	300	301	390	391	500	501	
Terveystoimintarakennukset		160	161	200	201	260	261	340	341	450	451	600	601	
Kokoonntumisrakennukset	Taide, kirjasto, urheilu, kerho...	110	111	140	141	180	181	240	241	330	331	450	451	
Uimahallit		300	301	410	411	530	531	670	671	860	861	1200	1201	
Muut rakennukset		110	111	150	151	200	201	280	281	420	421	660	661	

(Myyryläinen. 2008, 150-155)

E-luku (2014)

ET-luvun (2008) ja E-luvun (2014) vertailun helpottamiseksi tiedot on taulukoitu seuraavassa taulukossa.

Taulukko 15. Energiatodistuksien eri sukupolvien vertailu

Vertailtava asiakohta	ET-luku (2008)	E-luku (2014)
Pinta-alatieto	Bruttopinta-aala	Lämmitettävä nettoala
Pohjayksikkö	kWh/brm2	kWh/m2
Suunnitteilla / Rakennettu	Vaikuttaa laskentaan	Ei pitäisi vaikuttaa
Laskentamenetelmät	RakMk D5	RakMk D3 (sis. rakennuksen standardikäyttö)
Energiamuoto	Ei vaikuta (kaikki samanarvoisia)	Vaikuttaa (kertoimet)
Energiakulutus (huom. käyttö)	Merkittävä vaikutus	Ei huomioida
Laskentakaava	Vuosikulutus jaettuna bruttoala	Ks. Ylläolevat huomiot
Taloyhtiössä useita rakennuksia	Ei vaikuta (yksi energiatodistus)	Kaikille oma energiatodistus
Energiakulutusta ei voi määrittää	Automaattisesti G-luokka	Ei pitäisi tulla ko. tilanteita
Normeerauspaikkakunta	Jyväskylä	Helsinki-Vantaa

(Heikkinen. 2014, 16)

Eri tavoin tunnuslukujen kautta arvioitavat rakennustyytit (12 erilaista) ja niiden energiatehokkuusluokat ovat seuraavassa taulukossa ja selkeyden vuoksi pientaloja koskevat nettoalaan perustuvat laskentakaavat on esitetty taulukon jälkeen erikseen listana.

Taulukko 16. E-luvut ja energiatehokkuusluokat rakennustyyteittäin

Rakennustyyppi	Lisätiedot	E-luvut ja energiatehokkuusluokat (2014)												
		A		B		C		D		E		F		G
		max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.	
Pientalot (yhden, kahden asunnon talot, muut erilliset ja myös majoituselinkeinoon tarkoitetut)	Nettoala <120m2	94	95	164	165	204	205	284	285	414	415	484	485	
	Nettoala 120...<150m2	a	a	b	b	c	c	d	d	e	e	f	f	
	Nettoala 150...600m2	g	g	h	h	i	i	j	j	k	k	l	l	
	Nettoala >600m2	70	71	106	107	130	131	210	211	340	341	410	411	
Rivi- ja ketjutilat	Myös loma-asunnot	80	81	110	111	150	151	210	211	340	341	410	411	
Asuinkerrostalot		75	76	100	101	130	131	160	161	190	191	240	241	
Toimistorakennukset	Myös terveyshuolto	80	81	120	121	170	171	200	201	240	241	300	301	
Liikerakennukset	Myymlät, taide, kirjasto	90	91	170	171	240	241	280	281	340	341	390	391	
Majoitusliikerakennukset	Hotellit, asuntolat, hoitolaitokset	90	91	170	171	240	241	280	281	340	341	450	451	
Opetusrakennukset	Tutkimusrakennukset ja päiväkodit	90	91	130	131	170	171	230	231	300	301	360	361	
Liikuntahallit	Ei uimahallit, eikä jäähallit	90	91	130	131	170	171	190	191	240	241	280	281	
Sairaalat		150	151	350	351	450	451	550	551	650	651	800	801	

(Heikkinen. 2014, 18-22)

a) $150-0,47 \cdot A$ (netto)

- b) 320-1,3*A (netto)
- c) 372-1,4*A (netto)
- d) 452-1,4*A (netto)
- e) 582-1,4*A (netto)
- f) 652-1,4*A (netto)
- g) 83-0,02*A (netto)
- h) 131-0,04*A (netto)
- i) 173-0,07*A (netto)
- j) 253-0,07*A (netto)
- k) 383-0,07*A (netto)
- l) 453-0,07*A (netto)

Hieman erikoisesti ET-luvuissa käytetty ”Muut” -luokka on poistunut. Lisäksi uima- ja jäähallit on erotettu liikuntahalleista, mutta niille ei ollut osoitettu omaa luokkaansa.

4.1.1 Sodankylän toimistorakennusesimerkki

Sodankylässä sijaitsevan toimistokäyttöön tarkoitetun kiinteistön ikkunat olivat huonossa kunnossa. Kohde oli valmistunut 1965. Ikkunoiden vaihtotarve ilmeni energiatodistusta varten tehdyllä tarkastuskäynnillä, joten samalla arvioitiin energiatehokkuuden vaikutuksia. Vanhojen ikkunoiden U-arvokerroin, jolla kuvataan ikkunan lämmönläpäisyä, oli 2,27 W/m²K. Uusien ikkunoiden U-arvo oli 1,4 (38% parempi), jolla saatiin ikkunapinta-alan ollessa 190m² säästöä aikaiseksi 1320€/vuodessa. Pelkän energiasäästön takia ikkunasaneerausta ei olisi kannattanut tehdä, koska ikkunavaihdon hinta-arvio oli 500€/m², kokonaisinvestoinnin noustessa 95.000€. Takaisinmaksuaika olisi siis noin 72 vuotta.

(Myyryläinen. 2008, 156-159)

On huomioitava, että pelkällä U-arvolla ei tule laskea varsinaisia takaisinmaksuaikoja. Ilmanpitävyydessä tulee huomioida ikkunoiden eri osien liitokset, tiivisteet, sisäpuutteet ja karmit. Auringonsäteilyn kokonaisläpäisykerroin (g-arvo) on suhdeluku ja kertoo kuinka paljon ikkunan ulkopintaan tulevasta auringonsäteilystä lämmittää huone-

tilaa. Selektiivipinnoitteet heijastavat säteilyjen eri taajuuksia ja parantavat energiatehokkuutta vähentämällä ikkunalasienvälisiä lämpösäteilyä. Eristyslasien välitiloissa käytetään ilmaa hidasliikkeisempiä jalokaasuja (esim. argon, krypton ja ksenon) täytekaasuina, joka parantaa lämmöneristystä. Välilistaksi tulisi valita jokin alumiinia parempi materiaali, esimerkiksi ruostumaton teräs, TPS-massa tai muovi.

(Ikkunoiden energiatehokkuus. n.d.)

Ikkunoiden U-arvon enimmäisarvoksi määriteltiin 2010 alkaen $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Keskimääräisiä U-arvoja eri ikkunatyypeille, jotka vaihtelevat valmistajittain:

- Vanha kaksilasinen MS-ikkuna: 2,7
- Kolmilasinen MSE-ikkuna: 1,8
- Selektiivipinnoitettu MSE-ikkuna: 1,3
- Vuoden 2005 tyyppillisen talon ikkuna: 1,5
- Vuoden 2007 matalaenergiatalon ikkuna: 1,0
- Nelilasinen energiansäästöikkuna (2 x kaksinkertainen eristyslasielementti): 0,6...0,8

(U-arvo. n.d.)

Sisäilma vaihdettiin keskimäärin 2,5 kertaa tunnissa. Uusi käyttöohjelma määritteli riittäväksi tasoksi 2 kertaa tunnissa. Lämpöenergiankulutus pieneni tällä toimenpiteellä 50 MWh/vuodessa ja sähkö 5,3MWh. Kiinteistön energiahinnoilla säästö oli yhteensä 3.314€. Talotekniikkaan kohdistuvat energiansäästötoimet ovat siis helposti merkittävämpiä kuin esimerkiksi kaikkien ikkunoiden vaihtaminen.

(Myyryläinen. 2008, 156-159)

4.1.2 Energiatodistuksen puutteet ja kritiikki

Esimerkiksi kansanedustaja Mirja Vehkaperä totesi vuonna 2014, että energiatodistus ei itsessään edistä energiansäästämistä. Byrokratian sijaan energiankulutusta saadaan vähennettyä esimerkiksi älykkäillä sähköverkoilla ja energiatehokkaiden lämmitystapamuutosten edistämällä. Veli-Matti Vanhanen puolestaan huomautti Vehkaperälle, että todellisten kulutuslukujen vertailukelpoinen arviointi on haasta-

vaa. Kulutus riippuu käyttöolosuhteista, joita ovat mm. toiveet huonelämpötiloista, ikkunoilla tuulettamisesta ja lämpimän veden käytöstä. Vanhasen mielestä molemmat luvut (*laskennallinen ja mitattu*) voisivat näkyä energiatodistuksessa, jolloin tietoa tarvitsevilla olisi mahdollisimman vertailukelpoinen tilannekuva kiinteistön energiankulutuksesta. Ei ole täysin selvää nouseeko energiatodistuksen arvo sen monimutkaisuuden mukana, mutta hinta on yleisimmin suoraan yhteydessä vaativuuteen. (Vehkaperä. n.d)

Kritiikin pohjalta Omakotiliitto teki kansalaisaloitteen (aloite keräsi 61 361 allekirjoitusta), jossa vaadittiin vuonna 2014 voimaantulleeseen lakiin muutoksia. Esimerkiksi vanhempia ja sähköllä lämmittäviä rakennuksia kohdeltiin aloitteen mukaan epäoikeudenmukaisesti. Myös 2014 energiatodistuksen mitattujen kulutuslukemien merkinnän vapaaehtoisuus sai suurta vastustusta. E-lukua (*laskennallinen kokonaisenergiakulutus*) ei pidetty tarpeeksi luotettavana ja totuudenmukaisena. (Heikkinen. 2014, 2)

E-luvun energiamuotokertoimet saivat paljon kritiikkiä osakseen. Erityisesti sähkön 1,7 kerroin lämmitysmuotona oli monien asiantuntijoiden mielestä kohtuuton, etenkin verrattuna kaukolämmön 0,7 kertoimeen. Olli-Heikki Kyllönen kuvaa hyvin tilannetta osoittamalla, että kaukolämpökohteen energiankulutus saa olla 2,5-kertainen, jolloin se saa samat pisteet sähkölämmityksen kanssa. Tämä ei ole mitenkään perusteltua Suomen oloissa, kun kolmannes sähköstämme tuotetaan uusiutuvilla energioilla ja kaksi kolmasosaa hiilidioksidipäästöttömästi. Kaukolämmön tuotanto nojaa pääosin hiileen, kaasuun ja turpeeseen, jotka kaikki ovat merkittäviä hiilidioksidin päästölähteitä, joita EU on pyrkinyt vähentämään. Kyllönen ehdotti 2014 energiamuotokertoimien poistamista tai niiden laskentaperusteen muuttamista hiilidioksidipäästöihin.

(Kyllönen. n.d)

”Kyllä se rehellisyyden nimissä täytyy näin sanoa, että ei tämä välttämättä ole ostajien tarpeesta tehty uudistus. -- siinä kerrotaan talon laskennallinen kulutus: m² / kWh / vuosi, mutta kerrotooko se sitten taas ostaja-asiakkaalle mitään, niin se on eri

asia. -- tämän paperin perusteella ei kyllä kannata mennä ostopäätöstä tekemään.”

Pertti Orava, Mikkelin kiinteistömaailma, yrittäjä

(Kasurinen. 2013)

Energiatodistusten hintaeroja ollaan myös kyseenalaistettu. Esimerkiksi Ylen tekemässä selvityksessä 2014 Suomen LVI-Suunnittelu laati omakotitalon energiatodistuksen 250 eurolla ja Raksystems Anticimex 800 eurolla. Pasi Partasen, Suomen LVI-Suunnittelu, mielestä erihintaisilla todistuksilla ei ole oikeastaan muuta eroa kuin hinta. Antti Hatsala, Raksystems, korkea hinta selittyy työmäärällä (6-10 tuntia), johon sisältyy aina kenttäkäynnit ja lainmukaisuus. Kuntotarkastuksen yhteydessä Raksystems tekee energiatodistuksen 500 eurolla, jolloin molemmista saa paljon tietoa. Partanen huomauttaa myös, että energiatodistuksen laatija voi itse päättää mitä lähtötietoja käyttää (rakennuspiirustukset, omat mittaukset, oletusarvot) ja minkälaisia remontteja ehdottaa (kalliita vai halvempia). Joskus myyjäosapuoli toivoo mahdollisimman lyhyttä toimenpidelistasta. Rakentamisen laadusta todistus ei kerro. Laki vaatii sisätiloihin tutustumisen, mutta ei määrittele sitä tarkasti.

”Normikuluttajahan ei ymmärrä hölkäsen pöläystäkkään suurimmasta osasta asioita, mitä energiatodistuksesta tulee ilmi. Kahdeksaa kymmenestä ei kiinnosta muuta kuin nähdä se.”

Mika Grönlund, Kotikulma Espoo, myyntipäällikkö

(Maarit. 2014.)

Suomen lämmöneristevalmistajien yhdistys (Finnisol) puolusti energiatodistusjärjestelmää mm. energiansäästön edistämiseksi. Finnisolin mukaan energiatodistus on järkevä tapa investoida asiantuntijalausuntoon rakennuksen tilasta ja saada yksityiskohtaiset suositukset toimenpiteistä, joilla energiatehokkuutta voidaan parantaa. Finnisolin mukaan uusissa eurooppalaisissa selvityksissä on osoitettu, että lämmöneristykseen satsaamalla voidaan yksityistalouksien hiilidioksidipäästöjä vähentää 400 miljoonalla tonnilla vuodessa, joka on Kioton ilmastopöytäkirjan velvoite Euro-

palle. Energiatehokkuuden lisäksi käyttäjät ja omistajat saavat halvemmat lämmityskulut, mukavammat olosuhteet ja korkeamman arvon kiinteistölle.

(Kempainen. 2006.)

Internetistä löytyy paljon aineistoa energiatodistuksiin liittyen ja osa on valitettavan huonosti taustoitettua, jolloin niistä voi saada erittäin negatiivisen kuvan. Esimerkiksi Motivan sivujen kautta löytyvä tekstiasiakirja, jossa koostetaan energiatodistuslaati-
joiden ryhmäkeskustelut, herättää paljon kysymyksiä. Poimintoja kommentteista energiatodistuksen muuttamisen lakiesityksestä:

- Liikaa erilaisia todistuksia markkinoilla, sekava
- Nykyisessä todistuksessa on jo kaikki mitä suunnitellussa muutoksessakin on tarkoitus esittää. Kannattaako muuttaa?
- Mitä uimahallien energiatodistuksella saavutetaan? Mihin esimerkiksi uimahallin energiankulutuksessa voidaan vaikuttaa?

Poimintoja kommentteista muihin käsiteltyihin aiheisiin liittyen:

- Energiatodistus ei ole kiinteistöpidon työkalu
- Miten määritellään todistukseen pääilmanvaihtokone, jos erilaisia konetyyppejä on rakennuksessa lukuisia?
- Miten varmistettaisiin, että kaikki määrittelevät tarpeenmukaisen ilmanvaihdon yhteneväisesti laskelmiin?
- Mihin ilmanvuotoluvun taulukkoarvot perustuvat?
- Ilmanvuotoluvun määrittely olemassa olevaan rakennukseen niin, että se vastaisi lähellekään todellisuutta on haastavaa.
- LTO:n vuosihyötysuhteen laskemiseen yhtenäinen esitysmuoto/standardi, valmistajien ilmoittavat luvut poikkeavat toinen toisistaan
- Sanktio energiatodistuksen puuttumisesta. Esim. LKV-pätevyys hyllylle tai uudelleen pätevyyskoulutus. Kaupanvahvistajan pätevyysvaatimusten tarkastus.

(Energiatodistuslaati-ryhmäkeskustelukooste. 2015.)

4.1.3 Hyvään sisäilmastoon liittyvät säädökset ja raja-arvot

Sisäilmaluokat, niiden tavoite-, enimmäis- ja sallittujen poikkeamien arvot on esitetty seuraavassa taulukossa:

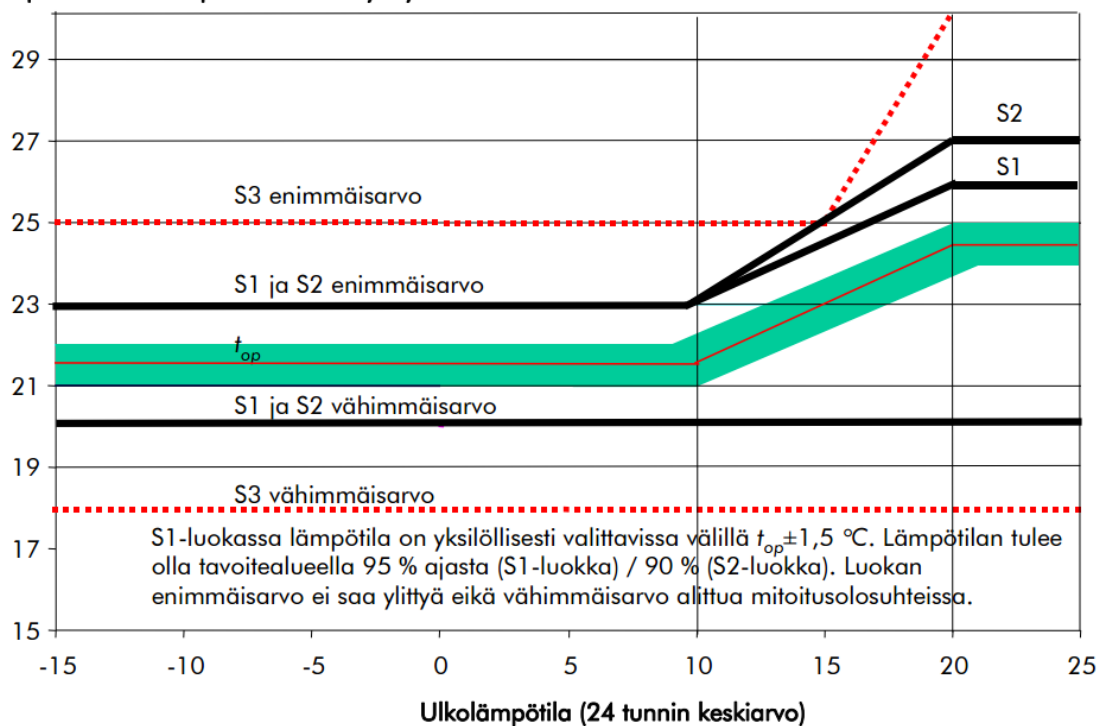
Taulukko 17 Sisäilmaluokat ja tavoitearvot (Sisäilmaluokitus 2000)

Tavoitearvot	Sisäilmaluokka ja enimmäisarvot						
	Huom	S1		S2		S3	
		min	max	min	max	min	max
Huonelämpötila	Talvi	21 °C	22 °C	20 °C	22 °C	20 °C	23 °C
Huonelämpötila	Kesä	23 °C	24 °C	23 °C	26 °C	22 °C	27 °C
Tilapäinen poikkeama		+0,5 °C		+1 °C		+2 °C	
Lämpötilaero pystyysuunnassa		2 °C		3 °C		4 °C	
Lattian pintalämpötila		19 °C	29 °C	19 °C	29 °C	17 °C	31 °C
Ilman suhteellinen kosteus	Talvi	25 %	45 %	-	-	-	-
Ilman nopeus	Talvi	0,13 m/s	0,14 m/s	0,16 m/s	0,17 m/s	0,19 m/s	0,20 m/s
Ilman nopeus	Kesä	0,20 m/s		0,25 m/s		0,30 m/s	

(Myyryläinen. 2008, 28)

Säädöksiä tarkistetaan aina muutaman vuoden välein. Esitystapaa on pyritty visualisoimaan uudemmissa versioissa havainnollisemmin. Periaate pysyy samana, kesällä sallitaan hallitsemattomampi lämpeneminen ja kosteuden vaihtelu ulkoilmaolosuhteiden mukaan. Seuraavassa kuviossa on Sisäilmaluokitus 2008:n mukaiset lämpötilan tavoitearvot:

Operatiivinen lämpötila oleskeluvyöhykkeellä



Lämpötilan tavoitearvot Sisäilmaluokitus 2008:ssä. Lämpötilan tavoitealue S1-luokassa on esitetty tummennettuna. Alueen keskellä oleva viiva (T_{op}) on lämpötilan asetusarvo.

Kuvio 35 Rakennuksen sisälämpötilan tavoitearvot (*Sisäilmaluokitus 2008*)

(Säteri. 2008.)

Tavoitearvoilla pyritään sellaisiin olosuhteisiin, joihin 90% asukkaista olisivat tyytyväisiä. Edellä esitettyjä arvoja voidaan hienosäätää tarvittaessa ylös tai alaspäin käyttäjien erikoistoiveiden mukaan ja tilojen vaatimalla tavalla.

Ihmisen fyysinen suorituskyky laskee noin 80% tasoon huonelämpötilan ollessa 30C. Vastaavasti 36C huonelämpötilassa fyysinen suorituskyky on enää noin 50% ja henkinen suorituskyky on laskenut 80%:iin. (Seppänen O., Seppänen M. 1997, s.15) Korkea huonelämpötila nostaa sisäilmaan liittyvien ärsytysoireiden määrää esimerkiksi 21..22C huonelämmön noustessa 24..25C huonelämpötilaan ärsytysoireita tulee 36% lisää. (Seppänen O., Seppänen M. 1997, 16)

Huoneilman hiukkaset, kaasut ja muut haitta-aineet

Sisäilmaston laatutavoitteisiin liittyvät haitta-aineiden enimmäisarvot sisäilmastoluokittain ovat esitetty seuraavassa taulukossa:

Taulukko 18 Haitta-aineiden enimmäisarvot (*Sisäilmaluokitus 2000*)

Haitta-aine	Tunnus	Sisäilmastoluokat		
		S1	S2	S3
Radon	Rn	100 Bq/m ³	100 Bq/m ³	200 Bq/m ³
Hiilidioksidi	CO ₂	700 ppm	900 ppm	1200 ppm
Hiilidioksidi	CO ₂	1300 µg/m ³	1650 µg/m ³	2200 µg/m ³
Ammoniakki / amiinit	NH ₃	30 µg/m ³	30 µg/m ³	40 µg/m ³
Formaldehydi	H ₂ CO	30 µg/m ³	50 µg/m ³	100 µg/m ³
Haihtuvat org.yhdisteet	TVOC	200 µg/m ³	300 µg/m ³	600 µg/m ³
Hiilimonoksidi	CO	2 µg/m ³	3 µg/m ³	8 µg/m ³
Otsoni	O ₃	20 µg/m ³	50 µg/m ³	80 µg/m ³
Hajuvoimakkuus (intentiseettitaulukko)		3	4	5,5
Mikrobit		Ei enimmäisarvoja		
Tupakan savu, tupakoimaton tila		Ei aistittavissa		
Hiukkaspitoisuus		20 µg/m ³	40 µg/m ³	50 µg/m ³

(Myyryläinen. 2008, 29)

Aineiden kuvaukset (*Sisäilmaluokitus 2000*):

- Radon: Syöpää aiheuttava radioaktiivinen kaasu

- Hiilidioksidi: Hiilen ja hapen kemiallisessa reaktiossa vapautuva kaasu. Ihmisperäinen CO₂ mitataan esim. infrapuna-analysaattorilla (ppm -yksikkö).
- Ammoniakki: ioniselektiivisellä elektrodilla tai fotometrisesti mitattavia rakennuksesta tai ihmisen toiminnasta lähteviä kaasuja
- Formaldehydi: Rakennusaineista lähtöisin olevaa syöpää aiheuttava kaasu, jota voidaan mitata esimerkiksi nestekromatografisesti tai kromatrooppihap-pomenetelmällä
- Hiilimonoksidi (häkä): Tappava ja hajuton kaasu, joka syntyy palamisen tulok-sena, jos on happivajausta. Mitataan kaasuanalysaattoreilla.
- Otsoni: Otsonia käytetään esimerkiksi veden puhdistuksessa ja sitä mitataan huoneilmasta esimerkiksi kaasulumesenssi- tai UV-absorptiomenetelmällä
- Hiukkaspitoisuus: Huoneilmassa leijuva ”pöly” (partikkelikoko < 10 µm)

(Myyryläinen. 2008, 30)

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet asumistiloissa

Myyryläisen viittaamassa Sisäilmaluokitus 2000 -aineistossa on vaarallisella tavalla oikaistu TVOC-aineiden kuvauksessa, joten se on erotettu edellisestä listasta erikseen käsiteltäväksi.

Kuvaus Sisäilmaluokitus 2000 -aineistossa oli: ”Rakennusaineista lähtöisin olevaa syöpää aiheuttava kaasu, TVOC-pitoisuuksien mittauksissa tulee tunnistaa vähintään 70% VOC-yhdisteistä ja tarkistaa, että niiden yhdisteiden pitoisuus on alle tunnettu-jen raja-arvojen.”.

(Myyryläinen. 2008, 30)

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (Volatile Organic Compounds = VOC) ovat kaasuja, joita ovat esimerkiksi aromaattiset hiilivedyt (tolueeni, bentseeni), aldehydit, halo-genoidut yhdisteet, esterit ja alkoholit (etanoli, n-butanoli, propanoli). Tunnettuja VOC-yhdisteitä on satoja ja jo yksi niistä voi olla haitallinen. Päästölähteitä ovat eri-tysisesti pesuaineet, rakennus- ja sisustusmateriaalit.

Vieraalta tuntuva tai poikkeavaksi aistittava haju voi aiheuttaa huolta, jopa oireilua. Tällöin epäpuhtauksien selvittäminen ja tulosten asianmukainen esittäminen työnte-kijöille on avainasemassa.

(Klotz, Lahm. 2006, 191-197)

VOC-yhdisteillä on huonelämpötilassa (~22 °C) merkittävä höyrynpaine, ne voidaan todentaa kaasukromotografisin menetelmin ja kvantitoida sisäympäristöistä tai ulkoilmasta. Maailman terveysjärjestön (WHO) mukaan VOC-yhdisteet sulavat jo alle normaalin huonelämpötilan (*yhdisteet ovat osin tai kokonaan nestemäisinä huonelämpötilassa*), mutta kiehuvat vasta n. 50...260 °C (*kiehumispiste*).

(Indoor air quality. 1989.)

TVOC-nimityksellä tarkoitetaan VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuutta, eivätkä ne siis yksiselitteisesti ole syöpää aiheuttavia kaasuja, mutta erityisesti kokonaispitoisuuden epäillään aiheuttavan terveyshaittoja. Yleisimpiä näistä ovat silmien ja limakalvojen ärsytysoireet sekä päänsärky. Lisäksi hajut vähentävät viihtyisyyttä.

