

Santeri Huttunen

RAKENNUSVAIPAN NYKYISET U-ARVO- MÄÄRÄYKSET JA NIIDEN KEHITYS EU:N JÄSENMAISSA

Kandidaatintyö
Rakennetun ympäristön tiedekunta
Joulukuu 2020

TIIVISTELMÄ

Santeri Huttunen: Rakennusvaipan nykyiset U-arvomääräykset ja niiden kehitys EU:n jäsenmaissa (Current U-value regulations and their development for a building envelope in EU member states)
Kandidaatintyö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikka
Joulukuu 2020

Suuri osuus Euroopan unionin maiden energiankulutuksesta muodostuu rakennusten energiankulutuksesta, jonka hallinta on tärkeää kustannustehokkaassa rakentamisessa ja ilmastotavoitteiden saavuttamisessa. Rakennusten energiankulutukselle on asetettu maksimiarvoja maiden rakennusmääräyksissä, ja niissä on olennaisesti mukana rakennuksen lämpöhäviöt, joita pyritään minimoimaan rakenteiden pienellä lämmönläpäisevyydellä eli U-arvolla. Työssä on tarkoitus selvittää EU-maiden U-arvomääräyksiä ja näiden pohjalta tehdä vertailua maittäin ja alueittain.

Työ suoritettiin kirjallisuuskatsauksena, jossa tärkeimpinä lähteinä olivat EU:n rahoittamat energiatehokkuushankkeet ja projektit. Täydentävänä tietona käytettiin myös joidenkin maiden rakentamismääräyskokoelmia ja aiheeseen liittyvää kirjallisuutta.

Työn ensimmäisessä osiossa käydään läpi teoria, jolla pohjustetaan tutkimuksessa saatua dataa. Teoriaosuudessa selvitetään perusasiat lämmön siirtymiseen, U-arvoihin ja rakennusten energiankulutukseen liittyen, jonka jälkeen tutkitaan vielä näihin liittyvien rakennusmääräysten kehitysten syitä. Toisessa osiossa kootaan tietoa EU:n jäsenmaiden rakennusvaipan osien U-arvovaatimuksista, joita vertaillaan kaavioiden ja näistä tehtyjen analysointien avulla. U-arvoja on koottu pääosin viime vuosikymmeneltä, mutta myös vanhempia tietoja on esitetty maista, joista tietoa on luotettavasti löytynyt. Työn lopussa toisen osion tuloksista kootaan yhteenveto, missä on tehty huomioita U-arvomääräyksiin liittyen koko Euroopan alueella ja päätelmiä määräysten eroavaisuuksien syistä.

Tutkimuksesta huomataan, että keskimääräisesti pienimmät U-arvot eli näin ollen tiukimmat vaatimukset ovat Pohjois-Euroopan maissa ja vastaavasti suurimmat U-arvot ovat Etelä-Euroopassa. Osassa maista U-arvovaatimukset kuitenkin vaihtelevat maan sisäisesti ilmastovyöhykkeittäin, ja erityisesti Etelä-Euroopan maissa ilmastovyöhykkeillä huomattiin olevan suuri vaikutus vaatimuksiin.

U-arvomääräysten kehityksessä eroina ovat myös kehityksen alkamisen erot maiden välillä. Pohjoismaissa U-arvovaatimuksia on parannettu jo vuosikymmeniä, kun vastaavasti muualla Euroopassa kehitys on voinut alkaa vasta paljon myöhemmin. Tästä syystä joissain maissa kehitys on melko suurta vielä viime vuosikymmenen aikana, kun esimerkiksi Suomessa ei vuoden 2010 jälkeen ole muutettu määräyksiä U-arvoihin liittyen.

Avainsanat: U-arvo, rakennusmääräykset, rakennusten energiankulutus

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLLYSLUETTELO

| | |
|---|----|
| 1. JOHDANTO | 1 |
| 2. RAKENNUSTEN ENERGIANKULUTUKSEN TEORIA..... | 2 |
| 2.1 Lämmön ja sen siirtymisen teoria | 2 |
| 2.2 Lämmönläpäisy materiaaleissa ja rakenteissa | 3 |
| 2.3 Rakennuksen lämmityksen energiankulutus | 4 |
| 2.4 Rakennusmääräysten kehitys Euroopassa | 6 |
| 3. EU-MAIDEN U-ARVOMÄÄRÄYKSIÄ | 8 |
| 3.1 Pohjois-Euroopan maat..... | 8 |
| 3.2 Keski-Euroopan maat..... | 11 |
| 3.3 Länsi-Euroopan maat..... | 14 |
| 3.4 Etelä-Euroopan maat | 17 |
| 4. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET | 21 |
| LÄHTEET | 23 |

LYHENTEET JA MERKINNÄT

| | |
|--------------------------|--|
| R_j | rakennekerroksen lämmönvastus |
| d_j | rakennekerroksen paksuus |
| λ_j | materiaalin lämmönjohtavuus |
| R_t | kokonaislämmönvastus |
| R_{si} | sisäpinnan lämmönvastus |
| R_{se} | ulkopinnan lämmönvastus |
| U | lämmönläpäisykerroin |
| f_a, f_b, f_n | homogeenista osaa a, b ja n vastaava pinta-ala suhteessa kerroksen kokonaispinta-alaan |
| R_{aj}, R_{bj}, R_{nj} | epähomogeenisessa materiaalikerroksessa olevien homogeenisten osa-alueiden lämmönvastukset |
| $\sum R$ | homogeenisten kerrosten lämmönvastusten summa |
| R_1, R_2, R_n | homogeenisten kerrosten 1, 2 ja n lämmönvastukset |

1. JOHDANTO

Rakennusten energiatehokkuus on noussut etenkin tällä vuosituhannella tärkeäksi aiheeksi ilmastonmuutostietoisuuden kasvaessa, missä olennaisena osana on rakenteiden lämmöneristys. Suomessa on jo pitkään kiristetty rakenteiden lämmöneristysvaatimuksia vuosittaisen pitkän lämmitysjakson seurauksena, minkä takia on mielenkiintoista tietää, miten muissa EU:n maissa lämmönläpäisy- eli U-arvomääräykset ovat kehittyneet ja millaisia tavoitteita eri mailla on tähän liittyen (Energiatodistusopas 2018).

Tutkielmassa käsitellään pelkästään EU-maita, koska ne ovat luultavasti parhaiten vertailukelpoisia keskenään, ja mukaan saa myös helposti Suomen tilanteen. Tavoitteena on saada laaja kuva EU-maiden määräyksistä, tutkimalla Euroopan komission yleisiä määräyksiä ja EU:n rahoittamia energiatehokkuuteen liittyviä hankkeita. Ajanjaksollisesti tutkimuksessa ei mennä kovin kauaksi menneisyyteen vaan tutkitaan viime vuosikymmeniä ja katsausta tulevaisuuteen.

Lämmöneristysvaatimukseen vaikuttaa olennaisesti vallitseva ilmasto. Tämän takia ei ole välttämättä järkevää verrata vuosittain keskimääräisesti lämpimämmän maan lämmöneristysvaatimuksia kylmemmän maan vaatimukseen ja asettaa maita paremmuusjärjestykseen tämän perusteella. Työssä on tarkoitus verrata samankaltaisia maita sekä yleistä kehitystä ja tavoitteita.

Työ alkaa aiheeseen liittyvällä teorialla, jonka tarkoituksena on pohjustaa, miten rakennusvaipan energiatehokkuus määräytyy. Teoriaosuudessa käydään ensin läpi lämmön siirtymistä yleisesti, minkä jälkeen sitä sovelletaan rakentamiseen. Tutkielman teoriasta päästään kokoamaan löydettyä dataa maiden U-arvoista. Työn lopussa asiat kootaan yhteen ja niitä vertaillaan keskenään.

2. RAKENNUSTEN ENERGIANKULUTUKSEN TEORIA

Alaluvuissa 2.2 ja 2.3 käyty lämmönläpäisyyn ja energiankulutukseen liittyvä teoria pohjautuu pääasiassa Suomen Rakennusmääräyskokoelman RakMk C4 ja D3 esitystapoihin. Teoria ei vastaan varsinaisesti matemaattista mallia, vaan laskennallisessa teoriassa on tehty tiettyjä oletuksia ja yksinkertaistuksia, jotta laskenta voidaan suorittaa käsin ja määräysten mukaisesti.