(VOC-yhdisteet. n.d.)

Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetuksessa (STM 2015) määritellään useita huoneilman toimenpideraja-arvoja VOC-yhdisteille, jotka lasketaan tolueeni-vasteella.

Yleiset toimenpideraja-arvot:

- TVOC-pitoisuus: 400 µg/m³
 - *Lähteestä riippumatta tavanomainen pitoisuusalue = 100...600 µg/m³*
 - *Suomalaisissa toimistoympäristöissä = 50...250 µg/m³*
 - *vrt. Sisäilmaluokitus 2000, S3 = 600 µg/m³*
 - *vrt. STM 2009 viitteellinen ohjearvo < 600 µg/m³*
 - *vrt. STM 2009 tavanomainen arvo = 200...300 µg/m³*
 - *vrt. Työterveyslaitoksen viitearvo työpaikoilla = 250 µg/m³*
 - *vrt. Saksassa ohjearvo on < 300 µg/m³*
 - *vrt. Scanvac (Pohjoismaisten LVI-yhdistysten yhteistyöelin) raja-arvot:*
 - *Laatuluokka AQ₁ = 200 µg/m³(Scanvac 1990)*
 - *Laatuluokka AQ₂ = 500 µg/m³(Scanvac 1990)*
- Yksittäinen VOC-yhdiste: 50 µg/m³

Muutamille yhdisteille on määritelty omat toimenpideraja-arvot:

- TXIB (2,2,4-trimetyyli-1,3-pentaalidioli di-isobutyaatti): $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- 2EH (2-etyyli-1-heksanoli): $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Naftaleeni (*huom. ei saa esiintyä hajua*): $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Styreeni $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$

(Asumisterveysasetus. 2015.)

TVOC-pitoisuuksien tutkinnan haastavuudesta kertoo mm. se, ettei Maailman terveysjärjestön (WHO) mukaan terveysperusteisia raja-arvoja TVOC-pitoisuuksille sisäilmassa ei voitu asettaa nykytietämyksen mukaan vuonna 2000, vaikka asiaa tutkittiin laajalti mm. Euroopassa. Yksittäisille VOC-yhdisteille sen sijaan on asetettu raja-arvoja, joiden haitallisuus tunnetaan.

(Air quality guidelines for Europe. 2000.)

Esimerkiksi hengityselinten mukaan lähtökohtaisesti paras ratkaisu on aina poistaa haitallisia VOC-päästöjä aiheuttava tavara sisätiloista tai vaihtaa käytettävää tuotetta (*esim. hajuhaittoja aiheuttavat pesuaineet*). Tuulettamalla voidaan ratkaista usein lievät rakennusmateriaaleihin liittyvät VOC-ongelmat. Tuuletus voi olla lyhytaikainen kova ilmanvaihdon tehostus (*esim. viikonloppuna, jolloin käyttäjät eivät ole kärsimässä vedontunteesta*) tai maltillisempi pitkäaikainen tehostus määrääjäksi.

Jos päästölähteen poistaminen on mahdotonta, kapselointimahdollisuus tulee selvittää, joka helpottaa mm. tuuletuksen järjestämistä. Etenkin kapseloinnin avulla päästöä voidaan tuulettaa ulos suoraan pinnalta, joka nopeuttaa prosessia. Tähän käytetään muun muassa ilmastoituja lattioita ja mattoja. Pinnoitteiden ja tasoitteiden VOC-päästöt vaativat joissakin tapauksissa niiden poistamisen ja vaihtamisen.

(VOC-päästöt. n.d.)

Ilmanvaihdon tehostamisen lisäksi mm. kohdepoistoilla, painesuhteen huolellisella suunnittelulla ja ammattimaisella toteutuksella voidaan päästä myös kohtuullisiin tuloksiin. Työskentelymenetelmät ja -käytännöt on hyvä tarkistaa, koska niitä muuttamalla voidaan usein vähentää päästöjä merkittävästi. Suojautuminen on viimeinen vaihtoehto TTL:n esityksen mukaan.

(TVOC. 2012, 6.)



Kuvio 36. VOC-yhdisteiden torjuntatoimia altistumisen hallinnassa

(TVOC. 2012, 7.) Huom. kuvio on muokattu Rantanen, J, President of ICOH (International Commission of Occupational Health, Former Director General of Finnish Institute of Occupational Health, 2005: Power Point Presentation -esityksestä.

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet teollisuusympäristön yleisilmassa

Työterveyslaitos (TTL) tutki teollisuusympäristöjen yleisilman VOC-yhdisteitä ja muodosti ehdotukset ohjearvoista sekä tavoitetasoista vuonna 2012. Tavoitetasomäärittely ei koske altistumista työssä, jossa käsitellään kemikaaleja, joista VOC-yhdisteitä voi vapautua ilmaan. Muilta osin yleisilman TVOC-pitoisuudella tarkoitetaan ns. taustapitoisuutta, jolle kaikki tiloissa työskentelevät riippumatta heidän tehtävästään. Lisäksi TTL huomauttaa, etteivät viitearvo tai tavoitetaso ole terveysperusteisia, joten niitä ei voida käyttää terveyshaitan arviointiin.

Tavanomaista sisäilmaa ja teollisuusilmaa on verrattu seuraavassa taulukossa:

Taulukko 19. TVOC-pitoisuustasot teollisen työympäristön yleisilmassa

TVOC-ympäristö	Pitoisuus(alue)	
	min.	max.
Tavanomainen sisäilma	50 µg/m ³	250 µg/m ³
Sisäilman viitearvo		250 µg/m ³
Tavanomainen teollisuusilma	80 µg/m ³	6600 µg/m ³
Teollisuusilman viitearvo		3000 µg/m ³
Teollisuusilman tavoitetaso		300 µg/m ³

(TVOC. 2012, 1)

Viitearvoilla tarkoitetaan pitoisuuksia joiden ylittyessä suositellaan lisäselvityksiä päästölähteistä ja mahdollisuuksien mukaan torjuntatoimenpiteistä. (Salonen. 2009, 87)

TTL työhygieenisten mittausten rekisteriä (*mittaukset tehty vuosien 1985...1998 välillä*) hyödynnettiin lähtötilanteen kartoituksessa. TTL:n selvityksessä hyvää teollisuustasoa (< 5 000 µg/m³) edustavia paikkoja oli korkeintaan 10% ja loput 90% edustivat yleistä teollisuustasoa (5 000...40 000 µg/m³). Saksassa työpaikkojen sisäympäristöilman raja-arvo on 3 000 µg/m³ ja lyhytkestoisen altistumisen raja-arvoksi on suositeltu 25 000 µg/m³.

(Seifert, Englert, Sagunski, Witten 1999, 499-504)

TTL teki vuoden 2005 tammikuun ja vuoden 2011 kesäkuun välisenä aikana 535 VOC-mittausta tutkimus- ja palveluhankkeiden puitteissa teollisissa työympäristöissä. Aineistosta poistettiin mm. päästölähteen (esim. liuotinainesäiliön) välittömässä läheisyydessä olevat mittaukset.

Taulukko 20 TTL:n asiakaspalvelumittausten TVOC-jakauma

Arvo	TVOC-pitoisuus
Keskiarvo	3 641 µg/m ³
Keskiahajonta	13 932 µg/m ³
Mediaani	750 µg/m ³
Minimi	15 µg/m ³
Maksimi	260 000 µg/m ³
95. persentiili	17 000 µg/m ³
90. persentiili	6 580 µg/m ³
25. persentiili	230 µg/m ³
10. persentiili	80 µg/m ³

(TVOC. 2012, 7)

(Persentiili ilmoittaa muuttujan arvon, jonka alapuolelle jakaumassa jää tapauksista 95% (95-persentiili). Toisin sanoen mitatuista kiinteistökohteista 5% ylittivät 17 000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ -mittausarvon.)

4.2 Kiinteistön energiakulutus ja -tuotanto

Kiinteistöjen ylläpito-organisaatioiden merkitys energiankäytön tehostamisessa on erittäin tärkeä. Ammattimainen ylläpitäjä huolehtii asiakkaiden sisäilmalaadusta parhaalla tavalla ja käyttää energiaa mahdollisimman vähän.

Energiakustannukset ovat nousseet viime vuosikymmeninä yleensä muuta kustannustasoa nopeammin.

(Myyryläinen. 2008, 149)

Jos ”öljyriippuvuutta” ei saada katkaistua, energian hinnan nousu voi olla tulevaisuudessa erittäin jyrkkä. Joka tapauksessa tulevaisuudessa energiahinnan uskotaan nousevan muuta kustannustasoa nopeammin, koska ilmastomuutoksen hillitsemisestä on sovittu erilaisin sopimuksin. Energiatrehokkuuteen ohjataan ns. kukkaron kautta, eli uusiutumattomien tai merkittäviä hiilidioksidipäästöjä aiheuttavien energiamuotojen verotusta lisätään merkittävästi.

Yhden asteen huonelämpötilan lasku vastaa noin 5%:n säästöä lämmityskustannuksissa.

(Vainio, Niemi 1993, 210)

4.2.1 Kiinteistöt kokonaisenergiakuluksesta

Suomen kokonaisenergiakulutuksesta yli 40% muodostuu rakennetusta ympäristöstä ja hiilidioksidipäästöistä rakennus- ja kiinteistöalan osuus on noin kolmannes. Myös EU:ssa on arvioitu, että energian loppukulutuksesta yli 40% käytetään asumis- ja palvelualalla. Tästä kulutuksesta laskettiin voitavan säästää 22% vuoteen 2010 mennessä. Tärkeimmiksi menetelmiksi listattiin:

- Tehokkaat ja tarpeenmukaisesti ohjatut ilmanvaihtojärjestelmät

- Lämmöneriste- ja ikkunateknologia
- Energiatehokkaat sähkölaitevalinnat

(Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö ja elinkaarimittarit 2005. 5-6)

Vuoden 2010 tavoitetta päivitettiin vuoden 2005 jälkeen, mutta myös vuonna 2014 EU:n energiakomissaarina toimineen Günther Oettingerin mukaan EU:n energiankulutuksesta jopa 40% johtui rakennuksista. Rakennuksista johtuva energiakulutus olisi pitänyt pudota 31,2% tasoon, jos 2005 voimassa oleviin tavoitteisiin olisi päästy. Viime vuosina on ajateltu, että vuoteen 2021 mennessä kaikki rakennukset olisivat lähes ns. nollaenergiarakennuksia. (Asikainen. 2017.)

4.2.2 Energiatehokkuusluokat

Asuinkerrostalon (uudiskohde) elinkaarikustannuksia vertailtaessa matalaenergiatalo on passiivitaloa edullisempi rakentaa. Passiivitalo muuttuu kokonaistaloudellisesti edullisemmaksi 20 vuoden kohdalla. Ns. normitaloon verrattuna matalaenergiakohde on edullisempi jo 10 vuoden kohdalla ja passiivitalo noin 13 vuoden kohdalla.

Talotekniikan näkökulmasta esimerkkikohteessa:

- ilmanvaihto-osat ovat normitaloon verrattuna matalaenergiatalossa (M-50) +20€/m² ja passiivitalossa (P-15) +35€/m²
- lämmitysosat ovat molemmissa (M-50 ja P-15) sama -35€/m²
- Kaikki kiinteistön huolto ja kunnossapitokulut: +5€/m² (M-50) ja +20€/m² (P-15)
- Lämpökustannusero: -200€/m² (M-50) ja -400€/m² (P-15)
- Sähkö: -5€/m² (M-50) ja -25€/m² (P-15)

Passiivitalo (P-25) on rakennuskustannuslisän ja jälleenmyyntiarvon näkökulmasta paras valinta, koska rakennuskustannuslisä (+3...4%) alittaa jälleenmyyntiarvon (+4...8%) varmimmin.

(RIL 249-2009. 2010, 76)

4.2.3 Energiakorjaukset

Energiatohokkuuden parantamiseen tähtääviä korjauksia edeltää melkein aina jonkinlainen tarkastus tai kartoitus. Ohessa on esitelty kiinteistön kuntoarvion ja Motiva-muotoisen energiakatselmuksen välisiä eroja.

Taulukko 21 Kuntoarvio (Rakennustieto) vs. Energiakatselmus (Motiva)

Toimenpide	Kuntoarvio (Rakennustieto)	Energiakatselmus (Motiva)
Perusselvitys	Tekniikan määrä ja järjestelmien monimutkaisuus	Järjestelmien kunnon ja käytön yleiskuvaus
	Laitteiden kunto	
	Järjestelmien kunto ja toiminnallinen laatu?	Energiatalouteen vaikuttavien seikkojen tarkempi tarkastelu
	Olosuhdeongelmien syyt?	
Energiatalouden kommentointi	Kulutusmuutossuunta? Nouseva/laskeva?	Kustannus ja kulutusjakauma
	Ominaiskulutukset/huippujen käyttöajat vrt. tilastokeskiarvo	Tariffitarkastelu
	Onko energiatalous huomioitu?	Kulutustason arviointi
	Onko lämmöntalteenotto?	Kannattavien säästötoimenpiteiden selvitys
Energiataloudelliset mittaukset	Kattilalaitoksen palamishyötysuhde	Motivan määrittelyjen mukaisesti kertamittauksia ja dataloggerimittauksia (<i>pitkäaikaisseuranta</i>)
	Huonelämpötilat (<i>karkeat mittaukset, muutama huone</i>)	
	Tilojen valaistusvoimakkuus	
Toimenpideehdotukset	Pääasiassa korjaus-, kunnostus- ja uusmistoimenpiteitä	Pääasiassa energiansäästötoimenpiteitä
	Energiansäästötoimenpiteet kuntoarvion perusteella	

(Kiinteistön kuntoarvio. 2014. 50)

Rakennusosien ja rakennusten vertailun kuntotaulukko, jota käytetään kuntoarvioissa, on esitelty seuraavassa taulukossa. Pitkätäkittämissuunnitelman (PTS) tarkastelujakso on 10 vuotta, ellei tilaajan kanssa sovita muuta.

Taulukko 22 Kuntoarvio (Rakennustieto) vs. Energiakatselmus (Motiva)

Luokka	Kuvaus	Valinta	Huoltotarve	Huoltoaika
5	Uusi		Ei toimenpiteitä	Yli 10v.
4	Hyvä		Kevyt huoltokorjaus	6...10v.
3	Tyydyttävä	3A	Kevyt huoltokorjaus	1...5v.
		3B	Peruskorjaus	6...10v.

2	Välttävä	2A	Peruskorjaus	1...5v.
		2B	Uusiminen	6...10v.
1	Heikko		Uusiminen	1...5v.

(Kiinteistön kuntoarvio. 2014. 65)

Raporttien tulkitsemisessa ja laadinnassa pitää olla tarkkaavainen, koska esimerkiksi LVI-tekniikkaa ohjaava kiinteistöautomaatio voidaan sijoittaa tietoteknisten järjestelmien alle. Talotekniset järjestelmät esitellään usein niiden oletettujen rakennuskustannusvaikutusten mukaisesti järjestyksessä: LVISA (*Lämpö-, vesi-, ilmastointi-, sähkö- ja automaatiojärjestelmät*).

Virheellisesti toimiva ohjausjärjestelmä, joka on pahimmillaan hajautettu kaikkiin urakoihin (LVISA) ja sisältää toisiaan kumoavia tekniikoita (*esim. lämmitys ja jäähdytys*) – voi kuitenkin aiheuttaa todella suuria kustannuksia. Harva lähtisi kyytiin ajoneuvoon, jonka ohjaus ei toimi, mutta moni elää tällaisessa kiinteistössä.

Ohjausjärjestelmät mainitaan otsikkona ("*T8 Automaatio- ja mittausjärjestelmät*"), mutta niistä ei ole yhtäkään riviä kuntoluokkien määrittelyssä "Kiinteistön kuntoarvio"-kirjassa sivuilla 71-80. Vastaavasti yleisten tilojen valaisimista on 16 riviä ja yleisantennijärjestelmästä 20 riviä. (Kiinteistön kuntoarvio. 2014. 67-80)

Vuoden 2013 tammikuun hintatasolla (alv.0%) tavallisimpien taloteknisten energiakorjausten hinnat esitely oheisessa taulukossa asuinkerrostaloon (2000 asm²). Rakennuttaminen (R), suunnittelu (S) ja valvonta (V) muodostavat noin 10% lisäkustannuksen varsinaiseen työ- ja materiaalikustannukseen. Tämä on esitetty taulukossa sarakkeessa: "Sis. R+S+V".

Taulukko 23 Taloteknisten energiakorjausten hinnat (2013)

Toimenpide	€/asm2		Keskiahinta	Sis. R+S+V
	Min	Max		
			2 000 asm2	10 %
Kaukolämpökeskuksen uusiminen (lämmitysputkistoja ei uusita)	6	10	16 000 €	17 600 €
Patteriventtiilien uusiminen ja verkoston perussäätö	15	20	35 000 €	38 500 €
Ilmanvaihtojärjestelmän kunnostus ja perussäätö	3	5	8 000 €	8 800 €
Asuntokohtaisen seinäpuhallusjärjestelmän rakentaminen + LTO	55	70	125 000 €	137 500 €

Rakennuksen hyvään kunnessapitoon kuuluu huolehtia myös energiatehokkuudesta. Energiakorjausten vaikutusaika on pitkä, rakennuksen ominaisuudet ja arvo paranevat myös välillisesti. Toimenpiteitä tulisi tarkastella kokonaisuutena, jossa hankintahintaa verrataan saatuihin hyötyihin. Kannattavuuden arviointi tehdään takaisinmaksuajan avulla huomioimatta korkovaikutuksia, joka saadaan seuraavalla kaavalla:

$$\frac{\text{Energiansäästötoimenpiteen hinta (K)}}{\text{Toimenpiteen vuosisäästö (S)}} = \text{Takaisinmaksuaika vuosina (T)}$$

Investointi on kannattava, jos takaisinmaksuaika on lyhyempi kuin jäljellä oleva rakennuksen taloudellinen käyttöaika. Taloyhtiössä luvut kannattaa laskea verollisina (alv.24%), mutta kiinteistöyhtiöissä tapana on laskea kaikki verottomina (alv.0%). Mahdollisia energiatukirahoituksia käytettäessä tulee huomioida, ettei tukisumma välttämättä sisällä investoinnissa huomioitavaa arvonlisäveroa, vaikka energiakorjaus tehtäisiin ns. verollisena loppuasiakkaalle.

Energiahinta kannattaa laskea esim. kolmella arvolla, joista kuntoarvioinnissa käytettiin 2014:

1. E = 0,10€/kWh (100€/MWh)
2. E = 0,20€/kWh (200€/MWh)
3. E = 0,30€/kWh (300€/MWh)

Energiahinnan vaikutus vaikutti asuinkiinteistön kuntoarvion lämpöeristykseen kohdistuvissa energiakorjauslaskelmissa seuraavasti takaisinmaksu-aikaan. 1 = 2,5 v., 2 = 1,25 v. ja 3 = 0,8 v. Eli energiahinnan vaikutus on melkein suoraan verrannollinen: 1 → 2 = 50% ja 1 → 3 = 32%. Laskentaperusteet ja energiahinnan vaikutuksen aiheuttama herkkyys laskelmiin tulee käydä asiakkaan kanssa läpi.

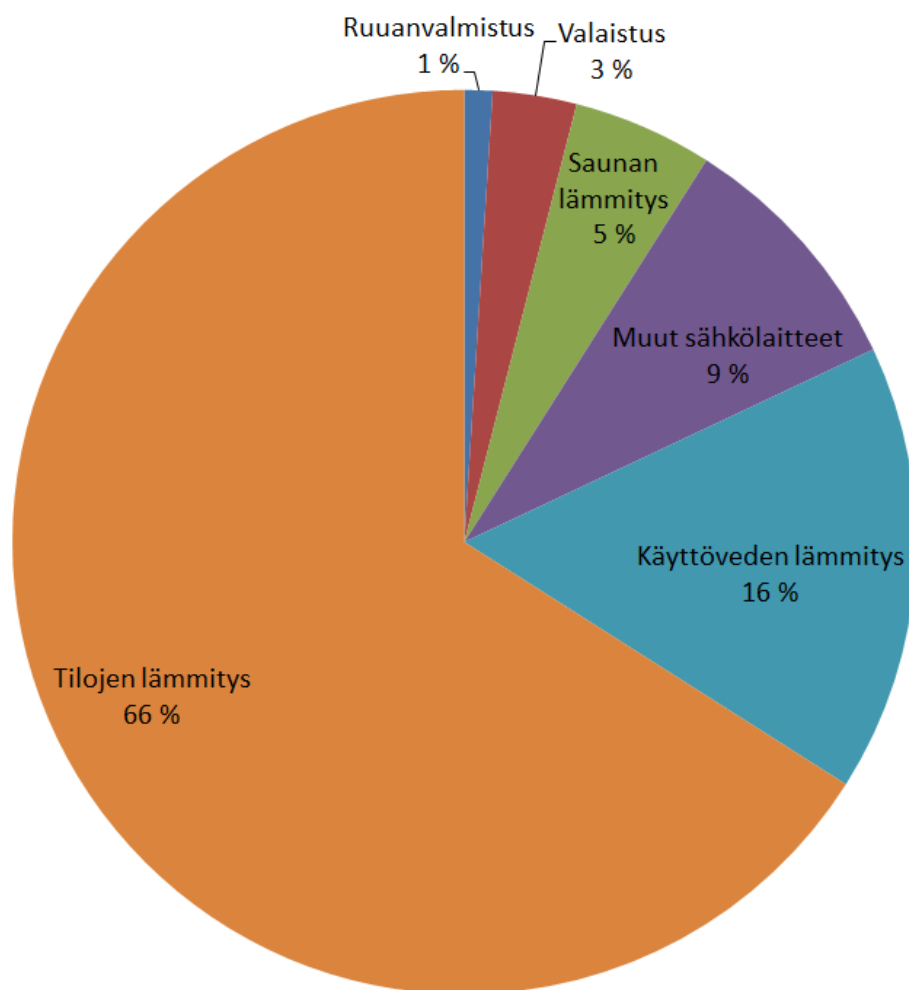
Esimerkiksi ikkunaremonttia suunniteltaessa pitää varmistua, että ilmanvaihto- ja lämmitysjärjestelmät toimivat oikein vielä remontinkin jälkeen. (Kiinteistön kuntoarvio 2014, 39-40)

Energiakorjausten takaisinmaksuajat 1960-luvulla rakennettujen lähiökerrostaloissa vaihtelivat 18...21 vuoden välillä ja samanikäisissä pientaloissa 9...14 vuoden välillä.

(RIL 249-2009, 80)

4.2.4 Lämmitysenergian käyttö

Erittäin hyvällä eristyksellä kylmä ulkoilma ja lämmin sisäilma eivät pääse kosketuksiin, joten sisäilma ei pääse kylmenemään hallitsemattomasti. Kiinteistöissä on kuitenkin ihmisiä, joten täysin eristettyä pulloa ei voi rakentaa – koska ilmaa pitää vaihtaa. Suomessa asumisen energiakustannuksista meni vuosina 2010...2015 noin 66% lämmitykseen. Lämmitykseen käytettävän energian hallinta on kriittinen osa kiinteistöjen elinkaarikustannuksia.



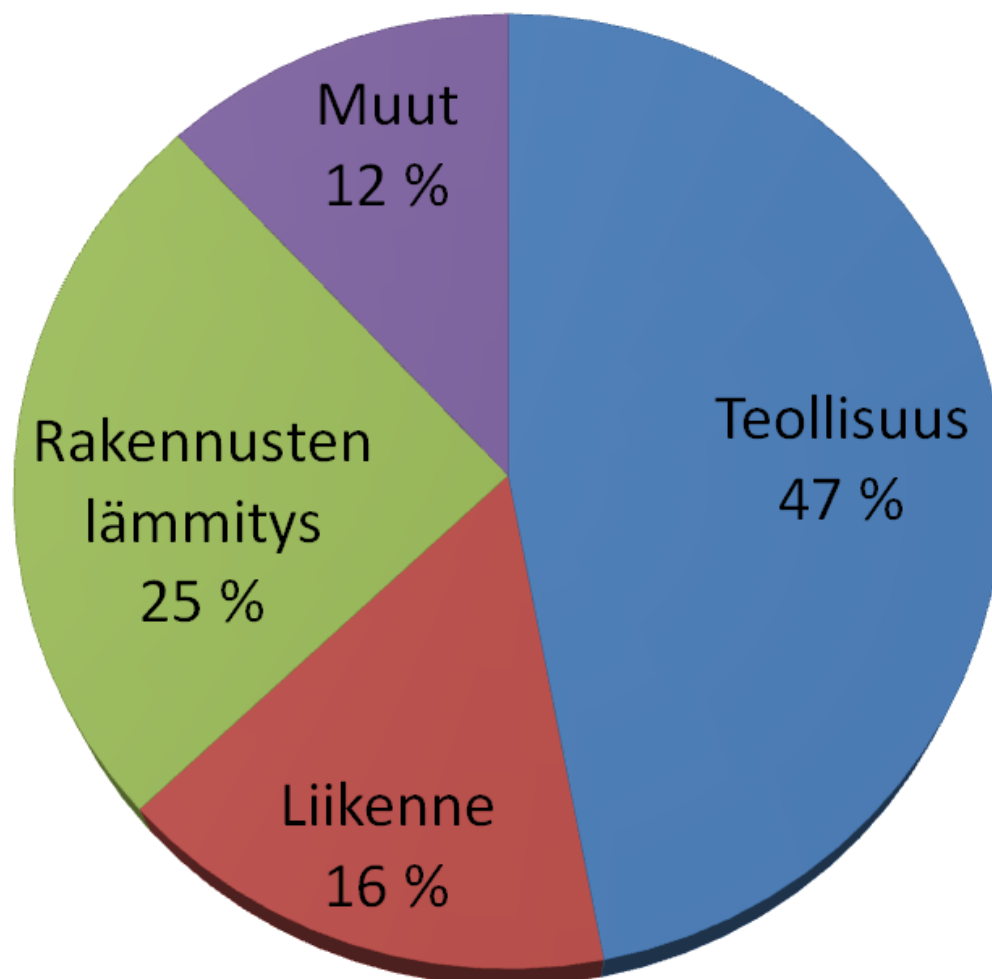
Kuvio 37 Asumisen energiakustannukset vuosina 2010...2015

(Asumisen energiakustannukset. 2015.)

Koko Suomen vuoden 2014 energian loppukäytöstä meni noin puolet teollisuudelle (47%), neljännes rakennusten lämmitykseen (25%), liikenteeseen kuudennes (16%) ja

lopun on niputettu ”Muut”-osioon (12%). Alla olevassa kuvassa on esitetty visuaalisesti sama asia.

(Energia Suomessa. n.d.)



Kuvio 38 Energian loppukäyttö vuonna 2014

On hyvä huomata, että tämä energiakulutuksen jakauma on perusteiltaan erilainen, kuin aiemmin esitetyt 40% arviot kokonaisenergiakäytöstä. Teollisuuden sisältämä kiinteistöenergia jää epäselväksi esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmien osalta.

Vuonna 1993 Suomen rakennusalan kokonaskulutus primäärienergiasta oli yli 50%:

- Asuin-, liike- ja julkisten rakennusten lämmitys (22%)
- Teollisuus ja varistorakennukset (5...10%)

- Rakennusmateriaalien valmistus ja kuljetus (4,5%)
- Rakentamisen aikainen lämpö ja sähkö (2%)
- Rakennusten sähkönkäyttö (15%)

(Seppänen O., Seppänen M. 1997, 255)

Lämmitysjärjestelmien kustannukset jakautuvat yksinkertaistetusti taulukossa 11 esitetyllä tavalla.

Taulukko 24 Rakennusten lämpöenergiajakauma ja ominaiskulutus

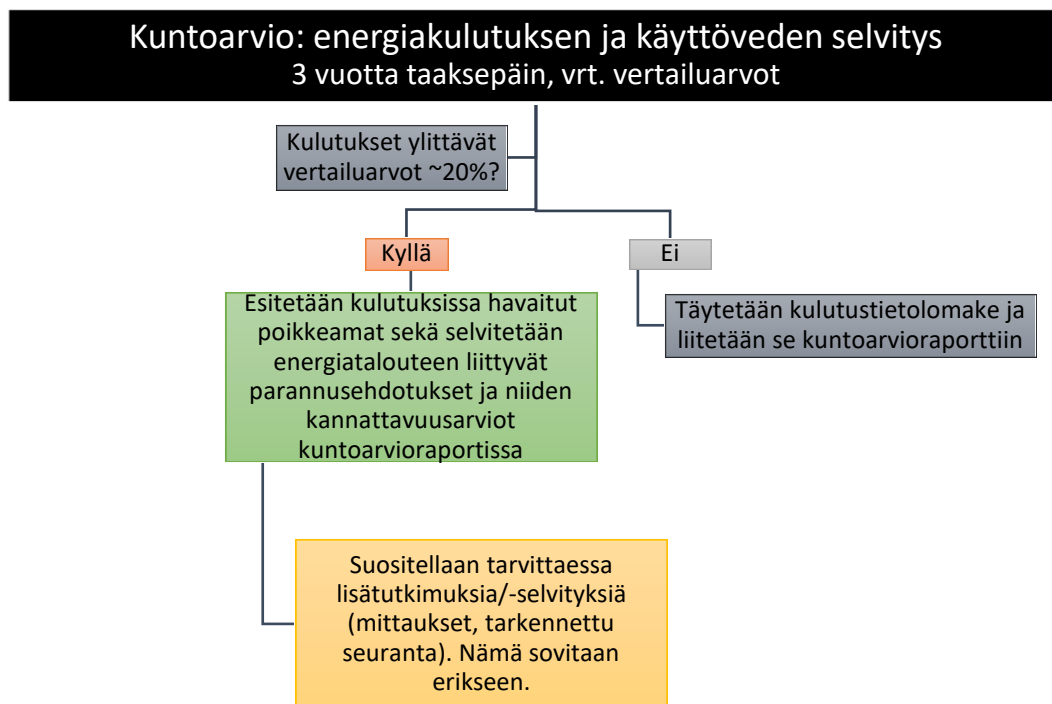
Rakennustyyppi	Johtuminen	Ilmanvaihto	Lämminvesi	Ominaiskulutus
Asuinkerrostalo	42 %	28 %	30 %	68,8 kWh/rm3
Toimistot	32 %	48 %	20 %	37,7 kWh/rm3
Myymälät	35 %	45 %	20 %	38,9 kWh/rm3
Koulut	42 %	38 %	20 %	61,6 kWh/rm3
Terveyskeskukset	34 %	46 %	20 %	47,5 kWh/rm3
Sairaalat	31 %	49 %	20 %	71,6 kWh/rm3
Teollisuushallit	40 %	40 %	20 %	24,2 kWh/rm3

(Myyryläinen. 2008, 192)

Kustannustehokkaita tapoja säästää energiakuluissa ovat mm. erilaiset lämpöpumppuratkaisut ja optimoimalla lämmitysjärjestelmiä.

4.2.5 Lämmitysenergiesäästön tuntemus

Lämmitysenergian säästömahdollisuudet tunnetaan edelleen melko huonosti. Tämä selviää Rakennustiedon vuonna 2014 julkaisemasta ”Kiinteistön kuntoarvio” -kirjasta. Energiataloudellista selvitystä koskevassa osiossa rohkaistaan tekemään lisäselvityksiä vasta energiakulutuksen poikkeavan vertailuarvosta yli 20%.



Kuvio 39 Energiakulutuksen ja käyttöveden selvitys kuntoarviossa

Samalla huomautetaan, ettei luotettavia päätelmiä voi tehdä pelkistä kulutustiedoista. Parantaviksi toimenpiteiksi listataan lämmitysenergiesästöissä:

- Lämmitysmuodon vaihtaminen:
 - Suora sähkölämmitys → maalämpö
 - Öljylämmitys → uusiminen ja aurinkokeräimen lisääminen
- Patteriventtiilien uusiminen
- Lämmitysjärjestelmän perussäätö (*esim. vesipatterit*)
- Lämmöntuotantolaitteiden huolto
- Lämmönjakojärjestelmän säädön tarkistus ja korjaus
- Energiatehokkaista asumiskäytännöistä tiedottaminen
- Yhteistilojen lämpötilan ohjaus käytön mukaisesti

Lämpöpumpuista mainitaan vain maalämpöjärjestelmä ja säästöesityksessä ei huomioida, ettei suorassa sähkölämmityksessä ole vesikiertoista lämmitysjärjestelmää. Maalämpöjärjestelmää ei luonnollisesti voi käyttää suoraan korvaamaan esimerkiksi

lattiaan asennettuja olevia sähkölämmittimiä. Esitettyihin toimenpiteisiin liittyy siis erittäin merkittäviä investointeja, joiden takaisinmaksuaika voi olla todella pitkä. (Kiinteistön kuntoarvio 2014, 26-28)

Kiinteistön rakenteet pystyvät varastoimaan itseensä lämpöenergiaa ja myös kylmyyttä. Tämä *rakennuksen lämpökapasiteetti* aiheuttaa kiinteistötekniikan kautta toteutetuissa säädöissä hitautta. Etuina ovat:

- Huonelämpö on vakaampi ja lämmityksen säätö on helpompi äkillisissä ulkoilman lämpövaihteluissa (*lyhyt helle- tai paukkupakkasjakso*)
- Rakenteisiin voidaan varastoida ilmaisenergiaa (*sisäiset kuormat, aurinko...*)
- Kiinteistö ei mene heti kylmäksi, vaikka lämmityksessä tulisi pieni häiriö

Haittana on mm. epäsäännöllisessä käytössä olevan kiinteistön lämmityksen ja jäädytyksen hitaus. Toisin sanoen, jos yöaikaan kiinteistöä haluttaisiin pitää vain ylläpitolämpötilassa ja varmistua esim. klo:8 töihin tulevien mukavuudesta, asettaa tällainen järjestelmä vaatimuksia kiinteistöautomaation mittaus- ja säätökyvyille.

”Rakenteiden massan vaikutus energiankulutukseen ja tehontarpeeseen on monitahoinen kysymys.”

(Seppänen O., Seppänen M. 1997, 260)

Tämän asian ympärille on muodostunut jo kaupallisia sovelluksia mm. sääennustepohjaisena lämmityksen säätönä, jossa ulkolämpötila-anturin mittauslukemaa siirretään ennakoivasti sääennusteen mukaan. Esimerkiksi kotimainen kiinteistöautomaatiotoimittaja Fidelix on tuonut oman sovelluksensa markkinoille hiljattain ja eGain-järjestelmällä on tehnyt jo pidempään tämän ilmiön hyödyntämistä.

Ongelmana on, että sääennusteen hyödyntäminen vaatii säätöjärjestelmältä kiinteistökohtaisen lämpökapasiteetin riittävän tuntemuksen, jotta se pystyy laskemaan hyödynnettävissä olevan ilmaisenergian. Tämä vaatii pitkää mittarointijaksoa erilaisissa ulkoilmaolosuhteissa ja aktiivista optimointia.

Kiinteistöautomaatiojärjestelmissä on olemassa automaattisia optimointiohjelmia, mutta edelleen niiden käyttö on vähäistä – koska ne ovat huonosti tunnettuja ja niiden käyttö on epämääräistä. Kaikki yksittäisetkin huonot kokemukset aiheuttavat

käyttäjissä epävarmuutta ja haluttomuutta ottaa käyttöön erilaisia uusia järjestelmiä, joiden toimivuus on ollut jossakin kohteessa joskus kyseenalainen. Tämä ei siis vaadi toteutetun järjestelmän toimivuusongelmaa, vaan mikä tahansa ongelma esim. lämmityksessä kytketään automaattisesti uuden järjestelmän ongelmaksi. Alalla on merkittäviä epävarmuustekijöitä ja usein käyttäjät kuvaavatkin tyytymättömyyttään: ”Eihän ihmisten hyvinvoinnilla saa leikkiä ja tehdä *kokeiluja – että toimisikohan tällainen uusi juttu.*”

Lämmitysjärjestelmien perussäätöhankkeella (Motiva, laatujärjestelmämalli) on saatu keskimäärin 14% säästö lämmitysenergiakuluissa ja takaisinmaksuaika on ollut 3...5 vuotta. Uusissa kiinteistöissä (<15v.), joissa laitteistoa ei tarvitse uusia, perussäätö on erittäin kannattavaa.

(Siikala ym. 2000, 95)

”Vedon tunne aiheutuu joko ilman liikkeestä tai säteilyolosuhteista.”

(Siikala ym. 2000, 95)

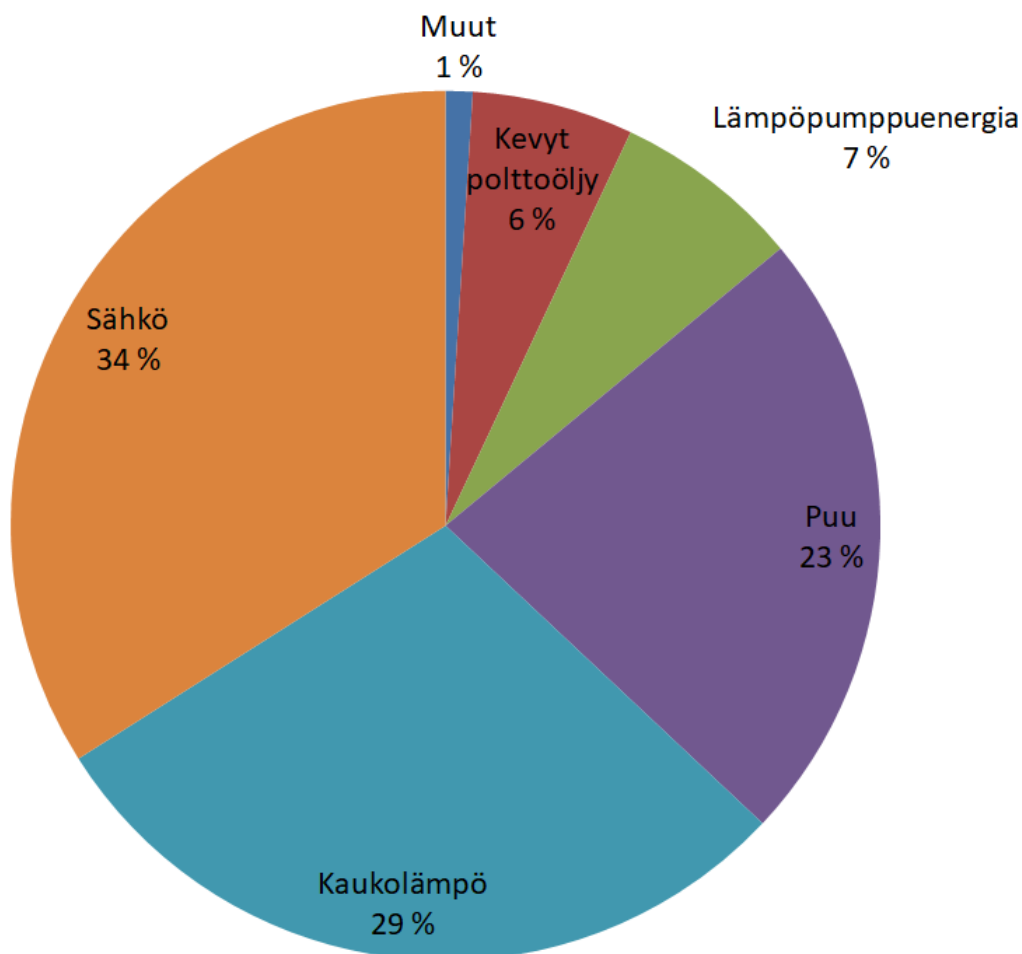
Nykyään rakennetaan tiiviitä kiinteistöjä, joten ilmanvaihto on pääsiallinen ilman liikuttaja. Vuotokohtien tiivistäminen, ilmanvaihdon säätäminen ja korvausilmareittien suunnittelu oikein estävät vetohaitat. Kylmäsaiteilyn aiheuttamaa vedontunnetta ikkunoilla voidaan estää lisäämällä kolmas lasi tai käyttämällä selektiivilasia.

Uusissa taloissa ilmanvaihdon pitää toimia tehokkaasti ainakin ensimmäisen vuoden, jotta rakennusaikainen kosteus ja erilaiset yhdisteet saadaan poistettua. Asuintalossa ilmanvaihdon tehokäyttö on myöhemmin tarpeellista vain ruuanlaiton ja saunomisen yhteydessä. Hyvällä suunnittelulla tämäkin hoituu sektorikohtaisesti, eikä koko taloa tarvitse talvipakkasilla tuulettaa.

4.2.6 Lämpöpumput

Lämpöpumppujen suosio kasvaa koko ajan ja edustivat jo 2015 vuonna 7% asumisen energialähteistä. Alla olevan kuvion ”Muut”-osiossa on niputettuna: maa- ja neste-kaasu 0,7%, turve 0,1%, raskas polttoöljy 0,1% ja hiili 0,005%. Vielä on siis reilusti asuntoja, joissa kesäisen pallogrillipalvonnan ohella laitetaan talvella mustaa kultaa

palamaan – nesteenä tai paloittain. Myös kaukolämpöä ja sähköä tuotetaan, paikkakunnasta riippuen, fossiilisilla polttoaineilla.



Kuvio 40 Asumisen energiakulutuksen energialähteet vuonna 2015

(Asumisen energiakustannukset. 2017.)

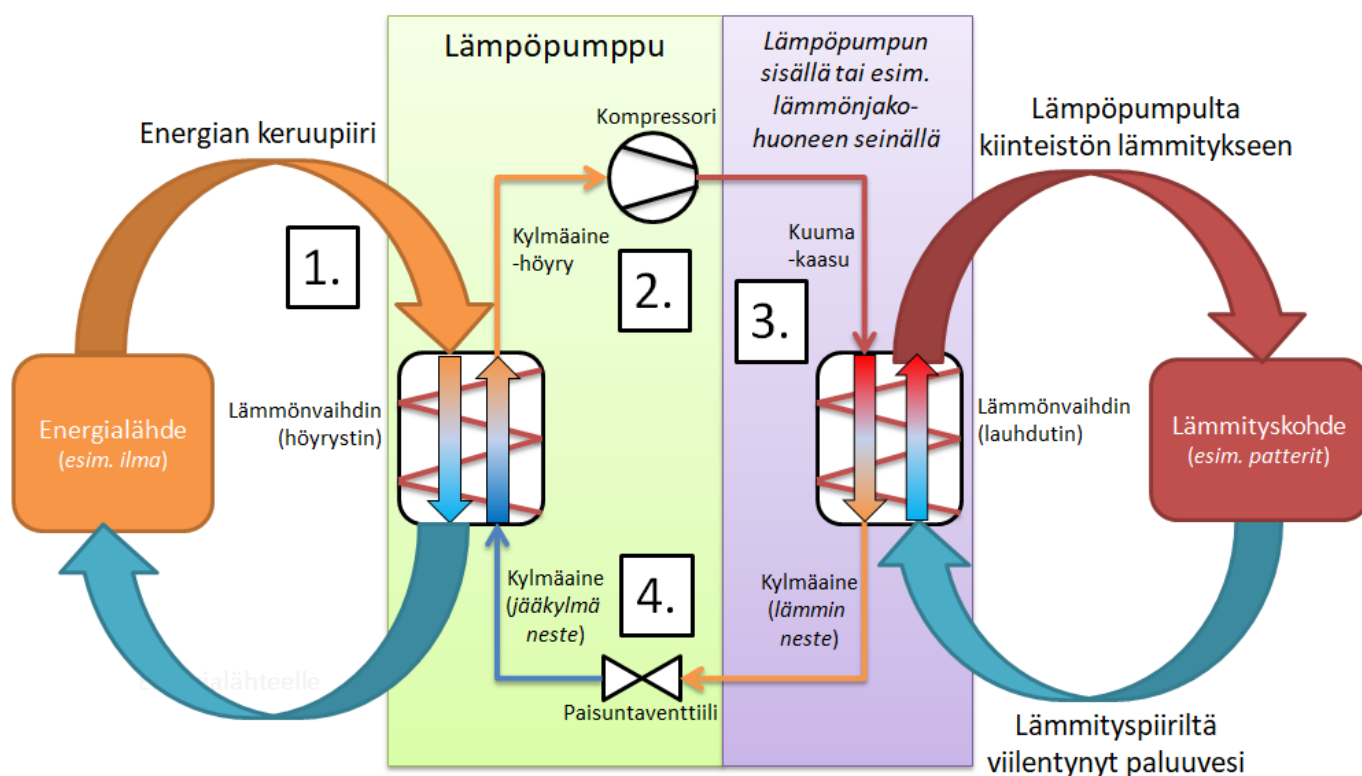
Lämpöpumpputekniikka perustuu kylmäaineen olomuotomuutoksiin: nesteestä kaasuksi ja toisin päin. Kylmäainepiirin keskiössä on kompressorisyksikkö, joka puristaa väliaineen kasaan. Kylmäaineneste höyrytetään ja muutetaan takaisin nesteeksi lämmönvaihtimella. Lämpöpumpun tekniikkaa käytetään jäähdytykseen ja lämmitykseen. Usein sanotaankin, että lämpöpumppu toimii samoin kuin jääkaappi – mutta prosessi on toisin päin.

Lämpöpumpun toimintaperiaate:

- 1) Energiaa kerätään (*keruupiiri*) ilmasta, maasta tai nesteestä. Energia siirretään ensimmäiselle lämmönvaihtimelle (*höyrystin*), jossa kylmäaineneste höyrytetty. Energian keruupiiri jatkaa kiertoaan. Vesi-ilmalämpöpumpussa kylmenty-

nyt ulkoilma puhalletaan ulos lämpöpumpusta ja maalämpöpumpussa käytetty neste pumpataan takaisin maapiiriin lämpiämään muutaman asteen.

- 2) Höyryksi muutettu kylmäaine puristetaan kompressorilla korkeaan paineeseen, jolloin höyry kuumenee (*kuumakaasu*). Kompressorin käyttöä sähköä. Jokaista kompressorin käyttämää kilowattituntia sähköenergiaa saadaan tyypillisesti kahdesta neljään (2...4) kilowattituntia hyödynnettävää lämpöenergiaa (*hyötysuhde, "COP"*).
- 3) Reilusti lämpöenergiaa sisältävä kuumakaasu siirretään toiselle lämmönvaihtimelle (*lauhdutin*), jossa kuumakaasun energia otetaan kiinteistön lämmityskäyttöön. Kiinteistön lämmityspiirien kylmä paluuvesi lämpenee lämmönvaihtimella ja vastaavasti kuumakaasu viilenee. Kuumakaasu muuttuu taas kylmäainesteeksi.
- 4) Kylmäaineste jatkaa kiertoaan paisuntaventtiilille, jossa kylmäaineen paine laskee laajentuessaan ja samalla kylmäainesteeseen lämpötila laskee jääkylmäksi. Kylmäaine jatkaa taas höyrystykseen ensimmäiselle lämmönvaihtimelle ja prosessi alkaa alusta.



Kuvio 41 Lämpöpumpun toimintaperiaate, esimerkkinä ilma

"Tarkista aina paikalliset määräykset, sillä aina ei voi itse päättää, miten omaa taloa lämmittää. Kysy varmuuden vuoksi kuntasi viranomaisilta saatko asentaa taloosi lämpöpumpun."

Joillakin paikkakunnilla on pyritty pitämään erilaisten lämmitysjärjestelmien monimuotoisuus minimissä esimerkiksi kaavoittamalla alue kaukolämpöön. Tämän laillisuudesta ja tarkoituksenmukaisuudesta ollaan montaa mieltä, mutta edelleen tällaisia alueita on – jossa kiinteistönomistajalla ei ole hallintamahdollisuutta lämmitysmuotoon ja sitä kautta erittäin keskeiseen elinkaarikustannukseen kiinteistössään.

4.2.7 Lämmitysratkaisut käyttäjän näkökulmasta

Asumisen talotekniikka – järjestelmät, palvelut ja asiakkuudet (ASTAT) -

tutkimushankkeessa esiteltiin haastateltaville henkilöille erilaisia lämmitysratkaisuja:

- ilmanvaihtolämmitys: lämmitys tapahtuu ilmanvaihtojärjestelmän avulla
- kattolämmitys: lämmitetty kattopaneeli, joka voi toimia kesäisin jäähdytyskattona
- sisustus patteri: patteri, jota voidaan hyödyntää sisustuksellisenä elementtinä (esim. tilanjakajana)
- lämmitetty seinä: lämmitetty seinäpinta, joka voi toimia kesäisin jäähdytyspintana
- lattialämmitys
- takka
- huonekohtainen lämmönsäätö

Kiinnostavimmiksi koettiin tutunoloiset lattialämmitysratkaisut, joka on kotoisa, miellyttävä ja käytännöllinen (*leikkivät lapset, tekstiilien ja vaikkapa kenkien kuivaus*).

Huonekohtaisuus nähtiin tervetulleena kehityssuuntana, koska sillä saadaan viihtyvyyttä ja toisaalta kustannusoptimointia energiansäästön muodossa. Automaattisuus ja uudet tekniikat kiinnostavat – mutta niistä halutaan lisätietoja. (Talotekniikkaa kaikille 2017, 13)

4.2.8 Oma kattilajärjestelmä

Käytönvalvonta, seuranta ja huoltotoimet pitää suunnitella hyvin, jotta oma kattilalaitos toimii taloudellisesti. Esimerkiksi öljykattilan kokonaishyötysuhde romahtaa nopeastikin, jos puhdistuksia ei suoriteta asianmukaisesti. Toisin sanoen öljyä palaa entiseen malliin, mutta lämpöä siitä saadaan koko ajan vähemmän. Käytännössä kiin-

teistössä palellaan tai öljyä poltetaan tällöin enemmän kuin pitäisi. Kallis henkilötyö pyritään minimoimaan valvontajärjestelmillä, huoltojen suunnitelmallisuudella ja hyvällä prosessihallinnalla.

Kokonaishyötysuhde voidaan laskea palamishyötysuhteen mittauksilla, joissa mitataan savukaasun:

- hiilidioksidi- (CO_2), häkä- (CO) ja happipitoisuudet (O)
- lämpötila
- nokikuva

ja laskemalla tai arvioimalla säteily, johtumis- ja tuhkahäviöt.

Jos mitataan hyödyksi saatua energiaa (*kattilan tuottama energia päälämmityspiiriin*), käytetyn polttoaineen määrää ja sen lämpöenergiasisältö tiedetään, voidaan kokonaishyötysuhde laskea kaavalla:

$$\text{Kokonaishyötysuhde} = \frac{\text{hyödyksi saatu (mitattu) energia}}{\text{polttoaineen sisältämä energia} + \text{oma käyttöenergia}}$$

(Myyryläinen. 2008, 161)

Esimerkiksi:

- Kiinteistön lämpöenergiamittari näyttää vuoden lopussa 100MWh lukemaa
- Kevyttä polttoöljyä on palanut 12.000 litraa ($12.000\text{l} \times 10,02\text{kWh/l} = 120,2\text{MWh}$)
- Kattila on syönyt sähköä 0,8MWh

$$\frac{100\text{MWh}}{120,2\text{MWh} + 0,8\text{MWh}} = 82,6\%$$

Tämän kattilalaitoksen kokonaishyötysuhde on hyvä, koska se on yleisesti todetun maksimikokonaishyötysuhteen (85%) tuntumassa. Kaikki kokonaishyötysuhteet, jotka ovat 75% tai korkeampia ovat hyviä.

Hyötysuhdetta parantaa:

- Puhdistukset ja huollot
- Palamisarvojen säätö ja optimointi
- Seisontajaksojen pitäminen mahdollisimman lyhyinä (*kattilateho on valittu oikein ja termostaattia säädetään tarpeen mukaan*)
- Kattilan lämpöeristys on kunnossa (*korjataan tai jopa lisätään tarvittaessa*)

Polttoaineiden tyypilliset lämpöenergiasällöt

Seuraavassa Motivan taulukossa on esitetty polttoaineiden lämpöarvoja:

Taulukko 25 Polttoaineiden lämpöarvoja ja kosteuspitoisuuksia

Polttoaine	Lämpöarvo	Kosteus %
Moottoribensiini	8,96 kWh/litra	
Dieselöljy	10,05 kWh/litra	
Nestekaasut	12,83 kWh/kg	
Kevyt polttoöljy	10,02 kWh/litra	
Raskas polttoöljy	11,42 kWh/kg	
Maakaasu	10 kWh/m ³	
Biokaasu	4,4-7,4 kWh/ m ³	
Kivihiili	7,08 kWh/kg	10
Jyrsinturve	2,7 kWh/kg	48,5
Palaturve	3,3 kWh/kg	38,9
Puupelletit	4,7 kWh/kg	9
Polttohake	700 kWh/irto-m ³	40
Pilkkeet (havu- ja sekapuu)	1 300 kWh/pino-m ³	20
Pilkkeet (koivu)	1 700 kWh/pino-m ³	20
Ruokohelpi	4,1 kWh/kg	14
Kaura	3,6 kWh/kg	20
Olki	3,8 kWh/kg	20

Lähteet: 1) Tilastokeskus, Energiatilastot Vuosikirja 2007. 2) Alakangas, E. 2000. Suomessa käytettyjen polttoaineiden ominaisuuksia. Valtion teknillinen tutkimuskeskus, VTT tiedotteita 2045. 3) Kari, M. (toim.) 2009. Maatilayrityksen energiaopas. ProAgria Keskusten Liitto, julkaisuja 1077.