2.1 Lämmön ja sen siirtymisen teoria

Atomitasolla lämpöä muodostuu molekyylien liike-energiasta. Lämmön siirtyminen aineessa vaihtelee sen olomuodon mukaan eli onko se kaasua, nestettä vai kiinteää ainetta. Kaasuissa ja nesteissä lämpö ilmenee ja siirtyy molekyylien liikkuaessa ja törmäillessä toisiinsa, mutta nesteissä liike on rajoitetumpaa verrattuna kaasuihin. Mitä korkeampi lämpötila aineessa on, sitä nopeammin molekyylit liikkuvat. Kiinteissä aineissa lämpö siirtyy aaltoliikkeenä, joka muodostuu atomien ja molekyylien värähdellessä. Hyvin lämpöä läpäisevissä materiaaleissa eli johteissa lämpöä siirtyy myös vapaiden elektronien liikkeenä. Molekyylit pyrkivät aina pienempään potentiaaliin, joten lämpö pyrkii tasaantumaan ja se siirtyy korkeammasta lämpötilasta matalampaan. (Siikanen 2014, s. 40)

Molekyylien törmäillessä toisiinsa materiaalissa, siirtyy liike-energiaa suurienergislta molekyyleiltä pienienergislle molekyyleille, jolloin tapahtuu lämmön virtaamista. Tätä kutsutaan lämmön johtumiseksi. Johtuminen tapahtuu kiinteissä materiaaleissa ja nesteissä, joissa aineen siirtymistä ei tapahdu. Lämmön siirtymistä yksiulotteisessa tapauksessa materiaalikerroksen läpi kuvaa Fourierin laki ja lämpövirran tiheys. Kun lämpövirran tiheyttä lasketaan Fourierin lailla, tarvitaan tutkittavan aineen lämmönjohtavuus, joka määrittää lämpövirran tiheyden ainekerroksen läpi lämpötilan suhteessa. Suuruusluokana esimerkiksi mineraalivillaeristeelle on käytetty lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa $0,050 \frac{W}{mK}$. (Siikanen 2014, s. 40–42)

Konvektiossa eli lämmön kuljettumisessa energiaa siirtyy kiinteän ja virtaavan aineen välillä. Konvektio tapahtuu lämpötilaerosta johtuvan tiheyseron vaikutuksesta tai jonkin ulkopuolisen voiman, kuten tuulen tai ilmanvaihdon, aiheuttaman paine-eron seurauk-

senä. (Siikanen 2014, s. 41) Konvektiota esiintyy rakenteissa esimerkiksi ulkoseinän tuuletusvälissä, jossa kylmä ulkoilma lämpiää ja alkaa nousta ylöspäin, mikä aiheuttaa ilmavirtauksen seinän rakenteissa.

Kolmantena lämmönsiirtymismuotona on säteily, joka on sähkömagneettista aaltoliikettä, jota kaikki yli 0 K:in lämpöiset kappaleet lähettävät ympärilleen. Rakentamisen näkökulmasta säteilyä esiintyy lähinnä lyhytaaltoisena auringonsäteilynä ja kappaleiden pitkäaaltoisena lämpösäteilynä. Lyhyt- ja pitkäaalloisen säteilyn eroilla on merkitystä rakentamisen sovelluksissa, sillä esimerkiksi ikkunan lasi läpäisee hyvin lyhytaaltoista auringonsäteilyä, mutta ei niin hyvin sisältä tulevaa kappaleiden lähettämää pitkäaaltoista lämpösäteilyä. (Siikanen 2014, s. 40)

2.2 Lämmönläpäisy materiaaleissa ja rakenteissa

Lämmönvastus ilmoittaa jatkuvan materiaalikerroksen tai koko rakenteen erillään olevien pintojen lämpötilaeron ja näiden läpi suotavan lämpövirran tiheyden suhteen. Lämmönvastukset määritellään kerroksellisessa rakenteessa jokaiselle materiaalikerrokselle erikseen kaavalla

$$R_j = \frac{d_j}{\lambda_j}, \quad (2.1)$$

missä d_j on kerroksen paksuus ja λ_j on materiaalin lämmönjohtavuus. Kokonaislämmönvastus kerrokselliselle rakenteelle saadaan kaavalla

$$R_t = R_{si} + \sum_{j=i}^n R_j + R_{se}, \quad (2.2)$$

missä R_{si} on sisäpinnan ja R_{se} ulkopinnan lämmönvastus ja $\sum_{j=i}^n R_j$ on kaikkien rakenteessa olevien materiaalikerrosten lämmönvastukset mukaan lukien ilmakerrokset. Rakennusosan ulko- ja sisäpinnan pintavastusten arvot määräytyvät säteilyn ja konvektion pitkän ajan keskiarvojen perusteella. Ulkopinnan vastuksen voidaan olettaa olevan $0,04 \frac{m^2K}{W}$. Sisäpinnan vastus voi olla $0,13 \frac{m^2K}{W}$, $0,10 \frac{m^2K}{W}$ tai $0,17 \frac{m^2K}{W}$ riippuen siitä, liikkuuko lämpö vaakasuuntaan, ylös vai alas. (Rakennusmääräyskokoelma RakMk C4 2003, s. 3; Siikanen 2014, s. 46–47)

Lämmönläpäisykerroin U ilmoittaa rakennusosan läpäisevän lämpövirran tiheyden. Koko kerroksellisen rakenteen U -arvo saadaan lämmönvastuksen käänteislukuna

$$U = \frac{1}{R_t}. \quad (2.3)$$

Jos homogeenisen kerroksen paksuus vaihtelee, voidaan Suomen rakennusmääräysten mukaisesti lämmönvastuksen laskennassa käyttää keskimääräistä paksuutta edellyttäen, että paksuus ei ole paikallisesti yli 20 % pienempi kuin keskimääräinen. (RakMk C4 2003, s. 5)

Lämmönvastuksen laskennassa epähomogeeniselle materiaalikerrokselle, jossa lämmönjohtavuudet vaihtelevat kerroksen eri osissa, voidaan yksinkertaistukseksi jakaa se homogeenisiin osiin. Osa-alueiden lämmönvastusten osuudet lasketaan yhteen kerroksien paksuuksien suhteessa koko epähomogeenisen kerroksen paksuuteen kaavalla

$$\frac{1}{R_j} = \frac{f_a}{R_{aj}} + \frac{f_b}{R_{bj}} + \dots + \frac{f_n}{R_{nj}}, \quad (2.4)$$

missä R_{aj} , R_{bj} ja R_{nj} ovat epähomogeenisessä materiaalikerroksessa olevien homogeenisten osa-alueiden lämmönvastukset, jotka lasketaan kaavan (2.1) tavoin. Vastaavasti f_a , f_b ja f_n ovat homogeenisiä osa-alueita vastaavien pinta-alojen osuus kerroksen koko pinta-alasta. Kun kokonainen rakenne sisältää epähomogeenisiä rakenneosia, lämmönvastus lasketaan kaavan (2.2) tavoin

$$R_t = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \sum R + R_{se}, \quad (2.5)$$

missä nyt $\sum R$ on homogeenisten kerrosten lämmönvastusten summa ja R_1 , R_2 ja R_n ovat epähomogeenisten kerrosten lämmönvastukset. (RakMk C4 2003, s. 5)

Jos epähomogeenisen materiaalikerroksen osa-alueen lämmönjohtavuus on yli 5 kertaa suurempi kuin sen vieressä olevan osan lämmönjohtavuus, käsitellään suuren lämmönjohtavuuden omaava aine kylmäsiltaan. Säännölliset kylmäsilat, kuten teräsiteet ja runkorakenne, huomioidaan lämmönläpäisykerroimen lisäyksen $\Delta U_{\psi X}$ avulla, joka ottaa huomioon rakenteessa olevien viivamaisten ja pistemäisten kylmäsiltojen lisäkonduktanssit ja näiden pituudet ja määrät vastaavasti. Yksittäisiä kylmäsiltoja, kuten ulkoseinän ja välipohjan liittymiä, ei tarvitse huomioida lämmönläpäisykerrointa laskiessa, mutta yksittäistenkin kylmäsiltojen kohdalla on varmistettava rakenteen kosteusteknisestä toimivuudesta. (RakMk C4 2003, s. 5–6)