(Polttoaineet. 2016)

4.2.9 Lämpöhäviöt jakeluverkossa

Jos ulkoilman lämpötilan ollessa -1...-2C maassa menevän lämpökanaalin päällä olevan maan lumikerros sulaa, ei se automaattisesti ole peruste uusia koko lämpökanaalia Myyryläisen mukaan. Jopa näkyvä lämpöenergiavuoto kannattaa aina laskea vielä

auki ja arvioida kustannuksia. Lämpökanavien häviöt ovat keskimäärin 10%, Helsingissä noin 6,5% (*tiivis rakennuskanta ja suuret rakennukset*), Puolustushallinnossa (*aluelämpökeskukset*) noin 11% ja pientaloalueilla jopa 20...25% (*lämmöntarve vähäinen ja kuormat kaukana toisistaan*). Edellä kuvatun pientaloalueen kaukolämmityksen taloudellisuus on Myyryläisen mukaan kyseenalainen.

(Myyryläinen. 2008, 165)

Jos päämittaustieto (*ennen jakeluverkkoa*) ja kiinteistökohtaiset kulutusmittaustiedot ovat käytettävissä, lämpöhäviöt on helppo laskea. Kiinteistökohtaiset kulutusmittaukset summataan yhteen ja vähennetään päämittaustiedosta. Saatu erotus on häviötä ja sen prosentuaalinen suuruus saadaan jakamalla erotus päämittaustiedolla.

Vanhojen betonielementtikanavien (*eristetty kivivillakouruilla*) korvaaminen muoviputkilla (*eristetty kiinnivaahdotetulla uretaanilla*) ei ole yleensä kustannustehokasta. Myyryläinen tekee esimerkkilaskelman, jossa 500 jm:n pituinen DN100 kokoinen betonikanava uusittaisiin. Vanhan kanavan lämpöhäviökustannus on 8600€/vuosi (500jm x 17,2€/jm) ja uudella kanavalla 5350€ (500jm x 10,7€/jm), joten säästöpotentiaali on 3250€. Uuden kanavan asentamisen takaisinmaksuaika putkineen päiviä olisi 16 vuotta, kun investointi maksaa 85.000€ (500jm x 170€/jm sis. maanrakennus ja pintatyöt). Energiahintamuutos- tai korkovaikutuksia kannattaa simuloida aina laskelmissa.

(Myyryläinen. 2008, 167)

Energiansäästöä saadaan kun:

- Aluelämpöverkko pidetään minimilämpötiloissa
- Kiinteistössä käytetään koko energiamäärä hyödyksi, jolloin palaavan nesteen lämpötila on mahdollisimman alhainen. Tämä vähentää lämpöhäviötä paluuputkessa.
- Eristeistä huolehditaan ja tarvittaessa korjataan (kaivot, lämmönvaihtimet...)
- Lämpöverkon tiiveyttä valvotaan ja vuodot korjataan välittömästi

4.2.10 Kaukolämpö- tai aluelämpösopimuksen hallinta

Tilausteho/-vesimäärätarkistus

Kun ostettu teho on yli 10% tarvittavan tehon, on hyvä tarkistaa kiinteistön tarve. Asiakkaan tulee olla tässä aktiivinen, koska hän on hyötyjä, vaikka energialaitoksilta edellytetäänkin hyvää lämpöverkon ja asiakkuuksien hallintaa mm. ympäristösyistä. Myyryläinen suosittelee tilaustehon tarkistamisohjeiksi mm.

- SKY:n suositus K15/1998
- KH-kortisto, KH 25-00146
- Lämmönmyyjien omat menetelmät

(Myyryläinen. 2008, 160-161)

Kaukolämpöverkon tulolämpö kuuluu olla 65...120C välillä (ulkolämpötilasääteisesti) ja paluu enintään 65C. Paine-ero vähintään 60 kPa (tulo- ja paluuputken painemittauksen erotus). (Myyryläinen. 2008, 168)

4.2.11 Ilmanvaihto

Lämmöntalteenotot ovat yleistyneet jopa kiinteistöalan ilmastointikoneiden standardiksi. Erilaiset sähkölaitteet ovat lisääntyneet voimakkaasti ja näistä tulee paljon hukkalämpöä talteenotoille.

Ilmanvaihtokoneen mitoittaminen

Ilmastointikoneiden sähköenergiatarpeen huomiointi on entistä merkittävämpi asia ilmanvaihdon suunnittelussa. VAS-luokitus (Ventilation Airconditioning System) ja SFP-määrittelyt (Specific Fan Power) vaativat käytännössä valitsemaan ilmanvaihtotarpeeseen ylitehoisen koneen, jota pyöritetään maksimia pienemmillä kierroksilla.

Tämä voi tuntua erikoiselta määräykseltä, mutta se ohjaa laitevalintoja elinkaarikustannuksiltaan edullisempiin järjestelmiin. Virtausvastukset ja sähkön kulutus kasvaa virtausnopeuden neliössä sekä lämmöntalteenoton teho heikkenee mitä nopeammin ilma kulkee järjestelmässä. Kanavien ja kanavistossa olevien laitteiden painehäviöt halutaan minimoida.

Taulukko 26 Ilmankäsittelykoneen luokittelu sähkötehokkuuden perusteella

Sähköteho / ilma m ³ /s	Otsapintanopeus (IV-kone)		Sähkö- tehokkuusluokka
	Min	Max	
1,5 kW	1,8	2,2	Hyvä A+
1,8 kW	2,2	2,6	Hyvä A
2,1 kW	2,6	2,8	Kohtuullinen B
2,5 kW	2,8	3,5	Välttävä C
3,0 kW	3,5	3,8	Huono D
4,0 kW	3,8		Kelvoton E

(Myyryläinen. 2008, 180-181)

Laskennallisesti kohteen LVI-tekniikasta juuri ilmanvaihtoon liittyvät puhaltimet kulluttavat eniten sähköenergiaa. Ne pyörivät ympäri vuoden ja useissa kohteissa ympärivuorokautisesti suurella teholla.

Suodattimien valitseminen

Suodattimet vastustavat ilman liikettä, eli muodostavat virtausvastusta ja näin lisäävät sähköenergiakulua puhallinmoottoreissa. Myyryläisen esittämällä sähköenergiakulutuksen vähenemisellä – kun suodatin likaantuu – saatetaan viitata sähköpatterilla lämmitettävään ilmanvaihtoon. Puhallinmoottorien sähkökulutus nousee aina virtausvastuksen kasvaessa. Likainen suodatin voi kuitenkin vähentää talvella lämpöenergiakulutusta, koska puhallin ei kykene vaihtamaan samaa ilmamäärää likaisen suodattimen läpi. (Myyryläinen. 2008, 181)

Eri tiloilla on erilaisia puhtausvaatimuksia. Esimerkiksi normaali asuinkiinteistö, leikkaussali ja radioaktiivisia lääkkeitä käsittelevät laitokset ovat kaikki hyvin erilaisia ympäristöjä. Suodattimien erottelukyky valitaan tilan mukaan. Vaativissa tiloissa käytetään usein karkeasuodatinta sieppaamaan isommat partikkelit (*EU1-suodatusluokka, esim. tekstiilikuidut*), jonka jälkeen tehdään varsinainen hienosuodatus (*esim. erikoismenetelmin testatut HEPA-suodattimet, EU9-suodatusluokka, jotka sieppaavat jopa bakteereja ja radioaktiivista pölyä*). (Myyryläinen. 2008, 183)

Suodattimien valinnassa tulee huomioida niiden vaihtotyökustannukset. Harvemmin vaihdettavat laajapintasuodattimet voivat kalliimmasta hankintahinnasta huolimatta olla kokonaistaloudellisemmat, kuin halvat useammin vaihdettavat. Virheellinen suodatinvalinta ja vaihtotyön laiminlyönti aiheuttaa pahimmillaan kohonneita energiakuluja, rakenteille vaarallisia ilmamäärähäiriöitä ja ihmisten työkyvyn heikkenemistä.

Jos asia kiinnostaa, ammattimaisilta suodatintoimittajilta saa aina kaksi tarjousta, joita voi vertailla vaihtotyötarjoituksen kanssa.

5 Elinkaarivalintojen tehokas hyödyntäminen

”Vertailuperusteet tulevat painottumaan laatutekijöihin ja elinkaarikustannuksiin – halvin (hankintavaiheen) hinta ei saa olla tärkein valintaperuste.”

(Löytty. 2015.)

5.1 Haastattelut

Kiinteistöalan toimijoiden asenteita selvitettiin kyselylomakkeella ja haastatteluilla.

5.1.1 Kyselylomake

Kyselylomakkeen saateteksti

1) Tausta: Kiinteistöalan kilpailu (vuokraus, rakennuttaminen, urakointi, ostomyynti...) on usein tiukkaa, joten paineet tehdä hyviä valintoja ovat kovat. Olen nähnyt ja kuullut paljon tarinoita matkan varrella. Tarkoituksena on kerätä ammattilaisten ajatuksia yhteen.

2) Tavoite: Halvin hinta ostohetkellä ratkaisee monessa hankinnassa. Monessa kiinteistössä voisi säästää huomattavia summia paremmilla valinnoilla kiinteistötekniikassa. Missä tilanteissa?

3) Rajaus: ei omakotitaloja tai pienempiä. Kaikki isommat kuuluvat tarkasteluryhmään (teollisuus, kerrostalot, liikekiinteistöt...)

4) Vastaukset: Yhteystiedot ovat pakolliset (laadulliset menetelmät, opinnäytetyö). Kaikki vastaukset ovat plussaa. Kysyn tarvittaessa lisätietoja.

Alexi Graf
050 3555 170
Lvi-Elektro Oy

Varsinaiset kysymykset (+ koonnit vastauksista)

Pyysin kuutta henkilöä vastaamaan laadulliseen kyselyyn, joista viisi vastasi, mutta kaksi yllätysvastaaja antoi vastauksensa avoimesti saatavilla olleelle nettilomakkeelle. Monivalintakysymykset oli tehty helpottamaan vastauksia, vastausvaihtoehdoista sai valita useita ja kirjoittaa omia lisäyksiä.

1. Tunnen kiinteistötekniikkaa, koska...
 - a. Omistan (yhdessä/yksin) omakotitaloa suuremman kiinteistön (2)
 - b. Konsultoin kiinteistönomistajia kiinteistötekniikkaan liittyen (5)
 - c. Urakoin / saneeraan kiinteistöjärjestelmiä (1)
 - d. Teen kiinteistötekniistä suunnittelua (1)
 - e. Teen huoltoa / kunnossapitoa (1)
 - f. Oma harrastuneisuus / koulutus (4)
 - g. Muu: **33v. talotekniikkaliiketoimintaa, kehitystehtäviä, kiinteistöjohtajan virkatyö, yleinen pätemisen tarve**
2. Koen hyötyneni näistä palveluista:
 - a. 24/7-päivystyspalvelut (huolto/vartiointi) (4)
 - b. Etähallinta/-valvonta/-optimointi (6)
 - c. Ammattimainen huoltoyhtiö (päivisin) (6)
 - d. Suunnitelmallinen ennakkohuolto (ennen rikkoutumista) (6)
 - e. Kuntotarkistukset/-selvitykset (5)
 - f. Katto-, julkisivu ja muut rakennustekniset saneeraukset (6)
 - g. Energiansäästöt säädöillä (automaatio, tasapainotukset...) (7)
 - h. Energiansäästölaitteistot (esim. lämpöpumput) (4)
 - i. Kulutusmittaus (lämpö-/sähköenergia, vesi...) (6)
 - j. Energiatodistus (1)
 - k. Muu: **Käynnin seurannan mittarointi, "liikennevalot"** (viittaa käyttöliittymäesitystapaan, jossa vihreällä kuvataan kunnossa olevat kohteet, keltaisella pientä viilausta vailla olevat ja punaisella selvitettävät ongelmakohteet)
3. "Elinkaarioptimoitu" tarkoittaa minusta...

- a. Arvokkaampi investointi, mutta maksaa itsensä takaisin 2...25 vuodessa (3)
 - b. Tuotteita, joiden elinkaarikustannukset tunnetaan jo melko hyvin (1)
 - c. Myyntipuheita - ovat taas keksineet uuden rahastustermin (1)
 - d. Perustasoa korkealaatuisempia järjestelmiä (0)
 - e. Muu: **Tavoitteelliseen elinkaareen sovitettu, investointia toteuttamista elinkaarta optivoivin tavoin ja menetelmin**
4. Onko lainsäädäntö/asetukset helpottaneet liiketoimiasi? (esim. tarjousten vertailua tms.) (*huom. vain vapaa tekstikenttä*)
- a. **Ei. Päinvastoin.**
 - b. **Kyllä (2)**
 - c. **Ei ole, valitettavan usein lisää työmäärää.**
 - d. **Ei ole vaikuttanut millään tavalla**
 - e. **Lainsäädäntö / vaatimukset asettavat valitettavasti vasta karsintarajan**
5. Mitä elinkaarityökaluja tiedät tai käytät? (voi olla myös laskentakaava tai jokin pienikin asia...) (*huom. vain vapaa tekstikenttä*)
- a. **PTS** (*pitkätähhtiimen suunnitelmat kiinteistön pidossa*)
 - b. **Kuntoarvioita, ESCO-hankinta** (*energiatohokkuuteen tähtäävät projektit, joiden kohdeasiakkaat ovat usein kunnat ja kaupungit*)
 - c. **Käytössämme MX6 Energia, useimmiten Excel**
 - d. **Esim. ISO 14000-sarjasta tähän löytyy työkaluina 14001 ja 14040/14044, nämä tulevat ensimmäisinä mieleen**
 - e. **Investointilaskelmat**
6. Elinkaariratkaisun suhde rahaan...
- a. Jos raha ei tule nopeasti takaisin – en hanki sitä. (1)
 - b. Raha on tärkeä, mutta arvostan myös esimerkiksi mielenrauhaa ja toimivaa kokonaisuutta. (6)
 - c. Muu: **Maailma vihertyy takaisinmaksuun voisi harkita myös aktiivisia energiatukia**

7. Kiinteistötekniikkaan liittyen käytän itse ja suosittelen muille näitä organisaatioita/henkilöitä: *(huom. vain vapaa tekstikenttä)*
 - a. ISS, Caverion
 - b. Kaikkia, joilla on todisteellisia onnistumisia
 - c. Asia- ja tapauskohtaisesti n. 20 organisaatiota
 - d. Lvi-Elektro, Lloyd's
 - e. Lamit, Are
 - f. Kiwa Inspecta KiraLab (laboratorio) on nyt ajan tasalla, Caverion, Are, Granlund
8. Elinkaari-investointi-vinkkini nestepiireihin/putkitöihin... *(huom. vain vapaa tekstikenttä)*
 - a. Kilpailutus
 - b. Suunnittelun yhdeksi lähtökohdaksi otettava elinkaariajattelu.
 - c. Tarve määrittää valinnat
 - d. Korroosiosuojaus / vedenkäsittelylaitteet
 - e. En osaa antaa yleisesti kantavaa reseptiä
 - f. Kaikki kannattaa kyseenalaistaa, erityisen suuri vaara on ns. vapaa-matkustajat. Johtavat totutuista tavoista. Eivät perustu laskentaan. Nestepiirit kehittyvät paljon.
9. ... Ilmastointiin... *(huom. vain vapaa tekstikenttä)*
 - a. Hyvät asentajat
 - b. Suunnittelun yhdeksi lähtökohdaksi otettava elinkaariajattelu.
 - c. Tarve määrittää valinnat
 - d. LTO
 - e. Ohjainjärjestelmien nykyaikaistaminen tuo pienellä rahalla merkittäviä säästöjä ja parantaa viihtyvyyttä.
 - f. Kyllä ala osaa tehdä jopa homeettomia kiinteistöjä jos niin tahdotaan.
10. ... Sähköön ... *(huom. vain vapaa tekstikenttä)*
 - a. Hyvät ostoehdot

- b. Suunnittelun yhdeksi lähtökohdaksi otettava elinkaariajattelu.
- c. Tarve määrittää valinnat
- d. Ilmastoinnin taajuusmuuntajat, led-valaistus
- e. Aurinkosähkö ja sähköauto; muuten vaikeaa saada kannattavaksi. Liian laaja tuilla toteutettavaksi.

11. ... Automaatioon ... (*huom. vain vapaa tekstikenttä*)

- a. Hyvät asentajat
- b. Suunnittelun yhdeksi lähtökohdaksi otettava elinkaariajattelu.
- c. Tarve määrittää valinnat
- d. Etävalvonta
- e. Kaiken a ja o (*perusta hyvälle kiinteistöelinkaaren hallinnalle*)

12. ... muuhun kiinteistötekniikkaan: (*huom. vain vapaa tekstikenttä*)

- a. Kilpailutus ja urakoitsijan valinta kohteen/teknisten ratkaisujen mukaan
- b. Suunnittelun yhdeksi lähtökohdaksi otettava elinkaariajattelu.
- c. Tarve määrittää valinnat
- d. Energiansäästölaskelmat, lämpökuvaus
- e. Polttoarvoltaan kehittyneet materiaalit, löytyykö jätteistä tulevien brikettien raaka-aineet?

13. Taustasi? Kuka on ollut vahvin uravaikuttajasi? Jos katsot 20 vuotta tulevaisuuteen: mitä vinkkejä ja tavoitteita kirjaisit tullaksesi vielä menestyneemmäksi ja onnellisemmaksi? (*huom. vain vapaa tekstikenttä*)

- a. Warren Buffet, Reinhart & Rogoff, Michael Kottler, Adam Smith
- b. Vahvin uravaikuttaja on ollut sähkösuunnittelija Toivo Leinonen
- c. Reijo Savolainen / Kruunuasunnot. Jatkuva oppiminen on ehdoton edellytys alalla toimimiselle.

14. Toivon aineiston valmistuttua...

- a. nimeni mainittavan antamieni vinkkien yhteydessä (0)
- b. jäsennetyn listan annetuista vinkeistä (2)
- c. puhelinsoiton (1)

d. tapaamisen (0)

e. Muu: (0)

15. Terveiset, kommentit, palaute... (*huom. vain vapaa tekstikenttä*)

a. **Olisin toivonut esim. 1-5 painotuksia kysymyksiin ja enemmän monivalintoja. Yleisesti ottaen vastaukset ovat harmillisen huonoja kyselyssä sanallisia vastauksia, mikä huonontaa osaltaan tutkimuksen luotettavuutta. Itsekään en kirjoittanut juuri mitään vaikka sanottavaa olisi löytynyt.**

b. Hyvä kysymyspatteristo

Yhteenveto kyselylomakkeesta

Pyysin henkilökohtaisesti osaamiseltaan monipuolisen henkilöstön vastaamaan kyselyyni, mutta vastaajamäärä oli tarkoituksella vähäinen, koska alkuperäisenä ajatuksenani oli haastatella kaikki henkilökohtaisesti. Ehdin haastatella neljä henkilöä viidestä vastanneesta ja kuudesta kyselykutsun saaneesta. Kuudennen henkilön tapasin seminaarissa ja hänelle tuli juuri kuormittava projekti tapaamisemme jälkeen.

Elinkaarioptimoinnilla ei koettu lainkaan tarkoitettavan normaalia korkeatasoisempia järjestelmiä. Elinkaarioptimoinnilla voidaan siis kokea tarkoitettavan esim. laitteiston kestävyden mitoittamista tunnetun investointijakson ajalle. Toisin sanoen toimivuustakuut ja sopimustekniikka koetaan keskeisemmäksi, kuin järjestelmän tekninen laatu. Tämä siis tukee ajatusta elinkaarihankintojen tekemiseen hyvän tarvemäärittelyn kautta.

Samaa päätelmää tukee selvä asenne elinkaariratkaisuiden suhteesta rahaan, joissa 6/7 vastaajaa kokivat rahan tärkeäksi, mutta arvostivat myös esimerkiksi mielenrauhaa ja toimivaa kokonaisuutta.

Yksi vastaaja oli tyytyväinen kysymyksiin ja toinen ei ollut. Avoimesti tyytymätön oli toinen yllätysvastaajista, joka on todennäköisesti vihje liian niukasta saatamateriaalista. Avoimesti tyytyväinen vastaaja oli vastaavasti pyydetty henkilö, jolle lähettäessäni lomakelinkkiä kerroin, että tulen haastattelemaan häntä tarkemmin myöhemmin. Toisin sanoen kyselylomake oli todennäköisesti itsenäisenä tapana heikkotasoinen, mutta yhdistettynä henkilökohtaisiin haastatteluihin, se oli hyvä esikartoitus ja auttoi vastaajia jäsentämään ajatuksiaan.

5.1.2 Kyselyyn vastanneiden haastattelut

Haastattelujen keskeisin sisältö oli asiantuntijoiden yhtenäinen ajatus kiinteistötekni-
nisten investointien elinkaaresta: hankinnoissa panostetaan ylimääräistä rahaa sille
aikajänteelle, joka on riittävällä varmuudella nähtävissä. Kiinteistön ”yleiseen” elin-
kaareen ei haluta tehdä hankintoja, jos oman omistuksen tulevaisuus on epäselvää jo
esimerkiksi kolmen (3) vuoden päästä. Kiinteistötekniikkaan panostamisella ei nähdä
riittävää arvonnousupotentiaalia kiinteistön myyntihinnassa.

Tämä voinee pitää paikkaansa, koska kiinteistökauppoja tehdessä mitään yksittäisiä
kiinteistötekniisiä ratkaisuja ei arvoteta myyntihintaa nostavasti. Energiamuodot ja
kiinteistötekniikan yleiskunto vaikuttavat eniten. Näistä tunnetuimpia esimerkkejä
lienee mm. putkistojen kunto ja ikä. Lämmitysmuoto ja energiakulutus kiinnostavat
useita kiinteistösijoittajia, mutta esimerkiksi tarpeenmukaisen ilmanvaihdon hallin-
taan suunniteltu järjestelmä ei ole kiinteistöjen arvomäärityksessä laskentakompo-
nenttina.

Yksinkertaisin kaava hankintojen aikajänteelle oli omistetun kiinteistön loppuasiak-
kaan vuokrasopimuksen kesto. Kaikista elinkaarikustannuksia optimoivista hankin-
noista voidaan keskustella, joiden takaisinmaksuaika alittaa merkittävästi vuokraso-
pimusajan. Tarkoittaen esimerkiksi viiden (5) vuoden vuokrasopimuksella kolmen (3)
vuoden takaisinmaksuajalla olevat projektit kiinnostavat jne. Vuoden puskuri ei ole
vielä riittävä. Esimerkiksi seitsemän (7) vuoden vuokrasopimuksella, kuuden (6) vuo-
den takaisinmaksuajallinen projekti ei saa hankintapäätöstä.

Poikkeuksena projektit, jotka tarjotaan täydellä tyytyväisyystakuulla JA toimittajana
oleva taho on luotettu. Tarkoittaen, että uusi tuntematon toimija ei tule saamaan
tilausta järjestelmästä, etenkin jos virhemarginaali on liian tiukka. Vastaavasti tun-
nettu toimija, joka ei pysty esittämään riittävän kiinnostavaa projektia rahallisesti, ei
myöskään saa toteutuslupaa projektille.

5.1.3 Muut haastattelut

”Elinkaari”-termin sisältäviä titteleitä ja osastoja on nykyään paljon kiinteistöalalla.
Haastattelupyyntöjä oli helppo esittää ja kiinnostuneita oli paljon, mutta halukkaita
kertomaan oman työn tai yrityksen elinkaarivalinnoista, toimintamalleista tai opti-

mointiprosesseista oli vähän. Lyhyen keskustelun ja pohtimisen jälkeen pieni osa näki keskustelun uhkana (*kilpailuettujen menettäminen*) ja toiset olisivat vain halunneet markkinoida oman yhtiön yleistä otsikkotason osaamista tai omaa henkilökohtaista osaamistaan muodossa: ”Ota yhteyttä, kartoitetaan tilanteenne.”. Itsenäisiä kokonaisuuksia, joiden hyödyntämiseen heitä ei tarvittaisi – ei haluttu kertoa.

Osa näistä kohtaamisista selittyy tuotteistusosaamisen puutteilla ja osa kiinteistötoimialan yleisellä skeptisyydellä. Yhteenvedona voidaan kuitenkin todeta, että aina räätälöintiä vaativia palveluita on runsaasti tarjolla ja valtaosa toimijoista näkee kaikki alan haasteet ”*tapauskohtaisina, joista ei voida lausua mitään näkemättä kokonaisuutta ja ymmärtämättä asiakkaan projektikohtaisia tarpeita*”. Tämä teknisesti onkin totta, että asiakkaiden haastattelun ja omaa tuotantoa olevan suunnittelun kautta, saadaan toimittajan kannalta parempia lausuntoja.

Periaatteessa asiaa voisi ratkaista jatkoselvityksessä esittämällä tarpeet/vaatimusmäärittelyn, joita asiantuntijat lähtisivät ratkaisemaan. Tämä todennäköisesti vaatii rahallisia panostuksia ja ainakin alustavien keskustelujen puitteissa vaikutti siltä, ettei saatuja lausuntoja saa julkaista sellaisenaan ja/tai kommentoituna opinnäytetyön julkisuusasteella olevassa selvityksessä. Tulos on yllättävä, mutta mielenkiintoinen. Ehkäpä elinkaariasioiden ”nuoruus” kiinteistöalalla luo tällaista epävarmuutta ja tarvitaan aikaa kokemusten kartuttamisen ajaksi.

5.2 Valmismoduulit ja työmaatoiminta

Eräs Suomen ensimmäisiä murto- ja turvatekniikkaa asentanut ammattilainen kertoi, kuinka ensimmäiset sovellukset rakennettiin kolvaamalla erillisiä hälytyskomponentteja piirilevylle. Nykyään tätä pidettäisiin kehnona tuotesuunnitteluna ja järjettömänä ajantuhlauksena sekä pommina vikaherkkyytensä vuoksi kiireellisillä rakennustyömailla, jossa talotekniikkaurakoitsijat joutuvat usein juoksemaan aikataulua kiinni. Tästä syystä moni pyrkii aina suurempiin valmiisiin kokonaisuuksiin, jotka toimitetaan testattuina työmaalle. Modulaarisessa ajattelussa ja rakentamisessa on juuri tästä kyse. Välittömien kustannussäästöjen lisäksi hyvällä moduulisuunnittelulla, myös järjestelmien saneeraaminen ja huoltaminen helpottuu verrattuna perinteisiin toteutuksiin.

Modulaarista installaatiotekniikkaa käsittelevässä Suomen Rakennusinsinöörien Liiton (RIL239-2008) julkaisussa käsitellään perinteisen ja modulaarisen asennustekniikan putkiremonttieroja kylpyhuoneessa sivuilla 48-50. Vertailulaskelmissa teollisesti valmistettu moduulielementti säästi ajassa 61%, eli projektin läpivientiaika puolittui. Työ- ja materiaalikustannussäästöä tuli 31...35%, eli kolmannes rahoista säästy.

(RIL239-2008. 2008, 48-50)

Vertailua olisi ollut hyvä avata hieman laajemmin. Tarkempaa purkutyötaulukkoa tarkastellessa vaikuttaa siltä, että yksi merkittävä ajansäästö saadaan jättämällä asbesti rakenteiden sisään – jossa se tosin on myös projektia aloitettaessa. Toisin sanoen, asbesti on vaarattomana rakenteissa (*esim. putkieristeet ovat syvällä seinärakenteessa*), mutta perinteinen saneeraus vaatii putkien ja eristeiden avauksen. Joskus asbestia sisältävien rakenteiden avaaminen on puhtauden kannalta haitallisempi vaihtoehto, joten asia ei ole yksiselitteinen.

Taloteknisten järjestelmien moduuliajattelun pohjana on Eino Rantalan ”Installaatio- ja rakennustekniikan koherenssista perusinstallaatiotekniikan integroimiseen” väitöskirja. Tässä mallissa on kaksi alkiota:

- reititysmoduuli, jossa talotekniset järjestelmät kuljetetaan tilojen välillä
- järjestelmämoduulit, joihin voi kuulua putkea, kaapeleita ja muuta tekniikkaa

, jotka muodostavat yhdessä asennusmoduulin. Kaikilla näillä yhdisteltävillä moduuleilla ja osilla on yhteinen mittajärjestelmä, jotta niitä voidaan yhdistellä joustavasti. Moduulit voivat kulkea pysty- tai vaakasuunnassa.

(RIL239-2008. 2008, 51)

Järjestelmien yhdistelyssä on huomioitava, että vain saman elinkaaren omaavat järjestelmät sijoitetaan saman moduuliin. Tämä tekee elinkaarihallinnasta kustannustehokasta. Asennuksellisesti lohkot on jaettava samalla kertaa vaihdettaviin. Tilavaraukset olisi hyvä huomioida, mikäli tekniikka *esim. muuttuu ja lohkojen sisään halutaan sijoittaa lisää tekniikkaa vaihtotyön yhteydessä. Riskit (vuodot - etenkin nesteillä, sähköturvallisuus...)* ja asentajien pätevyysvaatimukset tulisi myös huomioida asennusmoduuleja sekä huoltomahdollisuuksia suunniteltaessa.

(RIL239-2008. 2008, 65)

Mielenkiintoista oli tarkastella ”vaatijat ja vaatimukset (perusmaksajataso)”-listausta, joissa mm. esitettiin kasvaviksi trendeiksi:

- Korjausrakentamisen ja ajanmukaistamisen vaatimukset
- Työtilan ulkonäkövaatimukset
- Pääoman tuottovaatimukset
- Tilojen muunneltavuus-, käytettävyys-, huolto-/korjaus-, materiaalien kierrätettävyys-, hallinnoitavuus-, ympäristö- ja elinkaarivaatimukset
- Tiedonsiirtoverkot (*kiinteistömassojen keskittyminen sijoittajaryhmien ja rakennuttajien käsiin edellyttää niiltä parempaa kaukovalvontaa, rakennusautomaatiota ja etälukua*)
- Käyttäjän saamat palvelut ja toiminnan häiriöttömyys – ovat rakennuksen omistajan kilpailukyvyn edellytys

ja vastaavasti ”suunnittelijat ja suunnittelu (suunnittelutaso)”-listaus:

- Rakennuksen suunnittelu yhtenäistyy ja mahdollistaa moduulijärjestelmät
- Järjestelmätoimitukset lisääntyvät (*”avaimet käteen”-periaate*)
- Hinnan muodostus helpottuu jo suunnitteluvaiheessa
- Tiimityöskentely lisääntyy jo suunnittelun alussa (*arkkitehdit mukaan*)

sekä sokerina pohjalla ”toteuttajat ja toteutus (rakentajataso)”-listauksen nosto:

- *”Ammattimiesten mukavuudenhalu kasvaa – työpaikat tehtäisiin”*

(RIL239-2008. 2008, 111)

, jota täydennetään vielä: ”Kokonaisvaltainen ammattiosaaminen lisääntyy. Sen myötä kehittyy uusi ammattityyppi, joka osaa integroida kokonaisuuden.”

(RIL239-2008. 2008, 118)

5.2.1 Esimerkkejä toimittajariippumattomasta ympäristöstä

Tiedonsiirtoväylien vertailu

Uuden, ennestään tuntemattoman, väylän mahdollisuuksien tärkeät vertailukriteerit:

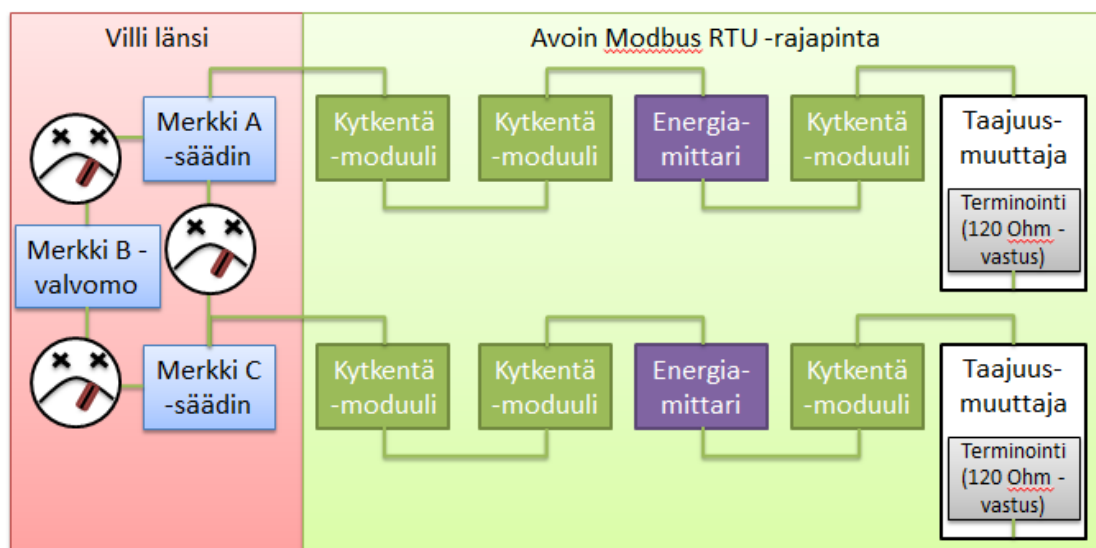
- Tekniset ominaisuudet, liitettävyyden ja muunnettavuus (mm. nopeus, laajennettavuus, väylämuunnokset, fyysiset siirtotiet: parikaapeli, langattomuus, TCP/IP-yhteensopivuus...)
- Tuotekehitystuki (laitteisto-/ohjelmistotarjonta, kehitysokalujen saatavuus ja niihin liittyvät ehdot)
- Lisenssimaksut (voi olla vuosijäsenyys, muutospohjainen, laitekohtainen...)
- Markkina-asema (esim. kansainvälisesti tunnettu vai ei)
- Tuotetarjonta ja sovellusalue (väylän yleisyys ja yleistymisen kehitys?)

(Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 152)

Modbus-integraatiot

Modbus on itsessään avoimimpia väyliä mitä kiinteistöautomaatiomarkkinassa on, mutta sen kaupallinen hyödyntäminen asettaa epämääräisiä rajoitteita sen hyödyntämiseen järjestelmien välillä. Esimerkiksi Jyväskylässä on ollut testitarkoituksissa tehty toteutus, jossa Modbus RTU-kenttäväylää hyödyntäviä Fidelix-moduuleita on liitetty toisen laitevalmistajan säätimeen. Tämä onnistuu, koska Fidelix-moduulien väylärajaus on avoin. Kenttälaitteita voi siis kytkeä vapaasti järjestelmä riippumattomasti.

Modbus-väylää hyödyntävät järjestelmät ovat yleensä suljetumpia päälogiikkansa osalta kuin BACnet-järjestelmät. Modbus-väylää hyödyntävät säätimet on suunniteltu vastaanottamaan tietoa kentältä ja toimimaan isäntälaitteina – mutta niitä ei ole suunniteltu palvelemaan toista järjestelmää orjalaitteena. Seuraavassa kuviossa on esitetty kenttälaitteet vihreällä ja säätimelle päättyvä väylä punaisella.



Kuvio 42 Modbus-väylän avoimuus kentällä ja hallintajärjestelmissä

Edellä esitetty tilanne kävi ilmi Jyväskylän Ammattikorkeakoulun RAUTU-laboratoriossa tehdyssä integraatiotestissä, jossa Fidelix- ja Honeywell-säätimiä yritettiin yhdistää Modbus-väylän läpi. Tämä ei onnistunut vuonna 2016, koska molemmat laitteet toimivat kiinteästi isäntälaitteina (*Master*) ja kumpikaan ei tukenut orjatilaa (*Slave*). Kommunikointi ei siis toimi, koska väylä ei tue useita isäntälaitteita samassa väylässä ja koska kumpaakaan laitetta ei voi asettaa orjatilaan tiedonsiirtoa ei saa toimimaan.

Tilanne on sama monissa muissakin järjestelmissä. Esim. Schneider-Electricin omistama Atmosstech ja Caverionin omistama Computec-järjestelmä noudattavat tätä samaa periaatetta. Vastaavasti kotimainen Ouman palvelee mielellään muita järjestelmiä, joskaan kaikkia toimintoja ei ole väylälle kirjoitettu.

Tämä tuo taas uuden tarkastelutason väylien avoimuuden ja hyödynnettävyyden suhteen. Esimerkiksi Ouman-järjestelmässä säätökäyriin liittyvien arvojen muokkausta ei voi tehdä Modbus-väylän lävitse, mutta toisaalta lämmönsäätöä voi ylikirjoittaa useassa laitteessa ulkoisesta järjestelmästä. Vastaavasti esimerkiksi Siemens Climatix-säätimessä on sisäisesti suodattimien painearvot nähtävillä, mutta niitä ei vuonna 2017 saanut luettua väylältä ja keskeisten säätöarvojen kirjoittaminen ei onnistunut lainkaan.

Yleisimpiä järjestelmien välisiä tiedonsiirto ja integraatio-ongelmia ovat mm. aikaohjelmien hallinta. Aikaohjelmien hallintaan ei ole toimitettu suoraa rajapintaa, vaan

aikaohjelmia tulee muokata *pakottamalla koneikko johonkin ennalta määritettyyn käyntitilaan*. Tämä tapahtuu joko väylältä, releillä tai esimerkiksi 0...10VDC-säätöviestillä. Modbus-väylä on siis avoin ja mahdollistaa avoimen kommunikoinnin. Korkeimman tason hallintaa tavoittelevien laitevalmistajien kannalta oman tuotekehitysesurssin ohjaaminen muiden merkkien palvelemiseksi tuntuu varmasti turhalta.

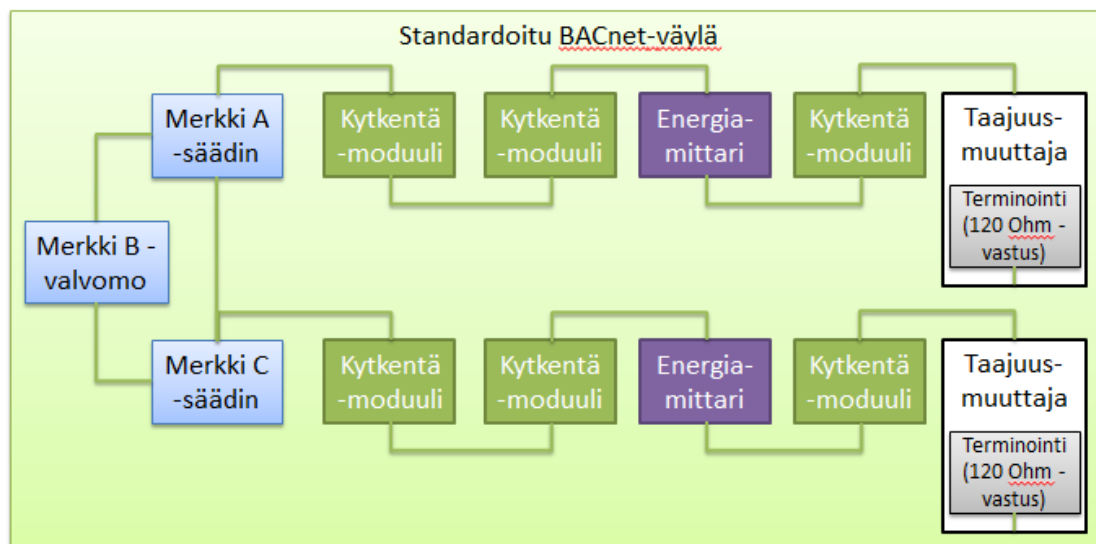
Kotimainen Ouman on tunnistanut markkina- asemansa helppokäyttöisten pakettisäätimien valmistajana ja omalla halullaan palvella muiden merkkien integrointimahdollisuuksia – tuetaan omaa bisnestä. Lähtökohtaisesti Ouman saa tulla kiinteistöön vaikkapa lämpöpaketissa mukana, kun taas jokin epästandardi Danfoss-säädin puretaan tai jätetään irralliseksi. Epästandardin järjestelmän integraation lopputulos on epävarma – mutta kallis. Ouman-järjestelmää vastaavalla tavalla esimerkiksi Swegon Gold-paketti-ilmastointikoneet pyrkivät korkeaan integraatiotasoon ja avoimuuteen, mutta niissäkin on erikoisia puutteita. Esimerkiksi puhaltimien käyntitietoja ei saada väylältä, vaikka laitteiston oma paneeli osaa määritellä ovatko puhaltimet päällä vai eivät.

Ouman on vastannut tähän integraatiosekamelskaan määrittelemällä uusiin pakettisäätimiinsä mahdollisuuden käyttää vaihtoehtoista muistikorttia, jolla säätimen kaikki säädöt poistetaan ja kaikki kytkentäpisteet tulevat väylälle ns. raakana vapaasti käytettäviksi. Toisin sanoen, lämpöpaketissa oleva Ouman-säädin voidaan ”nollata” ja kaikki anturit, venttiilimoottorit jne. voidaan lukea pääsäätimessä sellaisenaan. Tämä mahdollistaa täydellisen integraation pääjärjestelmään, eli käyttöliittymä ja hallinta on muuta järjestelmää vastaavalla tasolla.

Vastaavasti BACnet-säätimet tarjoavat mahdollisuuden vaihtaa tietoja merkkiriippumattomasti, koska hallinnoiva konsortio vaatii toimivuuden tällä tasolla. Fidelix työstää tällä hetkellä BACnet-yhteensopivuuttaan Modbus-rajapintoihin liittyvien puutteiden vuoksi. Vastaavasti Schneider-Electric ja Caverion ovat esitelleet jo omat BACnet-tuoteperheensä, mutta eivät pyri avaamaan vanhojen järjestelmien rajapintoja. Tämä ei välttämättä ole mahdollista muutamien lähteiden mukaan. BACnet-leimaus pitää tehdä laitteen lähtiessä valmistajalta, eikä jälkikäteen tapahtuvaa laitesertifiointia ole koskaan tehty, eikä välttämättä tulla koskaan tekemäänkään.

BACnet-integraatiot

BACnet-järjestelmissä eri merkkisten säädinlaitteistojen yhdistely alkaa olla jo arkipäiväistä ja tuki on – *ainakin kaikkien merkkien markkinointimateriaaleissa ja julkisessa dokumentaatiossa* – todella hyvällä tasolla. Varmaa on, että esimerkiksi Honeywell/Centraline ja Siemens -integraatiot onnistuvat hyvin.



Kuvio 43 BACnet-väylän avoimuus kentällä ja hallintajärjestelmissä

Tilanne on siis jokseenkin kummallinen. Modbus on täysin avoin väyläarkkitehtuuri ja kentälaitteet saadaan helposti integroitua pääsääntöjärjestelmiin, mutta pääsääntöimien ja esimerkiksi valvomon integraatio on epäselvää. Vastaavasti BACnet ei ole mm. lisenssimaksujensa ja dokumentaationsa kannalta täysin avoin, mutta se tarjoaa markkinoiden parhaimman integraatorajapinnan kiinteistöautomaatiossa tällä hetkellä, kun puhutaan monimutkaisista järjestelmien välisistä liitoksista.

5.3 Hyvä sisäilmasto

Varovaistenkin arvioiden mukaan laadukas sisäilmasto nostaa työtehoa 2% vuodessa verrattuna säädösten mukaiseen minimitasoon. Puhumattakaan huonolla hoidolla olevien kiinteistöjen sisäilmasta, jonka laatu voi olla erittäin heikko. Parempi sisäilmasto tekee tuottavuusnousun kahdella tavalla:

1. Työteho nousee
2. Poissaolot vähenevät

Liikekiinteistössä 2% tuottavuuden kasvu parantaa katetasoa merkittävästi, koska työvoimakustannukset eivät kasva lainkaan. Hyvän sisäilmastoinnin rakentaminen maksaa laskelmien mukaan noin 0,5% enemmän kuin säännösten mukaisen minimi-tasoisin ilmastoinnin. Tämä tekee kiinteistötekniikkaan panostamisesta taloudellisesti kiinnostavaa.

(Myyryläinen. 2008, 33)

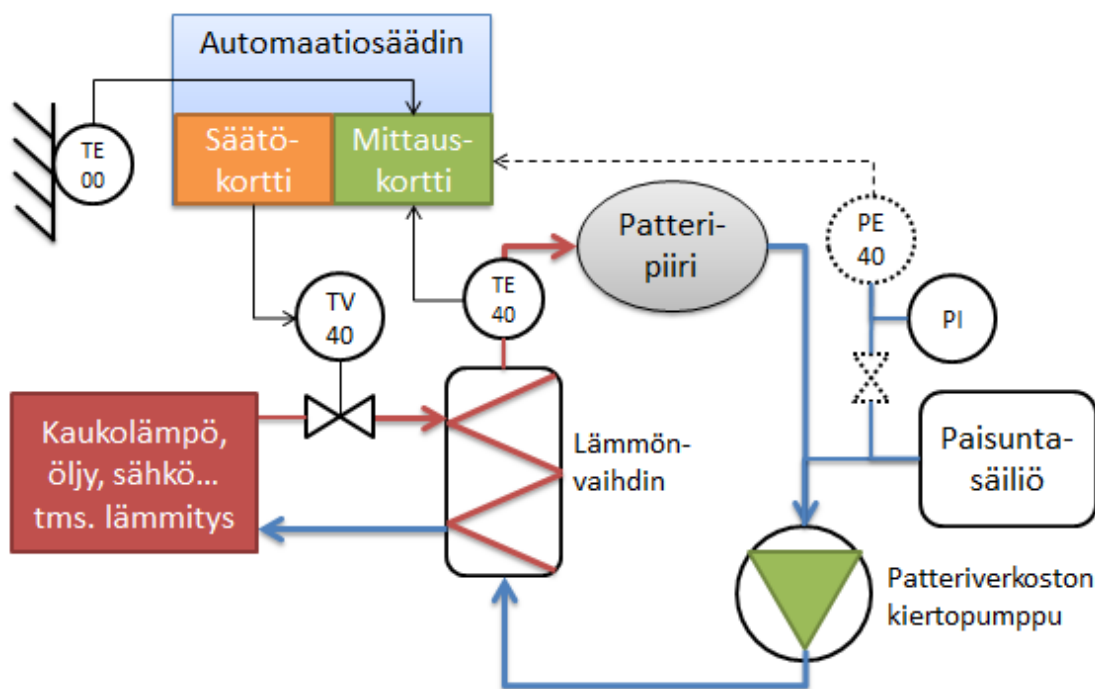
Vanhat käsitykset ovat tiukassa ja vielä 2017 uudistetussa painoksessa ”Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät”-kirjan kuvassa on esitetty ”Mukavuus” ja ”Taloudellisuus”-janana, jossa molemmat ovat toisiaan poissulkevia asioita. Tämä saattoi olla todellisuutta joskus muinoin, kun säätötekniikan hallinta oli rajoittunutta ja hankinnat kalliita. Hel-poin esimerkki on tilanne, jossa käyttäjä valittaa vedontunnetta ja energialaskun maksaja järkyttävää lämpölaskua. Tähän tilanteeseen oikea ratkaisu on usein mo-lempia palveleva. Ilmanvaihdon määrää siirrytään hallitsemaan tarpeen mukaan ja ilmanjako säädetään oikein. Ilmaa vaihdetaan kokonaisuudessaan siis vähemmän (*energiaa säästyy*) ja ilmaa ei puhalleta kenenkään niskaan (*vedontunne poistuu*). (Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät. 2017, 20)

5.4 Lämmityksen hallinta

Useimmat lämmönjakopakettien suunnitelmat annetaan rakennuttajille jokseenkin toimittajariippumattomasti, jolla on luonnollisesti kilpailutuksen kannalta hyötyjä. Kokonaiskustannuksen ja -toiminnallisuuden kannalta on olemassa usein joitakin parempia ratkaisuja. Esimerkiksi kiinteistöautomaatiotuotteisiin liittyvän tuotetun-temuksen päivitysvaatimukset voivat tuntua hulluilta välillä, joka selittää ajoittaisen konservatiivisuuden. Toisin sanoen laitevalmistajien epämääräinen päivitystahti ja yhteensopivuuksien sotkeminen, ei houkuttele välttämättä asiantuntijoita pysymään kiinnostuneina eri järjestelmien viimeisimmistä uutuuksista.

Perinteinen lämmityksen hallinta

Perinteinen malli on suunnitella lämmitysverkosto, esimerkiksi patterilämmityksen pääpiiri lämmönjakopaketilla seuraavassa kuviossa esitetyllä tavalla.



Kuvio 44 Patteriverkoston perinteinen LVIA-suunnitelma

Patteripiirin lämpöä säädetään lämmönvaihtimen ns. ensiöpuolelta syötettävällä lämmöllä, joka voi olla mikä tahansa lämmönlähde (*kaukolämpö, maalämpö, öljykattila, sähkövastusvaraaja...*). Moottoriventtiiliä säädetään menovesianturin (TE40) ja ulkolämpötilan (TE40) mukaan. Kun ulkona on erittäin kylmää esim. -30°C , patteriverkoston menovettä säädetään kuumalle esim. 70°C . Vastaavasti, kun ulkona on lämmintä esim. 20°C , patteriverkon tavoite on 20°C .

Verkostossa kiertää vesi, jonka tilavuus ja paine muuttuvat veden lämpötilan mukaan. Painearvoa voi seurata painemittarilta (PI), joka voi olla myös esim. näytöllinen painelähetin (PE40 & PI). Joissakin järjestelmissä painetietoa ei seurata automaatiojärjestelmässä, vaan viisarimittarilta otetaan esimerkiksi alarajahälytys. Jos viisarimittari, hälytysraja, kaapeli tai mikä tahansa muu osio rikkoutuu – hälytystieto jää saamatta. Vastaavasti näytöllinen painelähetin hälyttää silloinkin, kun kaapeli, mittapiste, tai painelähetin rikkoutuu – koska minkä tahansa tiedon menettäminen aiheuttaa painetiedon sukeltamisen alle hälytysrajan. Painelähetin on tietenkin pelkkää viisarimittaria arvokkaampi, mutta edellä esitetyn hälytyslisäarvon lisäksi painetietoa voidaan seurata ja esimerkiksi vuodot voidaan havaita helpommin.

Painetta mittaavia laitteita ennen on hyvä suunnitella yksi pieni sulkuventtiili, jolla voidaan sulkea vesipiiri huoltotöiden ajaksi näiltä laitteilta. Tällöin koko järjestelmää ei tarvitse tyhjentää tai yrittää tehdä vaihtotyötä paineisena. Vastaavasti esim. monissa kaukolämpöjärjestelmissä käytetään sulkuventtiileitä ennen lämpö- ja painemittareita ja niitä pidetään normaalisti suljettuina. Tämä vähentää laitteita rasittavan lämpökuorman muodostumista. Sulku aukaistaan mittatiedon katsomisen ajaksi ja suljetaan sen jälkeen. Pienen sulkuventtiilin lisääminen putkeen, kun se on suunniteltu, on erittäin halpa tapa säästää huoltokuluissa myöhemmin.

Paisuntasäiliö on tasaamassa painevaihteluita. Jos paine nousee liian korkeaksi, poistuu ylimääräinen paine ns. varoventtiileistä, jotka tyypillisesti on valittu patteriverkostossa 2,5 bar paineelle. Kun verkoston paine ylittää 2,5 bar, poistuu ylimääräinen vesi niiden kautta lattialle ja vesi valuu viemäriin. Vesi on yleensä ylipaineistuessaan kuumaa ja voi olla jopa höyrymäistä poistuessaan varoventtiileistä. Lisäksi lämpötilavaihtelut aiheuttavat ilmakuplien erottumista vedestä, joten ilmanpoistamiselle tulee olla esimerkiksi automaattiset ilmanpoistimet verkoston korkeimmalla kohdalla.