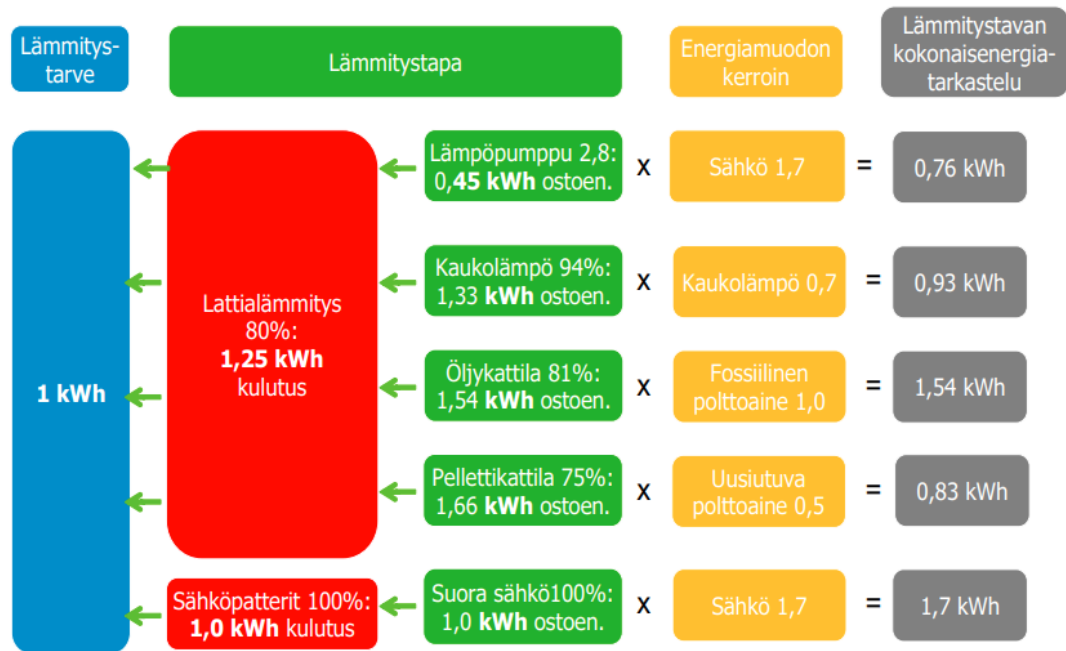
2.3 Rakennuksen lämmityksen energiankulutus

Rakennuksille määritettävät U-arvot vaikuttavat olennaisesti sen lämmityksen energiankulutukseen ja näin ollen energiatehokkuuteen. Rakennusmääräyskokoelman RakMk D3 (2012, s. 6) mukaan rakennuksen energiankulutus määritetään vuotuisen lämmitykseen, jäähdytykseen ja talotekniikan ja muiden sähkölaitteiden yhteensä kuluttaman

energiamäärän perusteella. Tällä tavalla määritetyssä energiankulutuksessa ei ole kuitenkaan huomioitu eri energiamuotojen häviöitä kiinteistökohtaisesti tai kiinteistön ulkopuolisessa energiantuotannossa. (RakMk D3 2012, s.6)

Energiatuotantotapa ja sen häviöt, kuten lämmityslaitteen hyötysuhde, otetaan huomioon ostoenergiankulutuksessa. Ostoenergiankulutus määrittää vuotuisen koko kiinteistön energiantarpeen ja se käytännössä tarkoittaa sitä energiamäärää, josta kiinteistön käyttäjä maksaa. Ostoenergiankulutuksessa on tehty myös vähennykset uusiutuvasta omavaraisenergiasta, joka tarkoittaa kiinteistön tuottamaa energiaa paikallisista uusiutuvista energianlähteistä kiinteistöön kuuluvien laitteiden avulla. Uusiutuvia energianlähteitä on esimerkiksi aurinko- ja tuulienergia ja lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia. (RakMk D3 2012, s. 6–7)

Rakennukselle määritettävä kokonaisenergiankulutus tai primäärienergiankulutus laskeaan varsinaisen energiatehokkuuden määrittämiseksi rakennuksen tyypillisessä käytössä, jotta päästään haluttuun tai vaadittuun energiatehokkuusluokkaan rakennusmääräyskokoelman energiatehokkuusohjeiden mukaisesti. Kokonaisenergiankulutuksessa, eli E-luvussa, käytetään eri energiamuodoille kertoimia, jotka painottavat määritettyä vuotuista ostoenergiankulutusta pienemmäksi tai suuremmaksi. (RakMk D3 2012, s. 6–8) Kuvassa 1 on esitetty esimerkki, miten lämmityksen tarve saavutetaan eri lämmitystavoilla ja energiamuodoilla. Kuvassa esitetyt energiamuotojen kertoimet ovat Suomen rakennusmääräyksissä vuoteen 2017 asti olleet kertoimet, mutta ne ovat nykyään sähkölle 1,20, kaukolämmölle 0,50, kaukojäähdytykselle 0,28, fossiilisille polttoaineille 1,0 ja uusiutuville polttoaineille 0,50 (Kalliomäki 2017, s. 5).



Kuva 1. Lämmitystapojen vaikutus E-luvun laskennassa (Kalliomäki 2017, s. 4)

Verrattuna moniin muihin maihin, Suomessa nykyisin käytettävät energiamuotojen kertoimet erityisesti sähkön osalta ovat pieniä, sillä tyypillinen sähkön energiamuodon kerroin Euroopassa on 2,5. Merkittävänä syynä energiamuotojen kerrointen eroihin on energian tuotannon yleinen tehokkuus, mikä Suomessa on todettu olevan hyvä sähkön ja kaukolämmön yhteistuotannon seurauksena. Yhteistuotannon hyötysuhteeksi on raportoitu keskimäärin 85 %, kun tavanomaisen sähkön erillistuotannon hyötysuhde on 40–55 %. (Kalliomäki 2017, s. 4, s. 6)

2.4 Rakennusmääräysten kehitys Euroopassa

Merkittävänä syynä monien maiden rakennusmääräysten nopeamman kehityksen aloittamiseen oli energia kriisi 1970-luvun alussa. Kriisin seurauksena esimerkiksi Suomessa ja Ruotsissa on aloitettu enemmän huomioimaan rakennusten energiatehokkuutta ja näin myös U-arvomääräyksiä (Concerted Action 2012, s. 173, s. 354). Tämä on nähtävissä kuvasta 3 konkreettisesti Suomessa, jossa kiristettiin U-arvovaatimuksia eniten vuodesta 1976 vuoteen 1978 verrattuna muihin sitä myöhempiin määräysten muutoksiin. Energiakriisin jälkeen Euroopan maissa on asetettu 1980- ja 1990-luvuilla maakohtaisia asetuksia rakennusten energiatehokkuudesta. Esimerkiksi Saksassa tuli voimaan 1977 vuoden asetuksen jälkeen uusi lämmöneristysmääräys vuonna 1984, mikä tiukensi aikaisempaa rakennusten energiatehokkuusvaatimusta noin 20 % ja tämän jälkeen vielä vuonna 1995 vaatimuksia parannettiin noin 28 % (Concerted Action 2012, s. 191).

Yhteisiä EU:n tasolla olevia tavoitteita asetettiin ensimmäisen kerran vuonna 2002 nimellä Euroopan energiatehokkuusdirektiivi, joka tuli voimaan vuonna 2003. Direktiivi asetettiin edistämään YK:n ja Kioton pöytäkirjan määrittämien tavoitteiden toteutumista EU-maissa määrittämällä selkeä takaraja, johon mennessä maiden tulisi soveltaa yhteisiä tavoitteita omiin lakeihin ja asetuksiin. (Euroopan komissio 2002, s. 1; Kyoto protocol reference manual 2008).