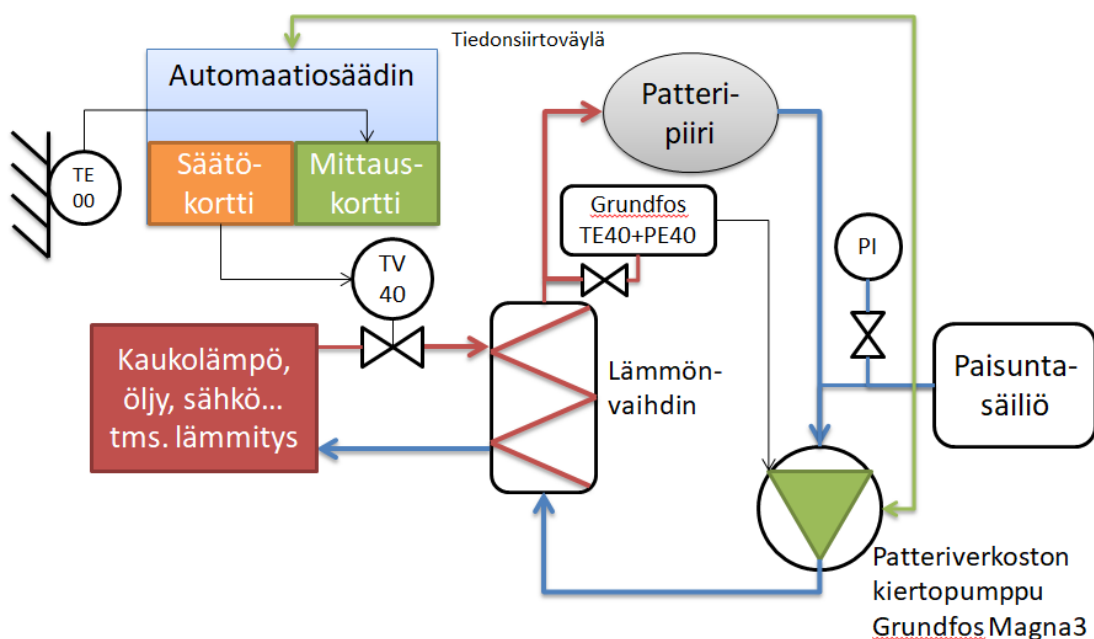
Edellä esitetty järjestelmä voidaan kasata vapaavalintaisesti minkä tahansa merkkisistä laitteista, jotka ovat yhteensopivia keskenään. Eikä kiinteistöautomaatiolle ole erityisiä vaatimuksia. Tämä on yksi yksinkertaisimmista säätöpiireistä ja käyttöönotto onnistuu hyvin monelta putkiurakoitsijaltakin. Tilaajan tulee kuitenkin varmistua, että käyttöönotto tehdään lämmönjakokeskuksen valmistajan ohjeiden mukaisesti, jotta takuut tulevat voimaan ja esim. kaukolämpöyhtiö saa tarvitsemansa dokumentaation. Esimerkiksi kotimaisten Fidelix- ja Ouman-järjestelmien käyttöönotto on sovittu valtuutettujen kumppaneiden kanssa kiinteä käyttöönottohintana, joka sisältyy uuteen tilattuun lämmönjakopakettiin. Tätä ei siis kannata laiminlyödä, koska siitä on jo käytännössä maksettu tilausvaiheessa.

Moderni lämmityksen hallinta kustannustehokkaasti

Grundfos Magna 3 -kiertovesipumppusarja on Suomessa erittäin suosittu pumppujärjestelmä. Hinnat noudattavat muiden valmistajien taajuusmuuttajapumppuhintoja, mutta erikoisuutena pumpussa on oma käyttöpaneelinsa, jonka kautta asetuksia voidaan muuttaa helposti ja monipuolisesti. Muiden valmistajien pumpuissa on esimer-

kiksi säätörulla, jolla taajuusmuuttajatehoa (*pumpun nostokorkeutta*) voidaan nostaa ja laskea.

Grundfosin Magna 3-sarja mittaa itse läpivirtaavan nesteen ominaisuuksia. Paneelilta voidaan valita erilaisia säätötapoja, tarkastella pumpun mittausarvoja ja muokata esimerkiksi kytkentöjen toimintoja. Erikoisesti tämä pumppu on markkinoiden ainoita laitteita, joista saa sekä hälytystiedon ongelmatilanteissa että reaaliaikaisen käyntitiedon – vakiona omina erillisinä fyysisinä pisteinä. Muissa pumpeissa käyntitieto otetaan perinteisellä menetelmällä sähkökytkennästä, joka kuvaa pumpulta ”*toivottua tilannetta*” eikä pumpun pyörintää. Kiinteistöalalla käytettyjen taajuusmuuttajapumppujen lisävarusteet ovat heikommin tunnettu alue, koska harvalla valmistajalla on toiminnallisuutta parantavia lisävarusteita. Seuraavassa kuviossa on kuvattu modernimpi tapa tehdä patteriverkoston pääsäätö, jolla saadaan toiminnallisia hyötyjä edullisesti.



Kuvio 45 Patteriverkoston optimoitu LVIA-suunnitelma

Lämmönsäätötapa on sama kuin perinteisessä mallissa: ulkolämpöön sidotun säätökäyrän mukaan ohjataan lämmitysventtiiliä. Vaihtimen ns. toisiopuolella (*patteriverkostossa*) järjestelmärakenne muuttuu merkittävästi.

Patteriverkoston menoveden lämpötilaa mitataan Grundfosin yhdistelmäanturilla, jossa on lämpötilan lisäksi valmiina painelähetin. Laitetta ei saa näytöllisenä, joten

esimerkiksi viisaripainemittari on hyvä lisätä perinteisiä huoltohenkilöitä varten selkeyden vuoksi. Lisäksi painetieto on melko kriittinen tieto, joten sen kahdentaminen vertailua varten on järkevä muutaman euron panostus järjestelmän toiminnanvarmistukseen. Molemmat laitteet varustetaan huoltotöitä varten pienellä sulkuventtiilillä.

Yhdistelmäanturi kytketään suoraan Grundfos Magna 3-pumppuun, jonka avulla pumppu pystyy määrittämään mm. energiakulutusta $\pm 7\%$ tarkkuudella (*vuoden 2017 testit*). Tämä tulee ns. kaupan päälle muun kriittisen toiminnanvarmistuksen yhteydessä ja on erittäin hyödyllinen ominaisuus, kun esimerkiksi halutaan tarkastella lämmityskustannusten muutoksia ja optimointia. Koska yhdistelmäanturi kytketään suoraan pumppuun, tiedot noudetaan kiinteistöautomaatiolle tiedonsiirtoväylää pitkin. Väyläkortit löytyvät molempiin Suomen yleisimpiin kenttäväyliin (*Modbus ja BACnet*), joten liitettävyyden ominaisuus on erinomainen ja väyläratkaisu ei rajoita kiinteistöautomaatiojärjestelmän hankintaa. Väylältä voidaan hakea mittaustietojen lisäksi kaikki pumppuun liittyvät tiedot: käyntiajat, laitteen sisäinen lämpötila, nestevirtaukset jne. Näitä tietoja tarkastelemalla voidaan havaita laitteen elinkaarivaihe ja varautua mm. huoltoihin.

Useassa lämmönjakopaketissa toimitetaan jo nykyään Grundfos Magna 3-pumppu. Tämän jälkeen kiinteistöautomaatiourakoitsija toimittaa erikseen lämpöanturin ja painelähtimen, jotka asennetaan lämmönjakopaketin valmistajan tehtaalla valmiiksi ja johdotetaan esimerkiksi riviliitinkotelolle. Kiinteistöautomaatiourakoitsija integroi riviliitinkotelon kautta lämpöpaketin omaan järjestelmäänsä.

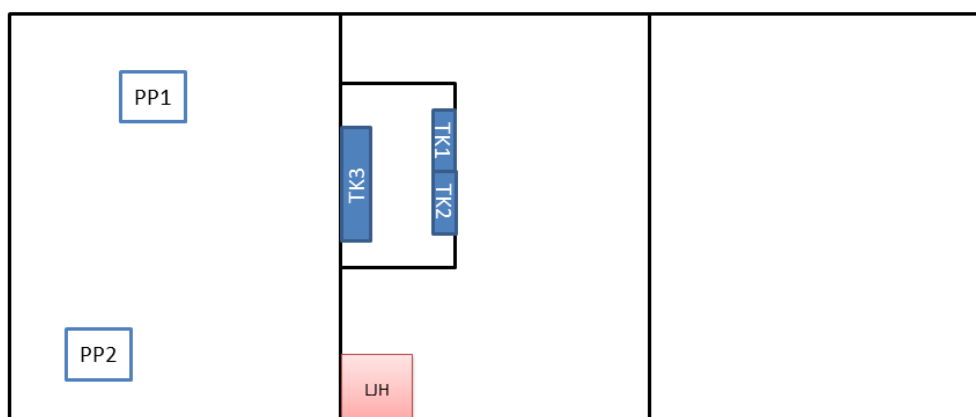
Kustannuksellisesti väyläintegraatio Grundfosin ja kiinteistöautomaatiojärjestelmän välillä on ensimmäisellä kerralla kalliimpi, koska ammattimainen integraatio sisältää kymmeniä eri mittaustietoja pumppujärjestelmästä – kun perinteisessä mittauksessa on 2 kpl: lämpöanturi + painelähtin. Väyläintegroinnit muuttuvat kustannustehokkaaksi, kun suunnitelmat ovat laadukkaat ja kiinteistöautomaatiourakoitsija tai automaatiolaittevalmistaja on muodostanut kerran hyvän integraatorajapinnan. Laitte-, kytkentä- ja asennusteknisesti Grundfosin yhdistelmäanturi väyläraja-pintaliitoksella tulee itse asiassa halvemmaksi, kuin perinteinen järjestelmä. Kustannuslisää tuo merkittävästi ensimmäisellä liitoskerralla kiinteistöautomaatiourakoitsijan ohjelmointi. Lisäksi suuren järjestelmän väylärakennesuunnittelusta tulee lisäkuluja.

Tämä järjestelmäsuunnitelma on erittäin tuore, eikä siitä ole vielä saatavilla kustannusvertailua (*kaikkine kuluineen*) kohdetasolla, johtuen juuri lisävarusteiden huonosta tuntemuksesta. Seuraavassa vaiheessa järjestelmälle etsitään kumppanit, jotka haluavat ottaa käyttöön uuden järkevemmän tavan tehdä lämmityksen säätöä ja mitausta.

5.5 Tapaustutkimus: Konehuoltohalli

5.5.1 Lähtötilanne ja alkuperäissuunnittelu

Huolto- ja myyntihalli: Alkuperäissuunnitelma

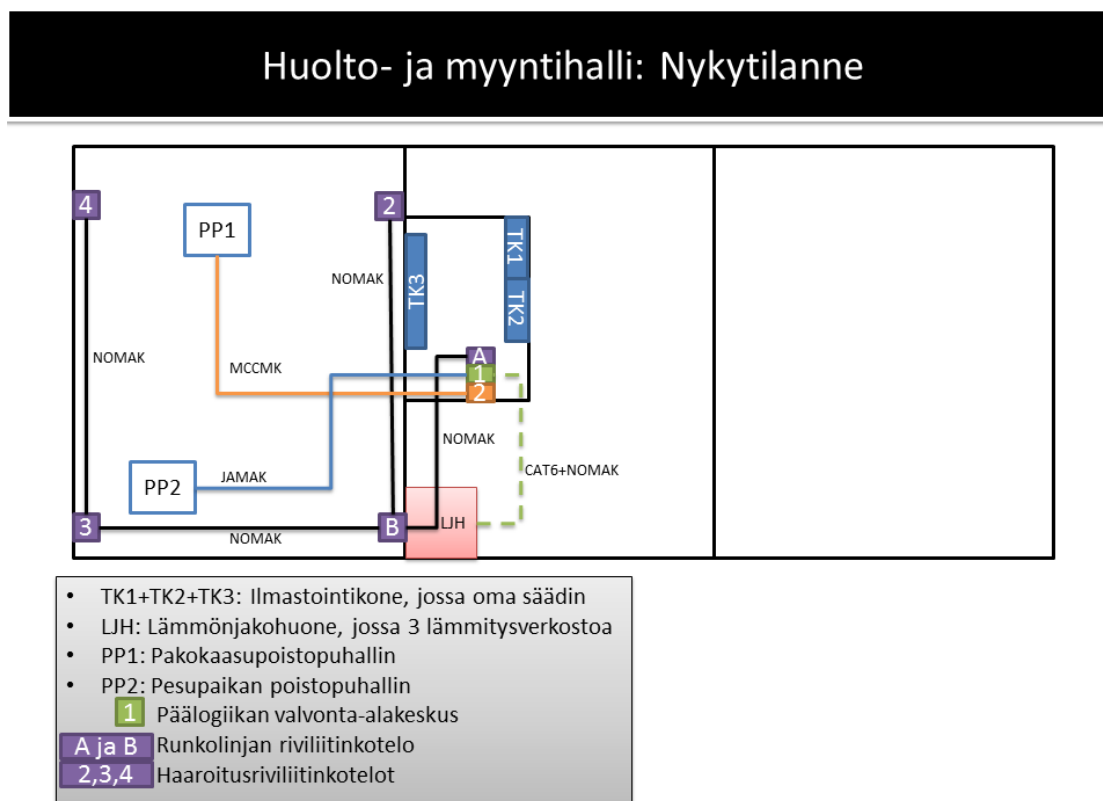


- TK1+TK2+TK3: Ilmastointikone, jossa oma säädin
- LjH: Lämmönjakuhuone, jossa 3 lämmitysverkostoa
- PP1: Pakokaasupoistopuhallin
- PP2: Pesupaikan poistopuhallin

Kuvio 46 Kiinteistön yksinkertaistettu talotekniikan alkuperäissuunnitelma

Kaikki järjestelmät olivat omia järjestelmiään, eikä kokonaishallintaa toteutettu lainkaan. Suunnitelmissa oli viitteitä tavoitteesta jossa vasemmaisimman lohkon poistopuhaltimien teho vaikuttaisi hallin yleispoistoilmamäärää laskevasti.

5.5.2 Toteutuksen nykytila



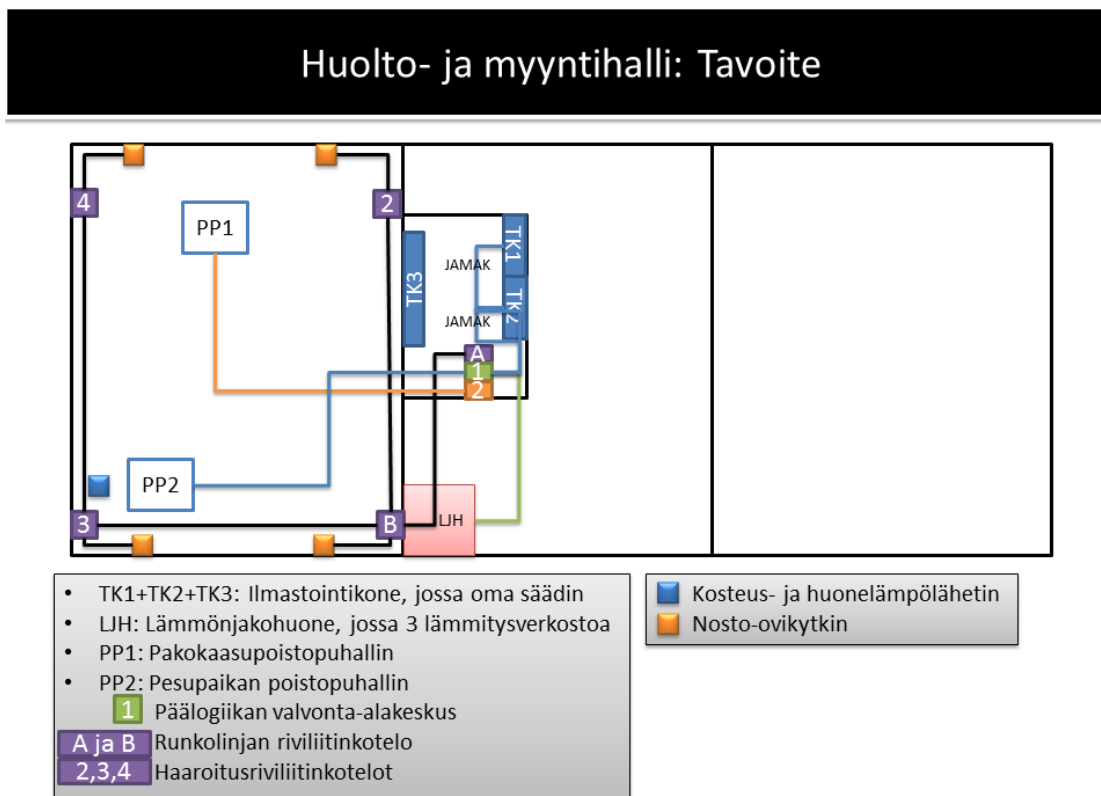
Kuvio 47 Kiinteistön talotekniikan nykytila (yksinkertaistettu)

Alkuperäistä suunnitelmaa kehitettiin lisäämällä vasempaan lohkon riviliitinkoteloi-
 ta, joita voidaan hyödyntää myöhemmin. Nykyisessä muodossaan vasemman lohkon
 huoltotoimintaa ei tarvitse häiritä välttämättä lainkaan kaapelointitöiden takia, koska
 ne voidaan suorittaa aina lähimmän seinän suuntaisesti. Näin ollen nostimille ei tar-
 vitse raivata kulkutilaa lattian poikki.

Pakokaasupoistopuhaltimelle lisättiin taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttaja muodostaa
 voimakkaasti elektromagneettista säteilyä (EMC), joka pitää poistaa kytkemällä
 M C C M K-kaapelin johtimia ympäröivä suojavaippa molemmista päistä EMC-
 häiriöpoistoihin. Nykyinen kaapeli riittää myös isommalle puhallinyksikölle. M C C M K-
 vaippasuojattu kaapeli on prosentuaalisesti kaapelina perinteistä M M J-kaapelia mer-
 kittävästi kalliimpaa, mutta häiriösuojaamattomalla kytkennällä työmäärä on identti-
 nen. Eli käytännössä M C C M K:n kustannuslisä on melko maltillinen kokonaiskustan-
 nukseltaan.

Vasemman lohkon kaikki ilmastointitoiminnot sulautettiin samaan vapaastiohjelmoitavaan logiikkaan. Järjestelmä osaa tasapainottaa ilmamääriä yleispoiston ja kohdepoistojen välillä.

5.5.3 Tavoitteet ja kehityssuunnitelma



Kuvio 48 Kiinteistön talotekniikan tavoitetilä (yksinkertaistettu)

Kiinteistössä tavoitellaan tilannetta, että käyttäjän ei tarvitse huolehtia mistään lämpötila- tai ilmastointisäädöistä lainkaan. Järjestelmän on tarkoitus pystyä optimoimaan olosuhteet ja energiankäyttö. Tämä mahdollistetaan vasemmassa lohossa lisäämällä mm. ovikytkimet suurille nosto-oville ja kosteuslähetin pesupaikan yhteyteen. Lämmönjakolaitteisto on tarkoitus integroida pääjärjestelmään, jolloin erilaiset turvatoiminnot ja optimoinnit monipuolistuvat. Myös kaksi pienempää ilmastointikonetta halutaan liittää pääjärjestelmään, jolloin nekin siirtyvät valvontaan.

Keskitetty järjestelmä hallinnoi koko järjestelmän olosuhteita, lämmitystä ja ilmanvaihtoa. Melkein kaikkia järjestelmähäiriöitä päästään korjaamaan ennen kuin käyttäjä välttämättä edes huomaa niiden virheitä. Poikkeuksena on mm. vasemman lohkon kohdepoistot, jotka ilmoittavat rikkoutumisestaan tai vajaatoiminnosta vasta vikaan-

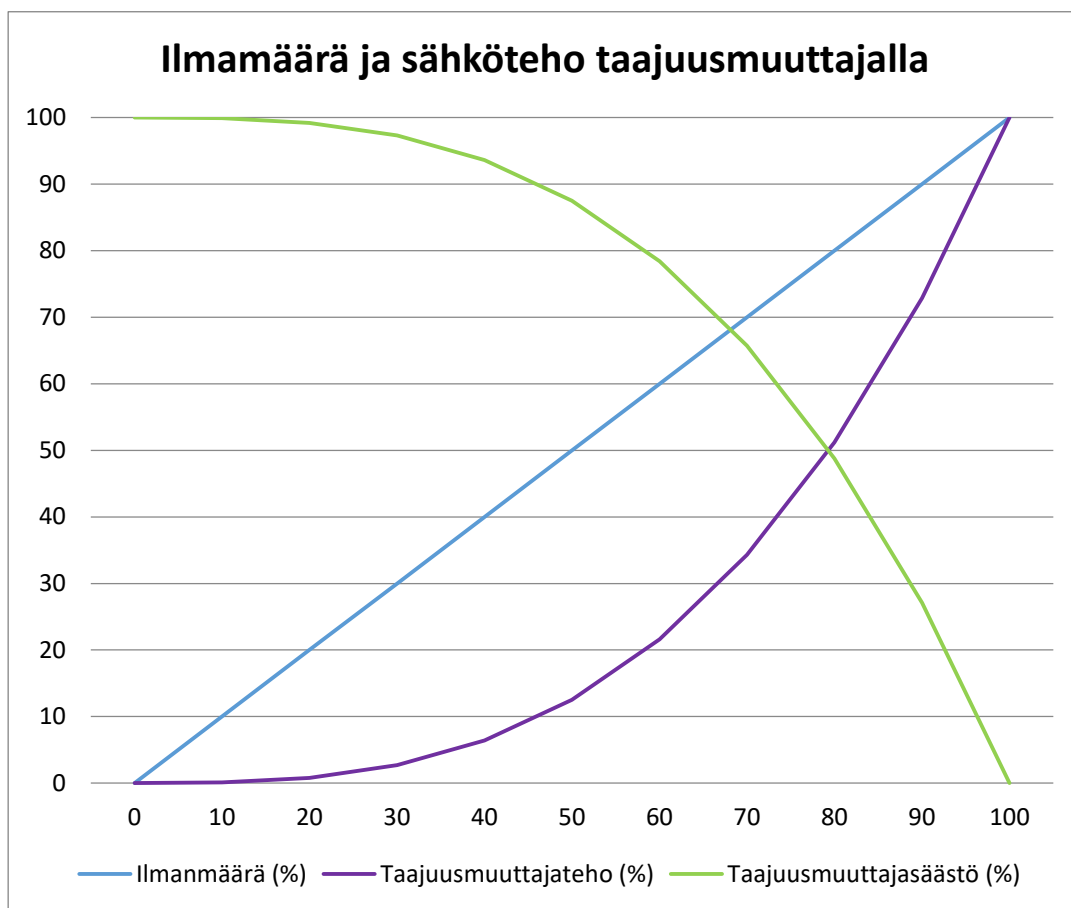
tuessaan. Tällöin käyttäjä havaitsee ensimmäisenä, ettei puhallin ala imemään pakokaasuja.

5.5.4 Tulokset ja pohdinta

Puhaltimen sähkö- ja lämpöenergiesäästö maksavat korkeamman investoinnin takaisin vuosien saatossa. Sähköenergiesäästö voidaan laskea melko helposti tarkastamalla taajuusmuuttajan käyttötunnit ja vertaamalla niitä sähköenergialaskuriin (kWh).

Käytetty sähköenergia olisi käyttötuntien kanssa linjassa ns. maksimiteholla, jos taajuusmuuttajaa ei olisi. Eli esimerkiksi jos käyttötunteja on 1000h ja sähköenergiateho olisi maksimiteholla 4kW, pitäisi kWh-laskurissa olla tällöin 4000kWh. Nyt, kun osatehoja voidaan tuottaa taajuusmuuttajan avulla, lukema on luonnollisesti pienempi. Jos lukema olisi esim. 2000kWh ja käyttötunnit 1000h, tiedettäisiin, että puhallin on toiminut sähkötehonsa osalta keskimäärin puolikkaalla. Säästetty sähköenergia olisi siis 2000kWh:ta ja esim. 0,10€/kWh hinnalla 200€ käyttöajanjaksona, josta voidaan laskea ennuste investointia vasten.

Lämpöenergiesäästöön liittyy enemmän epävarmuuksia, koska sille ei ole suoraa mittausta, eikä vertailutietoja. Menetelmä on kuitenkin sama, eli verrataan alkuperäisen suunnitelman mukaista maksimitehoa nyt saatuun osateho-ohjaukseen. Sähkötehopuolelta saadaan hyvä lähtötieto, joka vaatii kuitenkin vielä testiajon ilmamäärän osalta, koska ilmamäärä ei ole suoraan verrannollinen sähkötehoon. Kun ilmamäärä putoaa viidenneksen (20%), sähköteho putoaa noin puoleen (51,2%) ja vastaavasti jos ilmamäärä putoaa puoleen (50%) sähköteho putoaa kahdeksasosaan (12,5%).



Kuvio 49 Portaaton ilmamäärä ja sähköteho taajuusmuuttajalla

Asiakkaan kanssa kustannuksia pohtiessa huomattiin, että investointisäästöä olisi saanut jättämällä välirasiakytkennät tekemättä varausjohtimien osalta. Tämä olisi ollut mahdollista, koska:

- tilassa ei ole erityisvaatimuksia (esim. räjähdysvaaralliset tilat)
- hankintaorganisaatiolla ei ole erityistä ohjetta asiasta

Välirasiointien kytkennät edustavat kuitenkin ”yleisesti hyväksi todettua työtapaa”, jota noudatetaan, mikäli asiasta ei erikseen ole sovittu. Toisin sanoen, tehdään korkealaatuinen toteutus, jos tilanteesta ei ole selkeää ohjetta. Tämä on hyvä asia vuokralaisena toimivan yrityksen käyttöomaisuuden hallinnan kannalta, jolla kustannuksille saadaan läpinäkyvyyttä muutoksien yhteydessä.

Pakokaasupuhaltimen taajuusmuuttajalisäyksessä olisi voinut huomioida vielä ns. ohitustoiminnon, jolla taajuusmuuttaja voitaisiin ohittaa mahdollisissa häiriö- ja huoltotilanteissa. Käytännössä tarkoittaa sähkönsyötön johtamista suoraan puhallinmoottorille ryhmäkeskukselta – taajuusmuuttajan ohitse. Tämä vaatii

kuitenkin jonkun verran suunnittelua ja EMC-häiriösuojausluokiteltuja osia, jotta ohituspiiriä voidaan käyttää taajuusmuuttajan rinnalla häiriöttömästi.

5.5.5 Ilmastointikone

Portaaton säätö

Halvimmillaan alkuperäinen suunnitelma toteutuisi, vaikka ilmanvaihtokoneessa ei olisi taajuusmuuttajia ja ilmamäärät puhaltimilla säädettäisiin vanhakantaisesti hihnapyörillä, mutta ko. säätötapa on poistunut markkinoilta.

Suunnitelma sisälsi portaattoman säätötavan. IV-urakoitsijalle oli annettu mahdollisuus lisätä taajuusmuuttajat tai toimittaa EC-puhaltimet, joissa portaaton säätö olisi mukana integroituna puhallinmoottorin yhteyteen.

Ilmamäärän varmistaminen

Kiinteistön rakennuttaja voisi halutessaan säästää myös ilmamäärän varmistamisessa, jos mahdollinen kiinteistön elinkaaren lyheneminen tai esimerkiksi käyttäjien tyytymättömyys ei tuntuisi tärkeältä rakennusvaiheessa. Tämä tekniikka voidaan käyttöönottaa myös myöhemmin. Jälkiasentaminen tuo turhia kustannuksia mm. luovutusdokumentaation tarpeettomasta erillispäivittämisestä.