Vuoden 2002 asetus korvattiin uudella täydennetyllä energiatehokkuusdirektiivillä vuonna 2010, mikä asetti lisää tavoitteita kaikkien rakennusten energiatehokkuusvaatimuksiin. Uuden direktiivin tavoite oli saada EU:n jäsenmaat tekemään suunnitelmat, jotta kaikki vuoden 2018 jälkeen rakennetut uudet julkisrakennukset olisivat lähes nollaenergiataloja, sekä saada kaikki uudet rakennukset vuoden 2020 jälkeen nollaenergiataloiksi. (Euroopan komissio 2010, s. 1, s. 9)

Euroopan komission määrittämien asetusten ja tavoitteiden lisäksi on tehty EU:n rahoittamia hankkeita ja projekteja, joiden tarkoitus on muun muassa auttaa jäsenmaita pääsemään energiatehokkuustavoitteisiin. Yksi näistä projekteista on Euroopan komission Horizon 2020-hankkeen avulla toteutettu Concerted Action-projekti, jota ryhdyttiin tekemään vuonna 2005 ja sitä on päivitetty vuosina 2008, 2012, 2016 ja 2018. Kyseisen projektin tarkoituksena on saada selvitettyä säästöpotentiaali rakentamisessa ja saada aikaan kustannustehokkaita ratkaisuja rakentamiseen, koska rakennusten energiankulutus kattaa jopa 40 % koko Euroopan energiankulutuksesta. Projektin jäsenet kokoavat raportteihin maakohtaisesti jo tehtyjä muutoksia energiatehokkuusmääräyksiin sekä tavoitteita tuleville vuosille. (Concerted Action 2020)

3. EU-MAIDEN U-ARVOMÄÄRÄYKSIÄ

Lämmönläpäisyvaatimusten esitystapa vaihtelee eri maiden välillä. Esimerkiksi Italiassa U-arvot vaihtelevat eri ilmastovyöhykkeiden mukaan ja vastaavasti Suomessa U-arvo-vaatimukset ovat samat koko maassa. U-arvot vaihtelevat usein myös sen mukaan onko kyseessä lämmitetty vai lämmittämätön rakennus. Yksinkertaistuksen ja paremman vertailtavuuden vuoksi esitetyt arvot on valittu niin, että ne vastaisivat kunkin maan keskimääräistä lämmitetyn asuinrakennuksen U-arvovaatimusta. Suurimassa osassa kuvia ei ole esitetty ikkunoiden U-arvoja, koska ne ovat paljon suurempia verrattuna muiden rakennusosien arvoihin, mikä tekisi kuvista epäselvempiä. Ikkunoiden arvoja on tuotu esiin kuitenkin tekstissä. Ennen vuoden 2012 U-arvoja vertaillaessa on myös otettu huomioon joidenkin maiden datan puute, jolloin esimerkiksi maiden eri rakennuskomponenttien osalta on tutkittu vain niitä, joista tietoa löytyy.

3.1 Pohjois-Euroopan maat

Pohjois-Euroopan U-arvot ovat lähes kaikilta osin keskimääräisesti pienempiä verrattuna muihin Euroopan maihin, mitä selittää etenkin vuotuisten keskilämpötilojen erot maiden välillä. Taulukosta 1 nähdään Pohjois-Euroopan maiden U-arvovaatimusten kehitys maittain viime vuosikymmenellä.

Taulukko 1. Pohjois-Euroopan maiden rakennusvaipan osien U-arvovaatimuksia vuosilta 2012–2020 (Concerted Action 2012; Concerted Action 2016; Concerted Action 2018; Enerdata 2020)

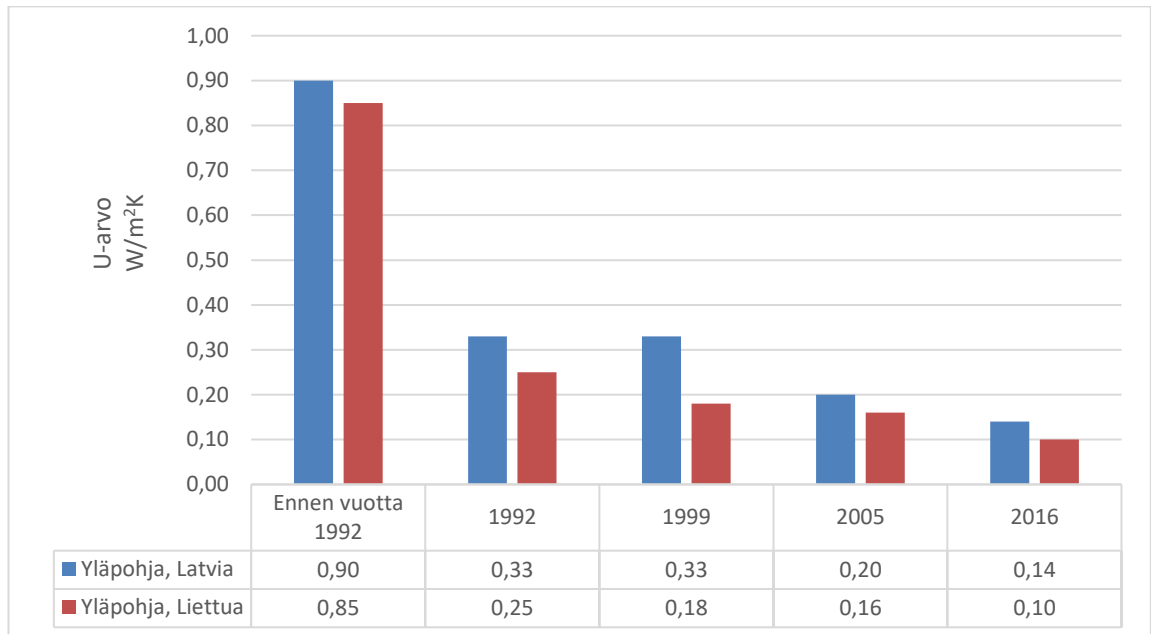
| | | Ulkoseinä U-arvot | | | Yläpohja U-arvot | | |
|--|--------------------|-------------------|------|--------|------------------|------|--------|
| POHJOIS-EUROOPPA | Yksikkö | 2012 | 2016 | 2020-> | 2012 | 2016 | 2020-> |
| Tanska | W/m ² K | 0,20 | 0,20 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,12 |
| Viro ⁽¹⁾ | | - | - | - | - | - | - |
| Suomi | W/m ² K | 0,17 | 0,17 | 0,17 | 0,09 | 0,09 | 0,09 |
| Latvia ⁽²⁾ | W/m ² K | 0,29 | 0,18 | 0,18 | 0,19 | 0,14 | 0,14 |
| Liettua ⁽²⁾ | W/m ² K | 0,20 | 0,12 | 0,10 | 0,16 | 0,10 | 0,08 |
| Ruotsi ⁽³⁾ | W/m ² K | 0,18 | 0,18 | 0,18 | 0,13 | 0,13 | 0,13 |
| Keskiarvot | | 0,21 | 0,17 | 0,16 | 0,14 | 0,12 | 0,11 |
| | | Alapohja U-arvot | | | Ikkuna U-arvot | | |
| POHJOIS-EUROOPPA | Yksikkö | 2012 | 2016 | 2020-> | 2012 | 2016 | 2020-> |
| Tanska | W/m ² K | 0,12 | 0,12 | 0,10 | 1,65 | 1,65 | 1,80 |
| Viro ⁽¹⁾ | | - | - | - | - | - | - |
| Suomi | W/m ² K | 0,09 | 0,09 | 0,09 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| Latvia ⁽²⁾ | W/m ² K | 0,24 | 0,14 | 0,14 | 1,70 | 1,20 | 1,20 |
| Liettua ⁽²⁾ | W/m ² K | 0,25 | 0,14 | 0,10 | 1,60 | 1,00 | 0,70 |
| Ruotsi ⁽³⁾ | W/m ² K | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| Keskiarvot | | 0,17 | 0,13 | 0,12 | 1,45 | 1,23 | 1,20 |
| ⁽¹⁾ Ei määriteltyjä U-arvovaatimuksia. | | | | | | | |
| ⁽²⁾ U-arvot vaihtelevat ilmastovyöhykkeen mukaan | | | | | | | |
| ⁽³⁾ Arvot ovat laskennallisia arvioita koko vaipan U-arvosta. | | | | | | | |

Pohjois-Euroopan osalta Baltiassa on tapahtunut eniten muutoksia lämmönläpäisyvaatimukseen viime vuosina ja vuosikymmeninä. Concerted Action (2018) raportin mukaan Virossa ei ole kuitenkaan erikseen määritelty U-arvovaatimuksia, vaan rakennukset tulee suunnitella vastaamaan energiatehokkuusvaatimuksia kokonaisuutena. Toisaalta, jotta vaadittuun energiatehokkuuteen päästään, on rakenteiden suunnittelua varten annettu esimerkkiarvoiksi ulkoseinän eristepaksuudelle 150–200 mm, yläpohjan eristekerrokselle 300–400 mm ja ikkunanpielieristykselle 50 mm. (Concerted Action 2018, s. 165, s. 171)

Kuvassa 2 on esitetty Latvian ja Liettuan yläpohjan U-arvovaatimuksia ennen vuotta 1992 vuoteen 2016. Vajaan 30 vuoden aikana U-arvot Latviassa ovat pienentyneet sekä ulkoseinän että yläpohjan ja alapohjan osalta noin 6–8-osaan ja ikkunoiden osalta arvot ovat puolittuneet. 2010-luvunkin aikana U-arvot ovat pienentyneet Latviassa noin 26–42 %.