Suunnittelija oli huomionnut suodattimien likaantumisen ja muut normaalin kulumisen aiheuttamat muutokset lisäämällä suunnitelmaan myös kanavapainelähtimet. Käytännössä ilmastointikoneelle määritellään kokonaisilmamäärä, joka mitataan erillisellä ilmamäärämittarilla ja tämän ilmamäärätiedon perusteella merkitään toteutunut kanavapaine. Tämä painearvo määritellään automaation asetusarvoksi, jonka perusteella puhaltimen tehoa säädetään.

Käytännössä: Ilmamäärätavoite saavutetaan esimerkiksi puhaltimien ensimmäisessä käynnistyksessä 80% teholla ja kanavapaineanturin näytössä on 250 Pa. Suodattimien likaantuessa puhaltimen pitää tehdä enemmän töitä saadakseen ilmaa yhtä paljon liikkumaan kohti huonetiloja. Kanavapaine lähtee tippumaan samalla, kun suodatin likaantuu. Automaatio säättää puhallin tehoa ylöspäin, jotta 250 Pa -kanavapainearvo toteutuu. Ennen suodatinvaihtoa puhallinteho voi olla likaisten suodattimien kanssa

esimerkiksi 90%. Puhallin on pyörivä laite, joten myös sen hyötysuhteisiin tulee ajansaatossa heikkenemiä ja vuosikymmenien jälkeen puhallintehoa tarvitaan taas enemmän samalla suodattimien likaantumisteella.

Tilakohtaisten ilmämääräsäädön lisääminen

Ilmastointikoneen rakenne ja toiminnallisuudet eivät vaadi muutoksia ilmämääräsäätimien (IMS) lisäämisen kannalta. Tekniikka ja kustannukset kohdistuvat suoraan IMS-laitteistoon. IMS-laitteiden lisäämiskustannuksien kannalta on siis yhden tekevää tehdä joko parannus yhteen vai useampaan tilaan.

Ilman IMS-laitteistoa oleviin tiloihin menee aina niihin määritelty ilmämäärä, kun ilmastointikone käy täydellä mitoitustehollaan. Jos kiinteistössä on esimerkiksi toimistotilaa, joka on käytössä 8...16 välisen ajan ja tilojen kuormitus on kaikkialla sama – voitaisiin teoriassa yhdellä olosuhdemittauksella optimoida ilmastointikoneen teho keskitetysti.

Yleisesti tilanne kiinteistössä on kuitenkin, että yhtä tai useampaa tilaa käytetään enemmän kuin muita ja käyttö vaihtelee paljon. Henkilökuormaa pitää voida valvoa luotettavalla ja riittävän kattavalla tavalla, jotta ilmastoinnin tehoa voidaan optimoida. Jos olosuhdemittaukset puuttuvat, ilmanvaihto pitää asetella minimivaatimusten mukaan.

5.5.6 Tilakohtaiset ilmämääräsäädöt (IMS)

Esimerkiksi vuokratilassa oleva neuvottelutilaan on hyvä sijoittaa yhdistelmäanturi, joka mittaa lämpö-, hiilidioksidi- ja kosteusolosuhteen. Kun tilan ilmavaihtokanavistoon lisätään IMS-laitteisto, voidaan ilmämäärää säätää tilan tarvitsemalla tavalla. Tämä itsessään tuo vain pienen energiansäästövaikutuksen, koska nyt ilmanvaihto toimisi täydellä teholla muun kiinteistön osalta ja vain neuvottelutilan ilmanvaihtoa optimoitaisiin.

Neuvottelutilan viihtyvyys paranee, koska ilmaa vaihdetaan tarpeen mukaisesti. Kun neuvottelutilassa on vain kaksi henkilöä pitämässä lyhyen palaverin, ilmaa vaihdetaan vähän, eikä vedontunnetta synny. Kun suurempi ryhmä pitää pidemmän kokouksen, ilmanvaihtoa tehostetaan portaattomasti ja ilma pysyy raikkaana.

Merkittävä energiansäästövaikutus saadaan pudottamalla koko muun kiinteistön ilmamäärä minimiin, kun vain neuvottelutilassa on käyttöä. Tällainen järjestelmä voidaan järjestää usealla tavalla, esimerkiksi:

- a) Lisätään tilaa palvelemaan oma pieni ilmanvaihtokone.
 - a. Hyötynä on täysin itsenäinen järjestelmä, joka ei häiritse eikä tarvitse pääilmastointikonetta toimiakseen. Tämä voi insinöörihenkisissä työpaikoissa jopa tuntua mukavalta, kun konetta pääsee säätämään helpommin.
 - b. Heikkouksia on useita.
 - i. Ilmanvaihtokoneen lisääminen edellyttää raitis- ja poistoilmakanaviston rakentamista ulkotilaan saakka. Tämä aiheuttaa kaksi ulkokuoren ylimääräistä läpäisyä.
 - ii. Asianmukaisesti rakennettuna myös toinen sarja sulkupeltejä pitää rakentaa lähemmäksi ulkoseinää, jotta talvella kylmä ilma ei valu pitkään kanavistoon rakenteiden luokse aikaohjelman ollessa seis tai mahdollisissa häiriötilanteissa.
 - iii. Kone on ylimääräinen huoltokohde. Koneella on omat suodattimet ja muut kuluvat osat.
 - iv. Jos kone halutaan hallittavaksi muun talotekniikan kanssa, laitteisto pitää integroida osaksi pääautomaatiojärjestelmää. Tästä tulee kaapelointi ja ohjelmointikustannuksia. Jos laitetta ei sisällytetä pääjärjestelmään, sen toimintaa ei voida valvoa ja tästä voi aiheutua mm. energiantuhlausta. Syksyllä ja keväällä lämmityspatteri kykenee lämmittämään tuloilman haluttuun lämpötilaan ilman lämmöntalteenottoa. Tällöin havaitsematon lämmöntalteenoton toiminta aiheuttaa merkittävää energiantuhlausta, kun koko tuloilmamäärä lämmitetään ostoenergialla.
 - v. Viihtyvyyttä kärsii, kun ilmastointikoneikko joudutaan sijoittamaan tilan lähelle tai pahimmillaan itse tilan nurkkaan.
- b) Lisätään ilmamääräsäätimet.
 - a. Hyötyinä ovat energiansäästö, viihtyvyyden ja hallinnan paraneminen.
 - b. Heikkouksia on kaksi:
 - i. järjestelmän perustamisen ja ylläpidon suunnittelemisen osaamisvaatimus
 - ii. lisääntynyt huoltotarve

- c) Lisätään peltimoottorit ja niille säätöpellistö.
- a. Haitat ilmamääräsäätimistä poiketen pelkkien peltien lisääminen ilman ilmamäärämittaus ja -säätölaitteistoa ylläpitovaatimus- sekä valvontatasolaskee.
 - i. Vaikka hyötynä on huoltotarpeen poistuminen, mutta ilman IMS-laitteistoa ei ilmamäärän mahdollisia häiriöitä havaita. Toisaalta jos käyttäjä on tyytyväinen ja olosuhdemittaus näyttää hyvältä, ilmamäärähäiriö on pieni.
 - ii. IMS-laitteiston säätäminen on todella helppoa muutostilanteissa, joissa ilmamääräaluetta halutaan muokata. Automaatioon liitettyä ilmamääräasetusarvon minimi- ja maksimipisteisiin asetellaan uudet arvot – tämän voi tehdä etänä tai esimerkiksi huoltomiehen toimesta. Pelkkien säätöpeltien uuden ilmamääräalueen asettelu vaatii ilmamäärämittaajan paikalle, joka asettelee mekaaniset rajat uudelleen tai sähköisillä rajoilla olevassa laitteistossa toimittaa automaatio-ohjelmoijalle tiedot uudesta alueesta.

6 Pohdinta

Lyhyesti: En saanut selvitettyä ”Tee näin – älä näin” -listaa, joka auttaisi kiinteistöomistajia tekemään parempia hankintoja kiinteistötekniikan suhteen. Tämä prosessi, selvitys ja haastattelut opettivat kuitenkin kaksi tärkeää asiaa:

- 1) Loppuasiakkaan raha ohjaa kiinteistöomistajan hankintapäätöksiä jopa tilanteissa, joissa näillä ei ole tekniikan näkökulmasta suoraa yhteyttä. Kuvittelin esimerkiksi, että lämmitysjärjestelmiin tehtävät investoinnit Suomessa olisivat vuokralaisesta riippumatonta – mutta näin ei ole.
- 2) Ammattimaisilla kiinteistöomistajilla on valmius ostaa jo nyt kuukausihintaisia palveluita. Luvut ovat riittävän hyvin hallussa, että erilaiset kustannusvertailut onnistuvat ja hankintapäätöksiä saadaan tehtyä luotettavien kumppaneiden kanssa, joiden uskottavuus on riittävä pitämään sopimuksista ja lupauksista kiinni.

Tavoitteet

Tavoitteena oli saada rahallisesti merkittäviä ja selkeitä elinkaarivalintoja esille. Tarpeenmukainen ilmanvaihto on tällainen esimerkki, mutta se – kuten esimerkiksi lämpöpumpputekniikka – kärsii liian vähäisellä osaamisella aloitetuista projekteista, joiden lopputulos on ollut kiinteistölle pahimmillaan jopa vaarallinen. Tähän asiaan liittyy siis paljon uskomuksia, jotka kiinteistötekniikan toimiala on itse aiheuttanut

markkinaa. Säästöt ovat laskennallisesti olleet tarjolla pitkään, joten niitä on lähdetty tarjoamaan ”ideapohjalta”, ilman kunnollista valmistautumista itse projektin läpivientiin.

Tulokset

Oleellisin tulos on, että alamme on valitettavasti jakautunut koulukuntiin, jotka vanovat kuka kenenkin nimeen. Tämä on kiinteistötekniikan arvontuoton ja hankintojen kannalta haitallista, jonka toivon muuttuvan. Standardointi usein korjaa tällaisia tilanteita, joka on yksi mahdollinen pelastaja – muuten melko kirjavalle alalle.

Tulevaisuus ja jatkokehitys

Toimittajien yhteisesti rakentama selvitys on yksi mahdollinen kehityssuunta, jolla mm. energiataloudellisuuteen sidottuja uskomuksia saataisiin poistettua. Tätä tulevaisuutta varjostaa ”potentiaalinen raha”, jossa jokainen toimija tyytyy 0,001% miljardista, kun tarjolla olisi kymmeniä miljoonia yhteistyöllä.

Jostain syystä alan keskusteluyhteyksien luottamuksellisuus asiakkaiden ja toimittajien välillä ovat yllättävän heikkoa. Yllättävää siis toimialan iän ja laajuuden takia, mutta ei käytännössä. Esimerkiksi eräässä hyödykkeiden myyntiin ja huoltoon keskittyvässä kiinteistöissä toimittaja tuli selvittämään kylmyyttä nurkkatoimistossa ja totesi seinärakenteen villojen olevan homeessa. Tilaaja saapui paikalle tarkistamaan asiaa, pyysi asiantuntijaa keräämään työskentelyvälineensä ja poistumaan. Asiantuntijan homeeksi tulkitsema tummennut villa oli moitteetonta kivivillaa.

Kiinteistötekniikka rakennetaan edelleen useimmiten kahden vuoden näkökulmasta (*uudiskohteiden kiinteistötekniisten urakoiden takuu aika*) ja projektin takuuajan umpeuduttua nähdään lopputulos. Elinkaarimallien hyödyntämisen päällä tuntuu olevan jonkinasteinen savuvero, koska sektoriin liittyy voimakkaita liiketoimintatavoitteita ja -mahdollisuuksia. Markkinan kypsyyssä (*mm. toimintatapojen vakiintuminen*) tietoa on tarjolla enemmän.

Lopuksi

”Jos taas sanotte isoille ihmisille: ’Olen nähnyt kauniin, punaisista tiilistä tehdyn talon, jonka ikkunoilla kukkivat kurjenpolvet ja jonka katolla kuhertelivat kyyhkyset...’, niin he eivät osaa kuvitella tätä taloa. Heille on sanottava ’Olen nähnyt satatuhatta markkaa maksavan talon.’ Jolloin he huudahtavat: ’Ah, kuinka kaunista!’ ”

–Kertoja, Pikku Prinssi (Saint-Exupéry. 1993, 46)

Olen erittäin tyytyväinen laaja-alaiseen käsittelyotteeseeni. Opin paljon ja monipuolisesti huomioitavista asioista kiinteistötekniikan suhteen. Tämä prosessi on ollut tietyllä tavalla myös terapeutin.

Kaikkiaan kiinteistöalalla liikkuu niin paljon rahaa ja henkilötyövuosia, että alan tietynlainen sekavuus on melko ymmärrettävä. Tietystä mielessä musiikkibisnes on yllättävän lähellä edustamaani toimialaa. Ruotsalaiset ammattilaiset jyräävät, mutta rumat Lordi-naamatkin onnistuvat aina välillä. Ison rahan jenkkituotteiden mainosarvo ylittää monesti toimitetun lisäarvon. Alalla on ja tulee koko ajan jäätävä määrä maineesta ja mammonasta haaveilevia retkuja, jotka kiukuttelevat, kun kukaan ei osta. Lisäksi on paikkakuntansa supertähtiä, jotka tekevät hyvää jälkeä kopioimalla muiden uraa uurtavia tuotoksia tulkitsemalla niitä luotettavasti Karaoken tavoin. Heistä ei koskaan tule tähtitaivaan komeettoja, eikä välttämättä edes kasvuyrittäjiä, mutta heillä on uskollinen fanijoukko ja laulamaan pääsee aina halutessaan.

Kirjallisuutta kiinteistöjen elinkaarivalintoihin liittyen

Kiinteistöautomaatio

- Rakennusautomaatiojärjestelmien toimintaympäristöt ja järjestelmäkehityksen tavoitteet (2011, *Matti Ikonen, opinnäytetyö, JAMK*):
<http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32739/ValmisOppari.pdf;jsessionid=121DBF74B735BC97C22C89A73566CD2D?sequence=1> (*Erittäin mielenkiintoista luettavaa, jos tuntee kiinteistöautomaatiotoimialan nykytilannetta*)
- Erinomainen katsaus kiinteistöautomaation sielunelämään:
Suomäki Jorma, Vepsäläinen Sami. 2013. Talotekniikan automaatio – käyttäjän opas. Kiinteistöalan Kustannus Oy.

Rakentaminen

- Materiaalitehokkuuden tehostaminen uudisrakennuksen sisävalmistusvaiheessa (2016, *Iida Onnela, opinnäytetyö JAMK*):
<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/108078/Opinnaytetyo-AMK-onnela-2016.liitteeton.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (*Elinkaariasioita käsitellään hyvin ja monipuolisesti*)

Huolto ja ylläpito

- Jos pohdit kiinteistön ylläpitämistä ja huoltoa, tutustu tähän:
Myyryläinen, Leevi. 2008. Kiinteistön teknisen huollon käsikirja. Gummerus Kirjapaino Oy.

Lähteet

Air quality guidelines for Europe. 2000. WHO (Europe), Air quality guidelines for Europe (2nd edition), No. 91, Kööpenhamina. Viitattu: 4.3.2017.

http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf

Air Rights. 1964. American Society of Planning Officials. Chicago.

Asikainen, Martti. 2017. Artikkelit Uusisuomi-verkkosivustolla. Viitattu 26.2.2017.

<http://masik.puheenvuoro.uusisuomi.fi/166111-ahvenanmaa-kerää-suomelle-sakkoja>

Asumisen energiakustannukset. 2015. Selvitys Tilastokeskuksen sivustolla. Viitattu 27.1.2018. https://www.stat.fi/til/asen/2015/asen_2015_2016-11-18_fi.pdf

Asumisen energiakustannukset. 2015. Tilastokeskuksen raportti. Viitattu 27.1.2018.
https://www.stat.fi/til/asen/2015/asen_2015_2016-11-18_fi.pdf

Asumisterveysasetus. 2015. Sosiaali- ja terveysministeriön asumisterveysasetus (STM 2015). Viitattu: 4.3.2017.

<http://stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>

BACnet wiring. 2016. Do's and Don'ts, BACnet Wiring (Part 2 of 3) -ohje Neptronic-sivustolla. Viitattu 31.3.2018.

http://www.neptronic.com/communication/TechTime/201603/HVAC_Controls/TechTime_March_2016_HVAC_Controls.pdf

EC vs. AC – The facts. n.d. Pdf-esite Fantech-puhallinorganisaation sivustolla. Viitattu 20.3.2016. http://www.fantech.com.vn/mydata/mce/news/ec_vs_ac.pdf

Energia Suomessa. n.d. Tietokirjateksti Wikipedia-sivustolla. Viitattu 28.1.2018.

https://fi.wikipedia.org/wiki/Energia_Suomessa

Elinkaarisopimuksen laadintaopas. 2006. Rakennusteollisuus RT ry. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. Vammalan Kirjapaino Oy. Vammala.

Energiatodistuslaatijoiden ryhmäkeskustelukooste. 2015. Motivan 18.11.2015 tekemä keskustelukooste. Viitattu 5.3.2017. [http://energiatodistus.motiva.fi/midcom-serveattachmentguid-](http://energiatodistus.motiva.fi/midcom-serveattachmentguid-1e5940e40c9738a940e11e5b9ea312966d0fd97fd97/energiatodistusten_laajat_keskusteluiden_yhteenvedo_aiheittain_26112015.pdf)

[1e5940e40c9738a940e11e5b9ea312966d0fd97fd97/energiatodistusten_laajat_kestusteluiden_yhteenvedo_aiheittain_26112015.pdf](http://energiatodistus.motiva.fi/midcom-serveattachmentguid-1e5940e40c9738a940e11e5b9ea312966d0fd97fd97/energiatodistusten_laajat_keskusteluiden_yhteenvedo_aiheittain_26112015.pdf)

Haynes, B. & Nunnington, N. 2010. Corporate real estate asset management: strategy and implementation. Lontoo: Estates Gazette.

Heikkinen, Henri. 2014 Ympäristöministeriön uudistama energiatodistus -insinööriyö (Kajaanin AMK). Viitattu 5.3.2017.

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/72655/Ymparistoministerion%20uudistama%20energiatodistus.pdf?sequence=1>

Helsingin seudun ympäristöpalveluiden vesihuollon taksa 1.1.2014 alkaen. 2013. Helsinki.

Hood, C., Wiedemann, S., Fichtinger, S., Pautz, U. Requirements Management - The Interface Between Requirements Development and All Other Systems Engineering Processes 2008

Ikkunoiden energiatehokkuus. n.d. Ikkunoiden energiatehokkuus-artikkeli Motivan sivustolla. viitattu 25.2.2017

http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/vaikuta_hankinnoilla/ikkunoiden_energiatuokitus/ikkunoiden_energiatehokkuus

Indoor air quality. 1989. WHO (Europe), Indoor air quality: organic pollutants. EURO Reports and Studies No.111. Kööpenhamina. Viitattu 5.3.2017.

www.euro.who.int/data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf

Julkisen elinkaarihankkeen kilpailuttamisopas. 2006. Rakennusteollisuus RT ry. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy. Vammalan Kirjapaino Oy. Vammala.

Jylänki, Tomi. 2014. Haastattelu.

Kasurinen, Riina. 2013. Energiatodistukset käyttöön tahmeasti lain vaatimuksista huolimatta -uutinen Ylen-sivustolla. Viitattu 5.3.2017. <http://yle.fi/uutiset/3-6745027>

Kempainen, Kari. 2006. Lämmöneristevalmistajat puolustavat energiatodistusta - artikkeli Iltasanomien-verkkosivustolla. Viitattu 5.3.2017.

<http://www.iltasanomat.fi/taloussanomat/art-2000001442485.html>

Kiinteistöjen arviointikäsikirja. Suomen Kiinteistöarviointiyhdistys ja Rakennustieto Oy (Rakennuskirja Oy). 1991. Karisto Oy. Hämeenlinna.

Kiinteistöjen tiedonsiirtoväylät, tietotekniset järjestelmät. 2017. Sähkötieto Ry. ST-käsikirja. Painokurki Oy. Helsinki.

Kiinteistön kuntoarvio. 2014. Rakennustieto Oy. Tammerprint Oy. Tampere.

Kiinteistötekniset elinkaaripalvelut. 2015. Palvelukuvaus Inspectan verkkosivustolla. Viitattu 21.11.2015. <http://www.inspecta.com/fi/Palvelut/Tekninen-konsultointi/Kiinteistotekniset-elinkaaripalvelut/>

Kiinteistöveroprosentti. 2015. Selvitysteksti Verohallinnon-sivustolla. viitattu 21.11.2015. [https://www.vero.fi/fi-FI/Henkiloasiakkaat/Kiinteistovero/Kiinteistoveroprosentit\(9216\)](https://www.vero.fi/fi-FI/Henkiloasiakkaat/Kiinteistovero/Kiinteistoveroprosentit(9216))

KJAAM-kaapeli. n.d. Tuote-esite Reka Kaapelit Oy:n sivustolla. Viitattu 26.3.2018. <https://www.reka.fi/ohjaus-ja->

[instrumentointikaapelit/instrumentointikaapelit/kiaam-halogeeniton-instrumentointikaapeli](#)

Klotz, G. ja Lahm, B. 2006. Aktuelle Erkenntnisse zur Innenraumluftqualitaet - Einflussfaktoren, Risikominimierung und Bewertungsansaeetze.

Kokonaiskustannusajattelu. n.d. Artikkel Logistiikan Maailma -verkkosivustolla. Viitattu 23.9.2016. <http://www.logistiikanmaailma.fi/wiki/Kokonaiskustannusajattelu>

Kuolettavat sähkötapaturmat. n.d. Kuolemaan johtaneet sähkötapaturmat vuodesta 1980 alkaen –listaus Tukes:in sivustolla. Viitattu 29.3.2018,

<http://www.tukes.fi/fi/Rekisterit/sahko-ja-hissit-rekisterit/sahkotapaturmat/>

Kyllönen, Olli-Heikki. n.d. Energiatodistus uuteen eduskuntakäsittelyyn. 1.3.2014.

Viitattu 5.3.2017.

http://www.sahkoala.fi/koti/lammitys/fi_FI/Energiatodistus_uuteen_eduskuntakasitelyyn/

L 379/2011 Pelastuslaki 76§. 2011 Suomen Säädöskokoelma. Helsinki.

Leppänen, Pekka. 2004. Säästävää pientalo, Rannanpellontalon mittaustulokset ja kokemukset, 1997-2004. Tammer-Paino Oy. Tampere.

Lintula, Reijo. 2015. Artikkel RTL-Palvelut Oy:n sivustolla. Viitattu 29.3.2018.

<https://www.rtlpalvelut.fi/kuolemaan-johtanut-sahkotapaturma-23-1-2015/>

Löytty, Katri. Jyväskylän Kaupunki, hankintapäällikkö, 2.12.2015. Jyväskylä: Hankintailta

Manner, Jukka. 2013. SFP-luku LVI-suunnittelussa, opinnäytetyö (Metropolia AMK).

Martti Vainio, Markku J. Niemi. 1993. LVI-tekniikka. WSOY.

Miksi valita FreshWind-korkeapainesumujärjestelmä. n.d. Palvelukuvaus FreshWind-sivustolla. Viitattu 29.3.2018.

<https://www.freshwind.fi/korkeapainesumujarjestelma/>

Myyryläinen (2), Leevi. 2008. Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa. Gummerus Kirjapaino Oy.

Myyryläinen, Leevi. 2008. Kiinteistön teknisen huollon käsikirja. Gummerus Kirjapaino Oy.

Noah J. Goldstein, Steve J. Martin, Robert Cialdini. 2009. Yes!: 50 Scientifically Proven Ways to Be Persuasive. FREE PRESS.

Ojala, Ilkka. 2006. Kuluva käyttöomaisuus verotuksessa -artikkeli Tilisanomat-sivustolla. viitattu 22.11.2015. <http://tilisanomat.fi/content/kuluva-k%C3%A4ytt%C3%B6omaisuus-verotuksessa>

Polttoaineet. 2016. Raportti Motivan-sivustolla. Viitattu 21.7.2016
https://www.motiva.fi/files/3193/Polttoaineiden_lampoarvot_hyotysuhteet_ja_hiili-dioksidin_ominaispaastokertoimet_seka_energianhinnat_19042010.pdf

Putkiremontti onnistui kahdessa viikossa. 21.11.2016. Artikkelikiinteistölehden verkkosivustolla. Viitattu 5.3.2017. <https://www.kiinteistolehti.fi/putkiremontti-onnistui-kahdessa-viikossa/>

Pylysy Petri. Taloyhtiön energiatodistus. Verkkokirja (ISBN 978-951-685-330-0). 2013.

Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö ja elinkaarimittarit. 2005. Rakennusteollisuuden Kustannus RTK Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n 239-2008 julkaisu. 2008. Hakapaino.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n 249-2009 julkaisu. 2010. Saarijärven Offset Oy.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n 267-2015 julkaisu. 2015. Tammerprint.

Saint-Exupéry, Antoine de. 1993 (1946). Pikku Prinssi ja miten tarina syntyi. Helsinki.

Salonen, H. 2009. Indoor air contaminants in office buildings. Väitöskirja, Kuopion yliopisto, People and Work Research Reports 87, Helsinki. Työterveyslaitos.

Säteri, Jorma. 2001. Käytännön ilmanvaihto – Opas ilmavaihdon oikeaan käyttöön ja kunnossapitoon. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Säteri, Jorma. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008, Sisäympäristön uudet tavoitearvot. 1.12.2008 -esite. Viitattu 5.3.2017. <http://whm12.louhi.net/~sisailma/wp-content/uploads/2013/03/sisailmastoluokitus2008-esittely.pdf>

Seifert, B., Englert, N., Sagunski, H. ja Witten J. 1999. Guideline values for indoor air pollutants, Proc. of the 8th Int. Conf. on Indoor air quality and Climate, Edinburgh, Scotland.

Seppänen Olli ja Seppänen Matti. 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Sisäilmayhdistys Ry. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Siikala Juhani ja kustantaja. 2000. Kiinteistönpidosta kiinteistöliiketoimintaan. Gummerus Kirjapaino Oy. Jyväskylä.

Silvennoinen, Mari. 2016. Suomen Nuorkauppakamarit Meriitti 1/2016 –lehti.

Skistad Håkon, Mundt Elisabeth, Nielsen Peter V., Hagström Kim, Railio Jorma. 2003. Syrjäytysilmanvaihto – muissa kuin teollisuuslaitoksissa. Suomen LVI-liitto ry. Helsinki.

Suomäki Jorma, Vepsäläinen Sami. 2013. Talotekniikan automaatio – käyttäjän opas. Kiinteistöalan Kustannus Oy.

Talosi / Säästä energiaa. 2012. Bonnier Publications International AS. Specialtrykkeriet Viborg A/S.