Latvia on jaettu 10 ilmastovyöhykkeeseen, jotka vaikuttavat tapauskohtaisesti rakennuksen U-arvovaatimukseen. Vuodesta 2003 on eri ilmastovyöhykkeiden ohjeelliset ulkoilman lämpötilat ja suunnitellun rakennuksen sisälämpötila otettu huomioon k-kertoimella, joka

voi olla välillä 0,95–1,09. Kuvan 2 U-arvot on ilmoitettu, kun k-kerroin on 1. (Concerted Action 2018)



Kuva 2. Yläpohjan U-arvomääräysten kehitys Latviassa ja Liettuaassa (Concerted Action 2016, s. 385; Concerted Action 2018, s. 310)

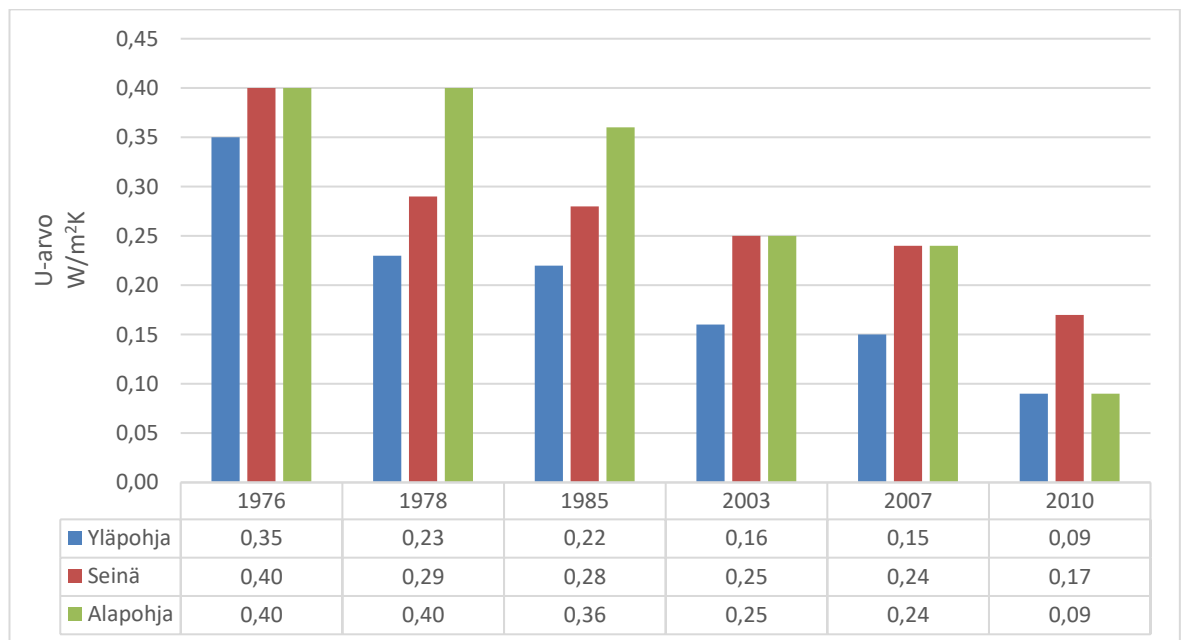
Liettuan kehitys on ollut samankaltaista Latvian kanssa, mikä on odotettua ilmasto-olot ja maantieteellinen sijainti huomioon ottaen. Liettuaassa on myös käytössä Latvian tapaan k-kerroin, joka vaihtelee ulko- ja sisäilman lämpötilan mukaan. Esimerkiksi, jos ohjeellinen ulkolämpötila on ilmastovyöhykkeellä 0°C ja suunniteltu sisälämpötila 20°C, on k-kertoimen arvo 1 (Concerted Action 2018, s. 321).

Kuvasta 1 nähdään, että Liettuaassa on vuodesta 1992 alkaen ryhdytty tiukentamaan U-arvomääräyksiä eniten suhteessa muihin Pohjois-Euroopan maihin. 1990-luvulta 2020-luvulle vaatimukset ovat pienentyneet ikkunoissa lähes 4-osaan, alapohjissa 7-osaan ja seinissä ja yläpohjissa alle 10-osaan. Liettuaassa on viime vuosikymmenenkin aikana kiristetty U-arvovaatimuksia kaikilta osin 50 % tai enemmän.

Pohjoismaiden osalta U-arvomääräysten kehitys on ollut suhteellisen pientä, kuten taulukosta 1 nähdään. Huomioitavaa Tanskan U-arvoissa on ikkunoiden lämmönläpäisyvaatimusten kasvattaminen noin 9 % vuoden 2016 jälkeen, vaikka muiden rakenneosien vaatimuksia on pienennetty viime vuosina noin 17–25 %. Ikkunoiden vaatimusten lieventäminen voi olla perusteltua sillä, että uudisrakennusten julkisivuissa halutaan arkkitehtonisista syistä käyttää paljon lasia, minkä lämpöhäviötä korvataan muiden rakennuskomponenttien tehokkaammalla lämmöneristävyydellä.

Ruotsissa on vuodesta 2006 lähtien rakennusmääräykset määritetty kokonaisenergian kulutukselle, ja myöskään U-arvoja ei määritellä rakennusosakohtaisesti, vaan vaatimukset on esitetty koko rakennusvaipalle (Concerted Action 2012, s. 349). Taulukossa 1 esitetyt arvot Ruotsin osalta on määritetty laskennallisesti keskiarvon perusteella eikä ne ole virallisia vaatimuksia (Enerdata 2020). Vuodesta 2006 koko vaipan U-arvovaatimus pieneni vuoden 2008 jälkeen arvosta 0,5 W/m²K arvoon 0,4 W/m²K, minkä jälkeen muutoksia U-arvoihin ei ole tehty (Concerted Action 2018, s. 511).

Suomessa on vuodesta 1976 alkaen tasaisesti muutettu U-arvovaatimuksia, mikä nähdään kuvasta 3. Suomessa U-arvot ovat olleet pieniä jo pitkään moniin muihin maihin verrattuna, mikä on nähtävissä myös suhteellisen pienestä muutoksesta yli 40 vuoden aikana. Esimerkiksi, Suomessa 1980-luvun vaatimukset olivat samalla tasolla kuin vastaavasti Liettussa 2000-luvulla. Toisaalta nykypäivän arvoja vertaamalla huomataan, että Liettuan U-arvovaatimukset ovat lähes yhtä suuria ja jopa vaativampia. Tästä voidaan päätellä, että Liettuan vanhassa rakennuskannassa on enemmän nykystandardeihin verraten huonommin eristettyjä rakennuksia.



Kuva 3. U-arvomääräysten kehitys Suomessa (Concerted action 2018, s. 176)

3.2 Keski-Euroopan maat

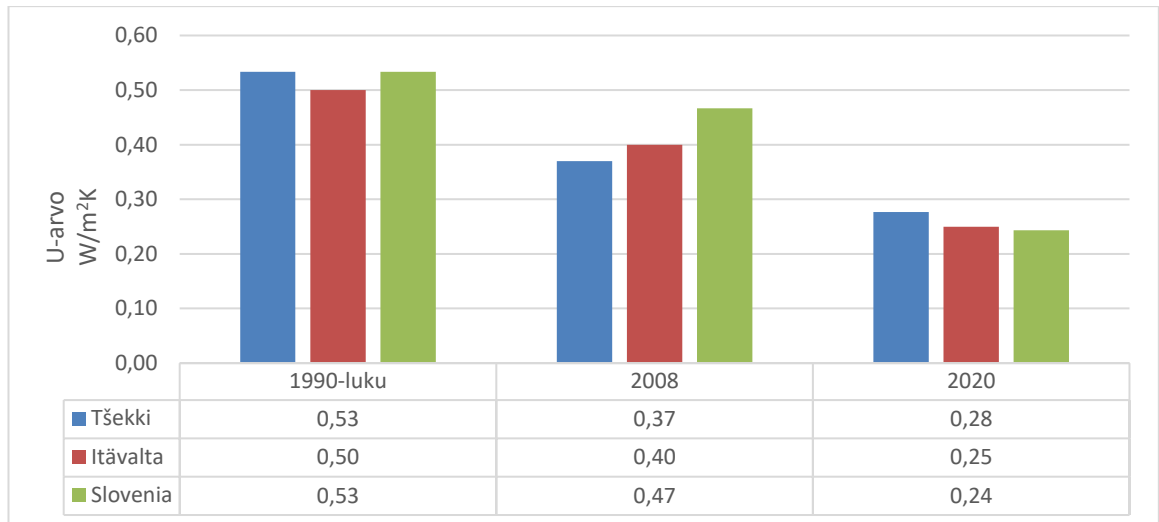
Keski-Euroopan U-arvot ovat lähes kaikilta osin hieman suurempia verrattuna Pohjois-Euroopan maihin, kuten taulukon 2 arvojen perusteella nähdään. Vuoden 2020 arvoista kuitenkin huomataan, että ikkunoiden vaatimukset ovat keskimääräisesti vaativimmat Keski-Euroopassa.

Taulukko 2. Keski-Euroopan maiden rakennusvaipan osien U-arvovaatimuksia vuosilta 2012–2020 (Concerted Action 2012; Concerted Action 2016; Concerted Action 2018; Enerdata 2020)

| | | Ulkoseinä U-arvot | | | Yläpohja U-arvot | | |
|----------------|--------------------|-------------------|------|--------|------------------|------|--------|
| KESKI-EUROOPPA | Yksikkö | 2012 | 2016 | 2020-> | 2012 | 2016 | 2020-> |
| Itävalta | W/m ² K | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Tšekki | W/m ² K | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,24 | 0,24 | 0,24 |
| Unkari | W/m ² K | 0,45 | 0,45 | 0,24 | 0,25 | 0,25 | 0,17 |
| Puola | W/m ² K | 0,30 | 0,25 | 0,20 | 0,25 | 0,20 | 0,15 |
| Slovakia | W/m ² K | 0,46 | 0,32 | 0,15 | 0,30 | 0,20 | 0,10 |
| Slovenia | W/m ² K | 0,28 | 0,28 | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,18 |
| Keskiarvot | | 0,36 | 0,33 | 0,24 | 0,24 | 0,22 | 0,17 |
| | | Alapohja U-arvot | | | Ikkuna U-arvot | | |
| KESKI-EUROOPPA | Yksikkö | 2012 | 2016 | 2020-> | 2012 | 2016 | 2020-> |
| Itävalta | W/m ² K | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 1,40 | 1,40 | 1,40 |
| Tšekki | W/m ² K | 0,24 | 0,24 | 0,24 | 1,70 | 1,80 | 1,80 |
| Unkari | W/m ² K | 0,50 | 0,50 | 0,25 | 1,60 | 1,60 | 1,00 |
| Puola | W/m ² K | 0,45 | 0,20 | 0,18 | 1,70 | 1,30 | 0,90 |
| Slovakia | W/m ² K | 0,35 | 0,25 | 0,15 | 1,70 | 1,40 | 0,60 |
| Slovenia | W/m ² K | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 1,30 | 1,30 | 1,00 |
| Keskiarvot | | 0,35 | 0,29 | 0,23 | 1,57 | 1,47 | 1,12 |

Slovenian, Itävallan ja Tšekin U-arvot ovat muuttuneet vähiten Keski-Euroopan maista viime vuosikymmenenä. Sloveniassa arvot ovat pienentyneet noin 10–29 % ja Itävallassa ja Tšekissä ne ovat pysyneet lähes muuttumattomina. Tšekin osalta kuitenkin ikkunoiden U-arvot ovat kasvaneet lähes 6 %, mikä on samankaltainen muutos Tanskan kanssa.

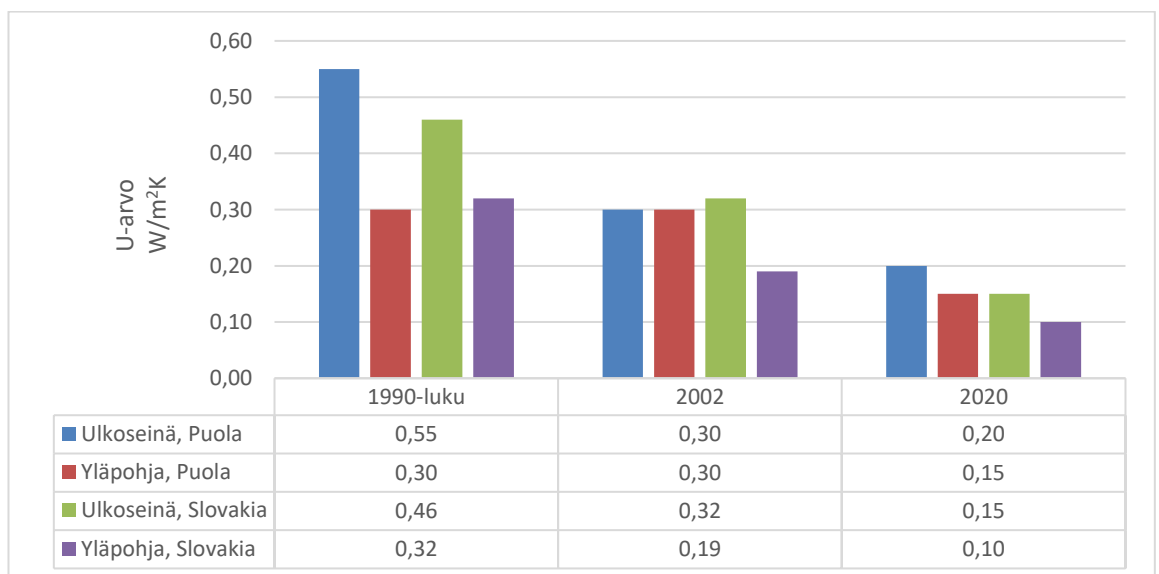
Kuvan 4 arvot on määritelty keskiarvoina seinien sekä ylä- ja alapohjien U-arvoista ja Tšekin osalta 1990-luvun arvot on määritetty suositeltujen eristepaksuuksien perusteella (Episcopo 2020). Kuvasta 3 nähdään, että Tšekin ja Itävallan U-arvot ovat olleet samantaisia jo 1990-luvulta asti, minkä tasosta ne ovat pienentyneet puoleen 30 vuoden aikana. Slovenian kehitys on myös hyvin lähellä Tšekin ja Itävallan tasoa, mutta muutokset ovat tulleet joitain vuosia myöhemmin. Nykyarvoja vertaamalla huomataan kuitenkin, että Slovenian U-arvovaatimukset ovat keskimäärin näistä kolmesta maasta tiukimmat.



Kuva 4. Tšekin, Itävallan ja Slovenian keskimääräisten U-arvojen kehitys 1990-luvulta alkaen (Concerted Action 2018; Episcopo 2020)

Unkarin, Puolan ja Slovakian U-arvovaatimukset ovat kiristyneet viime vuosikymmenen aikana eniten Keski-Euroopassa. Erityisesti vaatimukset ovat kiristyneet Slovakiassa, missä arvot ovat lähes kaikilta osin pienentyneet yli 60%, kun Unkarin ja Puolan arvot ovat pienentyneet 32–60 %.

Kuvaan 5 on koottu Puolan ja Slovakian ulkoseinien ja yläpohjien U-arvoja 1990-luvulta asti. Kuvasta huomataan, että Puolan ja Slovakian ulkoseinien U-arvovaatimukset ovat pienentyneet 30 vuoden aikana noin 3-osaan. On myös huomioitavaa, että Puolassa on 1990-luvulta 2000-luvulle kiristetty ulkoseinän vaatimustasoa reilusti, mutta yläpohjan vaatimuksia ei yhtään. Slovakiassa on vastaavasti pienennetty U-arvoja tasaisesti vuosikymmenten aikana.