Talotekniikka. 2015. Artikkelikiinteistöjen elinkaariaisioihin liittyen Teknologiateollisuuden verkkosivustolla. Viitattu 22.11.2015.

<http://tech.teknologiateollisuus.fi/fi/palvelut/talotekniikka.html>

Talotekniikkaa kaikille. 2017. Asumisen talotekniikka – järjestelmät, palvelut ja asiakkuudet (ASTAT). Painokurki Oy, Helsinki. Sähköinfo.

Tuotanto ja kustannukset. 2010. Powerpoint-esitys Y55 Kansantaloustieteen perusteet, Yrityksen teoria, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Helsingin Yliopisto - sivustolla. Viitattu 22.11.2015. http://www.helsinki.fi/taloustiede/opiskelu/y-kurs-sit/y55/Y55_10/luento2709.ppt

TVOC. 2012 Työterveyslaitos. Haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kokonaispitoisuuden (TVOC) tavoitetasot teollisten työympäristöjen yleisilmassa. Tavoitetaso TY-01-2012. 17.4.2012. Viitattu. 4.3.2017. <https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/12/TVOC-tavoitetasot.pdf> . Huom. lisätietoja muista tavoitetasoista www.ttl.fi/tavoitetasot

U-arvo. n.d. Ikkunoiden Artikkelit Ikkunawiki-sivustolla. Viitattu 25.2.2017.

<http://www.ikkunawiki.fi/talous-ja-ymparisto/u-arvo/>

Väestönsuoja. 2015. Artikkelit Wikipedia-sivustolla. Viitattu 22.11.2015.

<https://fi.wikipedia.org/wiki/V%C3%A4est%C3%B6nsuoja>

Vehkaperä, Mirja. n.d. Energiatodistus -artikkelit Uusisuomi-sivustolla. Viitattu

26.2.2017 <http://mirjavehkapera.puheenvuoro.uusisuomi.fi/166534-nykyinen-energiatodistus-on-turha-ja-kallis>

Verto - opas Järkevään vedenkäyttöön. 2018. Vercon Oy:n kustantama opas käyttöveteen liittyen.

VOC-päästöt. n.d. Artikkelit Hengitysliiton-sivustolla. Viitattu 4.3.2017.

<http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/hiukkasmaiset-ja-kaasumaiset-epapuhautet/voc-paastot>

VOC-yhdisteet. n.d. Artikkelit Hengitysliiton-sivustolla. Viitattu 4.3.2017.

<http://www.hengitysliitto.fi/fi/sisailma/hiukkasmaiset-ja-kaasumaiset-epapuhautet/voc-paastot>

Åström-Kupsanen, Maarit. 2014. Kuningaskuluttaja: Energiatodistuksen merkitys jäänyt kuluttajalle hämäräksi -artikkelit Ylen-sivustolla. Viitattu 5.3.2017.

<http://yle.fi/aihe/artikkeli/2014/10/16/energiatodistuksen-merkitys-jaanyt-kuluttajalle-hamaraksi>

Äijälä Sari, Elosuo Mikko, Tiainen Mikko. 2001. Kiinteistöpalvelujen vertailu ja arviointi. Tarjousvaihe ja sopimuksen aikainen yhteistyö. Päijät-Paino Oy. Lahti

Liitteet

Liite 1. Esimerkkilaskelma hankintamenovähennyksestä

2. X Oy ostaa toimistotalokiinteistön 300 000 euron kauppahinnalla. Kiinteistöasiantuntijan arvion mukaan kauppahinnasta 50 000 € kohdistuu maa-alueeseen ja 250 000 € rakennukseen. Rakennuksen hinnasta puolestaan 50 000 € on teknisten laitteiden osuutta (ilmastointilaitteita yms.). X Oy maksaa kauppahinnasta 12 000 euron varainsiirtoveron.

Miten X Oy vähentää kiinteistön hankintamenon verotuksessa?

Kiinteistön ostohinta jakautui

Maa-alue	50 000	1/6
Rakennus (ilman teknisiä laitteita)	200 000	4/6
Tekniset laitteet	50 000	1/6

Varainsiirtovero pitää kohdistaa kiinteistön osille samassa suhteessa, jolloin hankintamenoksi muodostuu

Maa-alue	$50\,000 + 2\,000 = 52\,000$
Rakennus (ilman teknisiä laitteita)	$200\,000 + 8\,000 = 208\,000$
Tekniset laitteet	$50\,000 + 2\,000 = 52\,000$

Maa-alueen hankintamenon voi verotuksessa vähentää vasta kun se luovutetaan. Poistoja maa-alueesta ei voi tehdä.

Toimistorakennuksen hankintamenosta voidaan tehdä EVL 34 §:n mukaan enintään 4%:n menojäännöspoisto. Rakennuksen teknisten laitteiden hankintameno lisätään EVL 31 §:n mukaan koneiden, kaluston ja laitteiden menojäännökseen ja menojäännöksen yhteismäärästä voidaan tehdä enintään 25 %:n menojäännöspoisto.

Ojala, Ilkka. 2006. Kuluva käyttöomaisuus verotuksessa.

<http://tilisanomat.fi/content/kuluva-k%C3%A4ytt%C3%B6omaisuus-verotuksessa> , viitattu 22.11.2015

Liite 2. Käyttöomaisuuden määritelmä liiketoiminnassa

Käyttöomaisuudella tarkoitetaan elinkeinotoiminnassa hyödykkeitä, jotka on tarkoitettu pysyvään käyttöön. Käyttöomaisuutta hankintaan ja siihen investoidaan sen käyttöarvon takia, eikä niitä ole tarkoitus luovuttaa eteenpäin ennen voimakkaita strategisia muutoksia tai käyttöomaisuuden elinkaaren päättymistä.

(Ojala 2006)

Käyttöomaisuuden verotus

Verottaja jakaa käyttöomaisuuden kahteen ryhmään:

- 1) Kuluva
- 2) Kulumatonta

Hyödykkeet, jotka kuluvat fyysisesti ja/tai taloudellisesti, kuuluvat ensimmäiseen ryhmään (kuluva) ja ovat yleensä esimerkiksi:

- Kiinteistöt
- Koneet
- Patentit
- Maa-ainesten ottopaikat

Hyödykkeet, jotka eivät kulu fyysisesti eivätkä taloudellisesti, kuuluvat toiseen ryhmään (kulumaton) ja ovat yleensä esimerkiksi:

- Maa-alueet
- Arvopaperit
- Taide-esineet

Käytännössä jaottelun suurin merkitys on, että kulumattoman käyttöomaisuuden hankintamenoista ei voida pääsääntöisesti tehdä vähennyksiä sen omistusaikana. Esimerkiksi maa-alueen hankintamenoista ei voi tehdä poistoja. Kulumattoman käyttöomaisuuden hankintameno muuttuu usein vähennyskelpoiseksi vasta sen luovutushetkellä.

Arkikielessä käytettäväksi tarkoitettu omaisuus on aina luonteeltaan kuluva ja näin ollen arvoaan menettävää, mutta yritysmaailmassa näin ei välttämättä ole. Käyttöomaisuusluokka ei ole myöskään automaattinen esimerkiksi kiinteistöille, joita yritys ei käytä ns. ydinliiketoimintansa harjoittamiseen, vaikka ne usein sisältävätkin ajatuksen pitkäaikaisesta omistamisesta.

Käyttöomaisuusverotus ja -kirjanpito

Yrityksen kirjanpidon ja verotuksen poistot on kytketty yhteen elinkeinoverolain säädöksessä 54 (EVL 54 §). Kirjanpidossa poisto on pakollinen, kun taas verotuksessa

poisto voidaan jättää jopa kokonaan tekemättä. Verotuksessa tekemättä jätetty poisto siirtyy ns. hyllypoistona vähennettäväksi myöhempien vuosien verotuksessa. Poistojen hyllyttäminen verotuksessa voi tulla kysymykseen esimerkiksi silloin, kun yrityksellä on aiemmilta vuosilta vahvistettuja tappioita, joiden vähentämiseksi verotuksessa halutaan näyttää verotettavaa tuloa.

Vain kirjanpidossa esitettyjä poistoja voidaan käyttää verotuksen poistoihin. Poistot rasittavat kirjanpidossa tuloslaskelmaa. Kun kirjanpidon suunnitelman mukaiset poistot ovat usein verotuksessa sallittuja poistoja pienempiä, EVL 54 §:n säännöksestä johtuen tilinpäätöksissä joudutaan kirjaamaan poistoeroja. Verottaja voi siis vaatia yrityksen kirjanpidollista vähennystä pienempää verotuksellista menojäännöspoistoa.

Jotta yritys voisi tehdä verotuksessa sallitun poiston, verovuonna tai aikaisemmin on kirjanpidossa tullut kirjata kuluksi vähintään yhtä suuri poisto. Suunnitelman mukaisen poiston ylittävä osa kirjataan tuloslaskelmalla kuluksi poistoeron lisäyksenä. Verolain poistosäädöksiä uudistusten tavoitteena on, että verotuksen poistot vastaisivat kirjanpidon suunnitelman mukaisia poistoja.

Poistot ja vähennykset

Pääasiallisesti verotuksessa sovellettavia poistojärjestelmiä on kolme:

- 1) Degressiivinen poisto. Nämä ovat taloudellisesti merkittävimmät, sillä ne tehdään tietyn enimmäisprosentin puitteissa kulloinkin poistamatta olevasta menojäännöksestä. Poisto alenee vuosittain, mutta hankintameno poistuu nopeasti.
- 2) Tasapoisto. Hankintamenoa poistetaan vuosittain samalla summalla.
- 3) Käytönmukainen poisto. Tätä sovelletaan esimerkiksi maa-ainesten ottoalueisiin, koska käyttämättömänä ko. omaisuus ei menetä arvoaan.

Käyttöomaisuuden verotus-, hankintameno- ja todellinen arvo ovat erillisiä asioita. Kuluvan käyttöomaisuuden hankintameno pyritään vähentämään hyödykkeen käyttöaikana. Verotuksen poistosäännösten tavoitteena on kohdistaa hankintamenopoisto sille verovuodelle, jonka aikana hyödyke on kerryttänyt elinkeinotuloa. Tavoite ei kuitenkaan toteudu läheskään aina, koska säännökset ovat kaavamaisia, eivätkä vastaa taloudellista kulumista.

Esimerkiksi yrityksen ajoneuvot ovat usein myyntiarvoltaan arvokkaampia, kuin niiden tasearvo on. Poistoille on määritelty enimmäismäärät, mutta ne eivät ole pakollisia. Verovelvollinen voi tehdä poiston joissakin tapauksissa enimmäismäärää pienempänä tai jättää sen kokonaan tekemättä, jos esimerkiksi tulos on jo ennen poiston vähentämistä huono. Yrityksen kirjanpidossa toimenpiteiden viivästyttäminen on useimmiten kuitenkin ongelmien kasaamista myöhempään hetkeen, joten poistojen tekemistä normaaliohjelman mukaisesti kannattaa tehdä. Yrityksen talousaineisto on tällöin helpommin luettavissa ja antaa paremman käsityksen yrityksen tilanteesta.

Kiinteistöihin kohdistuvat poistot tehdään degressiivisesti poistamattomasta meno-jäännöksestä. Käyttötarkoitus ja esimerkiksi rakennusmateriaali vaikuttavat poiston enimmäismäärään, joka vaihtelee 4...20% välillä.

Jokainen kiinteistö muodostaa oman poistokohteensa, mutta kiinteistöä voidaan jakaa käyttötarkoitukseltaan myös osiin ja meno-jäännöksen voi jakaa osien kesken. Tämä edellyttää, että merkittävä osa kiinteistöstä on pääasiallisen käyttötarkoituksesta poikkeavassa käytössä.

Tutkimustoimintakäytössä olevan kiinteistön (tai sen osan) enimmäispoisto on 20% meno-jäännöksestä, elinkeinotoiminnan tuotantorakennuksissa 7%, toimisto- ja asuinrakennuksissa 4%. Esimerkkilaskelma on liitteenä (Liite 1), jossa kuvataan hyvin vähennyksiin liittyvää monimutkaisuutta.

Kiinteistöomaisuuteen liittyvät erityispoistot

Logistiset tukirakennelmat (rautatie, silta, laituri jne.) hankintameno poistetaan tasa-poistoin omaisuuden taloudellisena käyttöaikana, kuitenkin enintään 40 vuoden aikana. Säännöstä sovelletaan kuluvaan käyttöomaisuuteen, joihin ei sovelleta edellä mainittuja poistosäännöksiä. Esimerkiksi verovelvollisen oman maa-alueen asfaltointiin sovelletaan tätä poistosäännöstä.

Perusparannusmenot

Hankintamenoon sisällytetään hyödykkeen perusparannuksesta aiheutuneet menot. Perusparannuksia ovat mm. käyttötarkoituksen muuttaminen, laajennukset tai omaisuuden kuntoa parannetaan. Nämä eivät siis ole vähennettäviä vuosikuluja, vaan ne on luettava perusparannettavan hyödykkeen meno-jäännökseen. Yleensä korjausme-

not vähennetään vuosikuluina, mutta verovelvollisella on oikeus halutessaan lukea myös suurehkot korjausmenot hyödykkeen hankintamenoksi ja vähentää nämä pois-toin. Joskus rajanveto perusparannusmenon ja korjausmenon välillä on tulkinnanva-rainen, joten epävarmassa tilanteessa verottajan ennakkopäätös on hyvä hakea.

Väestönsuojat ja ympäristösuojelu

Väestönsuojaksi ja ympäristön pilaantumisen estämiseksi hankittujen rakennelmien ja kaluston enimmäispoisto hankintamenosta on 25% tasapoisto, eli nopeimmillaan hankintameno poistetaan neljässä vuodessa.

Kun kiinteistön tai kiinteistöryhmän yhteenlaskettu pinta-ala ylittää 1200 m², on sii-hen rakennettava väestönsuoja. Kooltaan väestönsuoja on vähintään 2% kerrosalasta samalla toteuttaen 12m² vähimmäiskoon. Lisäksi edellytetään asianmukaiset aputi-lat. (379/2011 Pelastuslaki 76§)

Maailemansotien aikaan järjestettiin pommisuojarakennelmia. Sotien jälkeen väestön-suojakonsepti määriteltiin pelastuslakiin ja pelastustoimiasetukseen. Vuoden 1954 määräyksissä pyrittiin rakentamaan suojat rakennussortumia ja taistelukaasuja vas-taan. Teräsovi oli 3mm paksuinen ja kaasutiivis, mutta ilmanvaihtolaitteita ei vaadit-tu. C-luokan suojiin lisättiin vuonna 1959 käsikäyttöinen ilmanvaihtolaitteisto hiek-ka-suodattimella ja oven teräspaksuus korotettiin vähintään 20mm. Neljä vuotta myöhemmin (1963) C- ja B-luokan suojiin lisättiin hiukkas- ja kaasusuodatinosat. (Vä-estönsuoja. 2015)

Väestönsuojien tarkoituksenmukaisuus on nykyaikaisessa sodankäynnissä kyseen-alainen. Mikäli esimerkiksi Suomi epäonnistuu saamaan ennakkotietoa itänaapurim-me ilmahyökkäyksestä, on täysin turhaa edes kehottaa väestöä siirtymään väestön-suojaan. Nykyaikainen lentokalusto halkaisee Suomen horisontaalisesti mistä tahansa kohtaa minuuteissa. Raskaat pommikoneet ovat toki hitaampia, mutta taktisia ohjus-iskuja voidaan suorittaa hävittäjilläkin. Laki edellyttää, että väestönsuoja saatetaan käyttökuuntoon 72h aikana. (Jylänki. 2014.)

Lisäpoisto

Jos kuluvan käyttöomaisuuden käypä arvo on sen poistamatonta menojäännöstä pienempi verovuoden päättyessä ja verovelvollinen voi sen luotettavasti osoittaa, on verovelvollisella oikeus tehdä nämä arvot tasapäistävä lisäpoisto.

Koneiden ja kaluston osalta tarvitaan vielä osoitus, että kaiken menojäännökseen sisältyvän käyttöomaisuuden yhteenlaskettu käypä arvo on kokonaismenojäännöstä pienempi. Yksittäisen koneen arvonalennus ei siten oikeuta lisäpoistoon, jos koneiden yhteenlaskettu käypä arvo ei alita menojäännöksen yhteismäärää.

Liite 3. Kiinteistöhoiton vastuutaulukot (*esimerkkijako*)

Vastuu	Omistaja	Asiakas
Hallinto, verot, vakuutukset	x	
Tekninen huolto	x	
Jätehuolto	x	
Ulkoalueiden hoito (kesä/talvi)	x	
Ulkoalueiden puhtaanapito		x
Lämpöenergia		x
Sähköenergia		x
Vesi-/jätevesi		x
Siivous		x

(Myyryläinen. 2008, 68)

Liite 4. Menneisyys, nykyisyys ja tulevaisuus

Vera – teknologiaohjelma (VTT 1999)

Kiinteistöalan tulevaisuuteen saatiin viime vuosituonnilla viisi ennustetta:

- 1) Piirtämisestä tiedonhallintaan
- 2) Dokumenteista tuotemalleihin
- 3) Papereista digitaaliseen informaatioon
- 4) Toteutussuunnittelusta elinkaaritietoihin
- 5) Vastakkain asettelusta yhteistyöhön

(Siikala ym. 2000, 312)

Arviot nykytilasta (2018):

- 1) Tietomallipohjainen suunnittelu on tullut teollisuudesta myös kiinteistöalalle, mutta vielä tällä hetkellä: *”Joo tässähan tää meidän kiinteistöalue on 3D-mallissa, mutta kuten esim. tässä (ilmastointikanava on 2m aukon sivussa menossa seinää päin) nähdään, ettei tällä nyt vielä hirveesti mitään tee.”*

- 2) Edelleen suunnittelussa kysytään tuote-esitteitä, ei juurikaan järjestelmäkonaisuuksia – mutta esim. paketti-IV-koneet ovat saaneet merkittävää jaloa sijaa.
- 3) Tunnen vain yhden täysin sähköisesti putkiurakoita laskevan henkilön. Kaikki muut käyttävät enemmän tai vähemmän papereita.
- 4) Erilaiset suuret osto-organisaatiot (esim. kaupungit) kokeilevat elinkaarihankkeita.
- 5) Allianssimalli rakennusprojekteissa on yleistynyt.

Väylätekninen osaaminen

Tieni kiinteistöautomaatioon oli pitkä ja monipuolinen näin jälkikäteen arvioituna. Esimerkiksi väyläteknikkaa tuli nähtyä käytännön kautta monipuolisesti. Pelasimme lähiverkossa ja netin ylitse kaikenlaisia tietokonepelejä, joiden kanssa sai kyllä tehdä monenlaisia ylläpitotöitä. Minusta tuli meidän lähiverkkopelaamisen (*ns. lanittaminen*) lähitukihenkilö monestakin syystä. Olin nopea oppimaan, saatoinkin hyvinkin olla vetämättä lainkaan viinaa ja en turhautunut ongelmiin, vaan uskoinkin aina ratkaisuihin.

Nuoruuden kotitalossamme musiikki soi usein alakerrassa, jossa tietokone oli sijoitettu noin 15m päähän äänentoistolaitteistosta. Minulla oli sopivan mittainen laadukkaaseen digitaaliseen äänentoistoon tarkoitettu koaksiaalikaapeli. Ääni kuitenkin rikkoutui joka kerta, kun loisteputkivalot sytytettiin tai sammutettiin. En tuolloin tiennyt vielä liikoja sähköstä, mutta oli selvää, että juuri sähköön liittyvä häiriö aiheutti epämiellyttävän ja äänentoistolaitteistolle haitallisen ilmiön.

Sattumalta serkkuni luona käydessämme Saksassa pohdin, että sieltä voisi löytyä edullisesti ratkaisu. Katselimme netistä liikkeitä ja melko lähellä olikin isoa varastoa pitävä musiikkiin ja äänentoistoon keskittynyt yritys: Thomann. Sieltä löytyi 20m äänentoistoon tarkoitettu valokaapeli ja loisteputkiongelmani oli historiaa. Valokaapeli ei käytä lainkaan kaapelin tiedonsiirrossa sähköistä tiedonsiirtoa, vaan nimensä mukaisesti valoa. Valo on tiedonsiirtotapana immuuni loisteputkihäiriöille.

LON-järjestelmän hiipuminen

Legendan mukaan LON-komponenttien hinnassa tapahtui raju nousu Fukushima ydinvoimalaonnettomuuden tuhotessa tekniikkaan liittyvän tuotantolaitoksen voima-

lan lähistöllä, mutta tästä ei löydy virallista lähdettä. Suomessa tapahtui LON-tuotteiden alasajoa samaan aikaan. Sattumaa tai totta.

Putkimiehet vs. sähkö

Putkimies meni avaamaan tukkeutunutta viemäriä kerrostaloasunnossa. Lattia oli todennäköisesti märkä putkimiehen saapuessa, koska huoltomiehen käydessä lattialla oli pari senttiä vettä. Avaukseen käytettiin moottorikäyttöistä ja metallirunkoista ns. avausrassia. Putkimies kytki rassin peilivalaisimen pistorasiaan. Maadoitusliuska oli jännitteinen virhekytkennän takia, joten myös rassi tuli jännitteiseksi. Kylpyhuone oli peltirunkoinen ja mahdollisesti märkä – mies menehtyi saamaansa sähköiskuun. (Lintula. 2015.)

”Putkimies hitsasi moottoriveneen päälle sijoitettua ruokoleikkuria seisten vedessä. Hitsausmuuntajan syöttö tuli vapaa-ajan asunnon pesuhuoneessa olevasta suojakosketinpistorasiasta kahden jatkojohdon välityksellä. Hitsausmuuntajan paluujohdin oli kiinni hitsattavassa laitteessa ja elektrodin pidin johtoineen oli laitteen päällä. Ilmeisesti hitsausmuuntajan tyhjäkäyntijännite aiheutti kuolemaan johtaneen sähköiskun. Tutkimuksissa ei löydetty muuta syytä.”

(Kuolettavat sähkötapaturmat. n.d.)

Kiinteistöt ovat osa monimutkaista elinvoimapolitiikkaa

Teollisuusyritykset rakentavat usein itselleen kiinteistön, jos heidän tuotanto tarvitsee esimerkiksi suurta ja kiinteistötoiminnoiltaan yksinkertaista toimitilaa. Tämä tulee usein edullisemmaksi kiinteistön elinkaaren aikana, kuin olla vuokralla toisen omistamassa hallissa. Jotkin kunnat ovat kuitenkin aktivoituneet ja pyrkivät lisäämään teollisten toimijoiden siirtymistä heidän kunnan verotuksen piiriin tukemalla valmiiden – osin tai kokonaan – tyhjillään olevien teollisuuskiinteistöjen käyttöä. Tuki voi olla kokonaiskustannuksellinen huojennus esimerkiksi verotuksen ja lämpöenergiakustannuksen kautta (kaukolämpö) tai suora rahallinen kannustin esimerkiksi yri-

tyksen siirtojärjestelyihin. Jälkimmäiset ovat harvinaisempia, mutta niistäkin on keskustelujia. (*Sain kertoa tämän opinnäytetyössäni, mutta en lähde.*)

Julkisen sektorin näkökulmasta esimerkiksi teollisuusyrityksen tuotannon siirto on erittäin monimutkainen ja kallis prosessi, joten yrityksen sijoittuminen kunnan alueelle tarkoittaa usean vuoden hyvää tuloa julkiselle sektorille.

Kiinteistöomistuksen erityispiirteitä

Kiinteistöomaisuuteen liittyvä lainsäädäntö on erittäin mielenkiintoinen todennäköisesti siksi, että se on yksi vanhimpia omistamisen muotoja ja siksi ala on kehittynyt aikojen saatossa hyvin monipuolisesti.

Cuius est solum, eius est usque ad coelum et ad inferos

-Accursius, 1200-luku

Accursiuksen latinankielinen lausahdus tarkoittaa vapaasti käännettynä: ”Maanomistaja omistaa alueen ylös taivasiin asti ja alas helvettiin saakka.”. Lausahdus sisältyi roomalaiseen lakiin keskiajalla.

Yhdysvalloissa lanseerattiin hyvin mielikuvituksellinen kiinteistöihin liittyvä liiketoimintahaara, josta 'American Society of Planning Officials' -taho julkaisi raporttinsa vuonna 1964. Raportissa määritellään tontin ja kiinteistön ikään kuin välimaastoon menevät 'ilmaoikeudet' seuraavasti:

”Ilmaoikeudet, kuten yleensä määritellään, käsittävät annettuja omistusoikeuksia kaikkiin kiinteistön ja tietyn vaakalinjan yläpuoliseen tilaan -- Tämä tarkoittaa käytännössä tontin horisontaalista jakamista kahteen osaan, jossa osat ovat erillisessä omistuksessa yhdessä niiden vastuiden ja oikeuksien kanssa. Ilmaoikeuksien hyödyntäminen koostuu "avaruudessa" rakentamisesta – olemassa olevan ylimmän pinnan yläpuolelle. Siten se kattaa enemmän kuin tavallisen vertikaalisen järjestelyn eri käyttötarkoituksiin, kuten toimistorakennuksessa voi olla myymälöitä pohjakerroksessa, huoneistohotellissa autotalli kellarissa tai rautatieasema raiteiden päällä. Nämä tyyppilliset kiinteistön käyttöjärjestelyt sisältävät kolme periaatetta, jotka puuttuvat

useimmista ilmaoikeuksista: yksi omistaja, läheinen käyttötarkoituksellinen samankaltaisuus ja synkronoitu suunnittelu sekä rakentaminen.” (Air Rights. 1964, 2)

Hilpeyttä herättäneet aineistolöydöt

Vettä tarvitaan useisiin käyttökohteisiin. Kuvituskuissa astioiden pesuun vettä tarvitsee nainen, siivoukseen samaten ja vieläpä henkilökohtaiseen hygieniaan. Vastavasti autopesua tekee, muista kuvista poiketen, mies. (Vainio, Niemi 1993, 250)

Joidenkin arvioiden mukaan palkkakustannukset ovat vain kolmanneksen työntekijöiden tuottamasta lisäarvosta. Tarkempia laskentaperusteita tälle väitteelle ei esitetty. Jää siis epäselväksi tarkoitetaanko esimerkiksi palkkakustannuksella bruttopalkkaa ilman sivukuluja vai kokonaiskustannusta pakollisine maksuineen. Sama tai eri ”*jokutaho*” on arvioinut, että Suomessa menetetään joka vuosi 3 miljardia euroa tuottavuudessa erilaisista syistä johtuen, josta osa liittyy kiinteistöihin. (Rakennus- ja kiinteistöalan ympäristö ja elinkaarimittarit. 2005, 8)