Kuva 5. Puolan ja Slovakian ulkoseinän ja yläpohjan U-arvojen kehitys 1990-luvulta alkaen (Concerted Action 2012, s. 320; Episcopo 2020)

Unkarin ensimmäiset hallinnolliset määräykset asetettiin vuonna 2006 koskien energia-
tehokkuutta, mitä ennen U-arvoista ei ole virallista tietoa. 2006 vuoden määräysten jäl-
keen U-arvojen on arvioitu pienentyneen suhteessa sitä edeltäviin arvoihin ulkoseinien,
yläpohjien ja ikkunoiden osalta 36 %, 50 % ja 43 % vastaavasti. (Concerted Action 2012,
s. 209)

3.3 Länsi-Euroopan maat

Keski-Euroopan arvoihin verrattessa huomataan, että taulukossa 3 esitetyt viime vuosi-
kymmenen Länsi-Euroopan U-arvovaatimukset ovat keskimäärin suurempia. Vuoden
2020 arvojen perusteella ei kuitenkaan alueiden välillä ole juurikaan eroa muuta kuin
ikkunoiden vaatimuksissa.

Taulukko 3. Länsi-Euroopan maiden rakennusvaipan osien U-arvovaatimuksia vuo-
silta 2012–2020 (Concerted Action 2012; Concerted Action 2016; Concerted Action
2018; Enerdata 2020; International Energy Agency 2019; Xtratherm Academy 2019)

| | | Ulkoseinä U- arvot | | | Yläpohja U- arvot | | |
|---|--------------------|-----------------------|------|--------|----------------------|------|--------|
| LÄNSI-EUROOPPA | Yksikkö | 2012 | 2016 | 2020-> | 2012 | 2016 | 2020-> |
| Belgia | W/m ² K | 0,32 | 0,24 | 0,24 | 0,27 | 0,24 | 0,24 |
| Ranska ¹ | W/m ² K | 0,44 | 0,44 | 0,35 | 0,37 | 0,25 | 0,22 |
| Saksa ² | W/m ² K | 0,28 | 0,28 | 0,28 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Luxemburg | W/m ² K | 0,32 | 0,32 | 0,13 | 0,25 | 0,25 | 0,11 |
| Alankomaat | W/m ² K | 0,29 | 0,22 | 0,22 | 0,29 | 0,17 | 0,17 |
| Irlanti | W/m ² K | 0,21 | 0,21 | 0,18 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| Keskiarvot | | 0,31 | 0,29 | 0,23 | 0,26 | 0,21 | 0,18 |
| | | Alapohja U- arvot | | | Ikkuna U- arvot | | |
| LÄNSI-EUROOPPA | Yksikkö | 2012 | 2016 | 2020-> | 2012 | 2016 | 2020-> |
| Belgia | W/m ² K | 0,35 | 0,24 | 0,24 | 2,20 | 1,50 | 1,50 |
| Ranska ¹ | W/m ² K | 0,38 | 0,22 | 0,21 | 2,60 | 2,60 | 1,90 |
| Saksa ² | W/m ² K | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| Luxemburg | W/m ² K | 0,32 | 0,32 | 0,17 | 2,00 | 1,50 | 0,90 |
| Alankomaat | W/m ² K | 0,29 | 0,20 | 0,20 | 2,20 | 1,65 | 1,65 |
| Irlanti | W/m ² K | 0,21 | 0,21 | 0,18 | 1,60 | 1,60 | 1,40 |
| Keskiarvot | | 0,32 | 0,26 | 0,23 | 1,98 | 1,69 | 1,44 |
| ¹ U-arvot vaihtelevat ilmastovyöhykkeen mukaan | | | | | | | |
| ² Arvot ovat viitearvoja | | | | | | | |

Taulukosta 3 huomataan, että Länsi-Euroopan U-arvot ovat pienentyneet kaikkien kom-
ponenttien osalta 8 vuoden aikana keskimäärin 25–30 %. Maista kuitenkin erottuu Lu-
xemburg, jossa U-arvot ovat muuttuneet eniten verrattuna muihin Länsi-Euroopan mai-
hin ja ne ovat jopa Pohjois-Euroopan tasolla. Luxemburgissa ulkoseinän, yläpohjan ja

ikkunan U-arvovaatimukset ovat pienentyneet alle puoleen ja alapohjan vaatimukset noin 47 % vuoden 2012 tasosta.

Vaikka Luxemburgissa U-arvovaatimusten muutos on viime vuosina ollut suurta, taulukosta 4 nähdään, että Belgiassa, Irlannissa ja Luxemburgissa ulkoseinän suhteellinen U-arvojen kehitys on 30 vuoden aikana ollut samansuuruista. Havaitaan siis, että Luxemburgissa U-arvovaatimuksia on tiukennettu enemmän vasta viime vuosikymmenenä verrattuna Belgiaan ja Irlantiin.

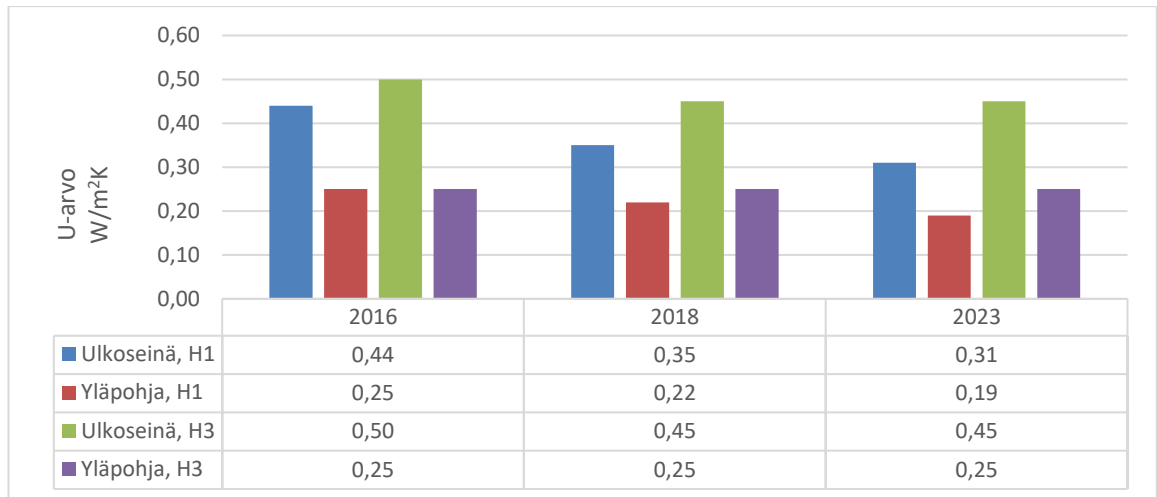
Muiden rakennusvaipan osien kehitys 1990-luvulta lähtien kuitenkin vaihtelee näiden maiden välillä. Esimerkiksi Belgiassa alapohjan U-arvovaatimukset ovat tiukentuneet 64 %, kun Irlannissa ja Luxemburgissa ne ovat muuttuneet 49 % ja 58 % vastaavasti. Luxemburgissa on taas kiristetty yläpohjan vaatimuksia 63 %, kun Belgiassa muutos on ollut 52 % ja Irlannissa 54 %.

Taulukko 4. Belgian, Irlannin ja Luxemburgin U-arvovaatimukset 1990-luvulta alkaen (Concerted Action 2018; Episcopo 2020)

| | Ulkoseinä U-arvot | | | Yläpohja U-arvot | | |
|-----------|-------------------|------|------|------------------|------|------|
| | 1990 | 2008 | 2020 | 1990 | 2008 | 2020 |
| Belgia | 0,70 | 0,60 | 0,24 | 0,50 | 0,40 | 0,24 |
| Irlanti | 0,55 | 0,37 | 0,18 | 0,35 | 0,25 | 0,16 |
| Luxemburg | 0,40 | 0,32 | 0,13 | 0,30 | 0,25 | 0,11 |
| | Alapohja U-arvot | | | Ikkuna U-arvot | | |
| | 1990 | 2008 | 2020 | 1990 | 2008 | 2020 |
| Belgia | 0,67 | 0,40 | 0,24 | 2,90 | 2,50 | 1,50 |
| Irlanti | 0,35 | 0,25 | 0,18 | 2,80 | 2,00 | 1,40 |
| Luxemburg | 0,40 | 0,32 | 0,17 | 2,00 | 1,50 | 0,90 |

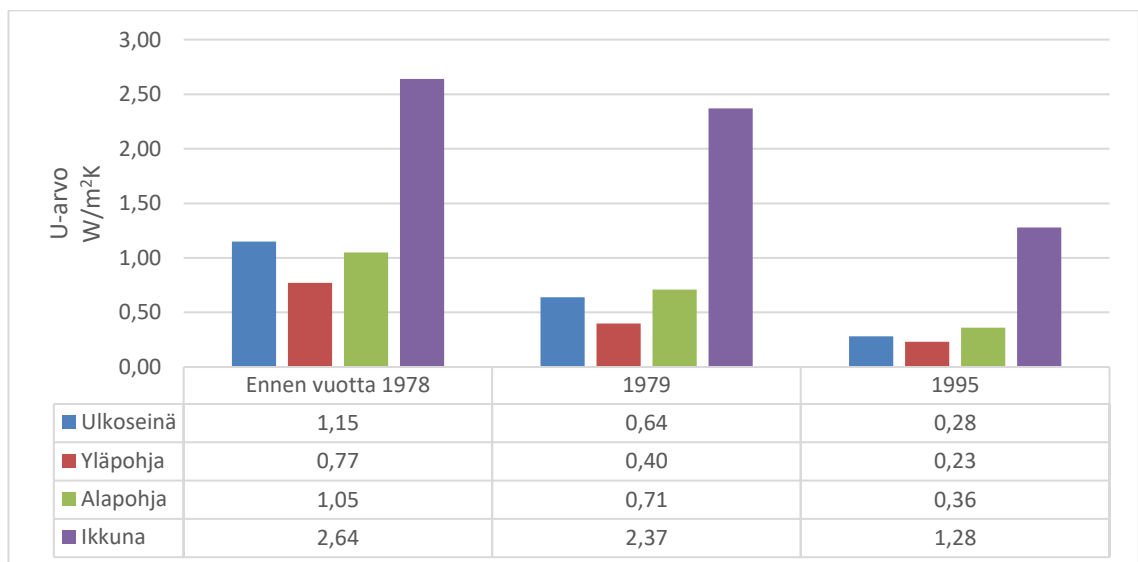
Ranskassa on vuodesta 1974 ollut käytössä lämmöneristysominaisuuksille ohjeistuksia, mutta vuonna 2007 tehtyjen lainsäädännöllisten muutosten seurauksena vuonna 2012 tuli voimaan viralliset säännökset U-arvoille (Concerted Action 2012, s. 181). Ranska on myös jaettu 3 ilmastovyöhykkeeseen kylmimmästä H1 vyöhykkeestä lämpimimpään H3:een, joiden välillä U-arvot hieman vaihtelevat.

Ranskassa ulkoseinän ja yläpohjan U-arvovaatimusten kehitystä ja suunniteltua kehitystä vyöhykkeillä H1 ja H3 on esitetty kuvassa 6. Kuvasta huomataan, että kylmimmällä ilmastovyöhykkeellä ulkoseinien U-arvovaatimuksia kiristetään nykyarvosta vuoteen 2023 yli 11 % ja yläpohjien arvoja hieman alle 14 %, mutta lämpimimmän vyöhykkeen arvoja ei sen sijaan muuteta lainkaan. Alapohjan ja ikkunan U-arvovaatimukset ovat ilmastovyöhykkeiden välillä samoja, joista alapohjan vaatimuksia kiristetään noin 9 % (Concerted Action 2018).



Kuva 6. Ranskan U-arvovaatimukset vuodesta 2016 vuoteen 2023 ilmastovyöhykkeillä H1 ja H3 (Concerted Action 2016; Concerted Action 2018)

Saksassa vuonna 2009 asetettiin rakennusvaipan osille viitearvoja, joita voidaan käyttää rakennuksen suunnittelussa, mutta rakennuksen energiatehokkuusvaatimusten tulee kuitenkin täyttyä. Rakennuksen osille ei siis ole määritetty tiettyjä U-arvovaatimuksia, vaan uudisrakennuksen osien vaatimukset määräytyvät muun muassa sen geometrian, koon ja käyttötarkoituksen mukaan. (Concerted Action 2016, s. 299) Kuvassa 7 on esitetty keskimääräisiä U-arvoja rakennusvaipan osille Saksassa ennen vuotta 1978 vuoteen 1995. Huomioitavaa vuoden 1995 keskimääräisissä U-arvoissa on, että ne ovat lähes yhtä suuria vuonna 2009 asetettujen viitearvojen kanssa.



Kuva 7. Keskimääräisiä rakennusosien U-arvoja Saksassa ennen vuotta 1978 vuoteen 1995 (Episcope 2020)

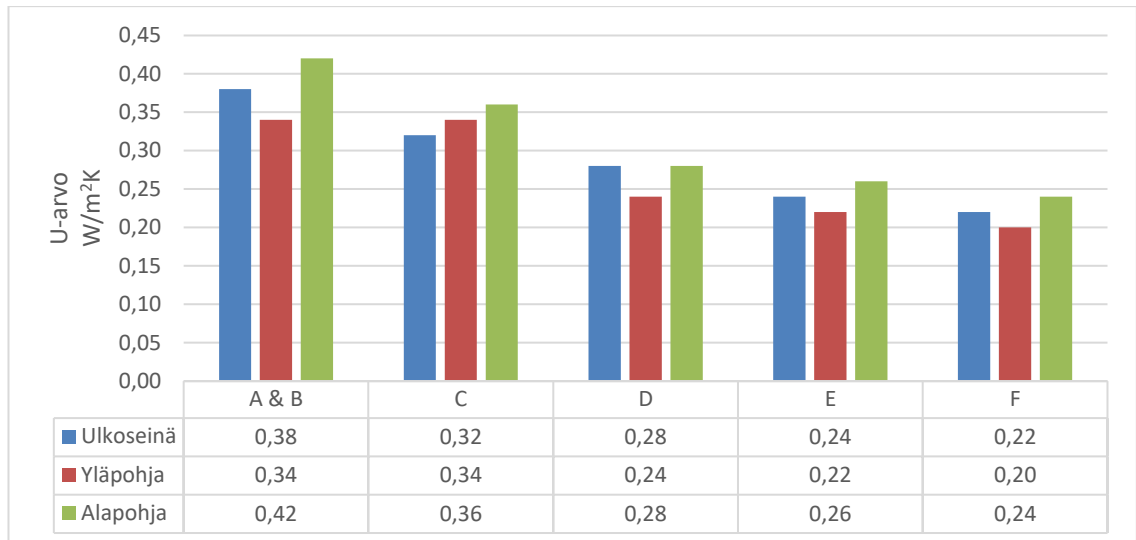
3.4 Etelä-Euroopan maat

Taulukon 5 arvoja vertaamalla aikaisemmin esitettyihin taulukoihin nähdään, että Etelä-Euroopan maiden U-arvot ovat keskimäärin selvästi muita Euroopan maita suuremmat. Iso osa Etelä-Euroopan maista on kuitenkin jaettu ilmastovyöhykkeisiin, joiden välillä U-arvovaatimukset voivat vaihdella suuresti.

Taulukko 5. Etelä-Euroopan maiden rakennusvaipan osien U-arvovaatimuksia vuodelta 2012–2020 (Building Regulation Office Malta 2015; CTE 2007, s. 2; CTE 2013, s. 15; CTE 2019, s. 15; Concerted Action 2012; Concerted Action 2016; Concerted Action 2018)

| | | Ulkoseinä U-arvot | | | Yläpohja U-arvot | | |
|---|--------------------|-------------------|------|--------|------------------|------|--------|
| ETELÄ-EUROOPPA | Yksikkö | 2012 | 2016 | 2020-> | 2012 | 2016 | 2020-> |
| Bulgaria | W/m ² K | 0,35 | 0,35 | 0,35 | 0,28 | 0,28 | 0,28 |
| Kroatia | W/m ² K | 0,45 | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,25 | 0,25 |
| Kreikka ⁽¹⁾ (vyöhyke C) | W/m ² K | 0,45 | 0,45 | 0,45 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Italia ⁽¹⁾ (vyöhyke D) | W/m ² K | 0,36 | 0,32 | 0,28 | 0,32 | 0,28 | 0,24 |
| Malta | W/m ² K | 1,57 | 1,57 | 1,57 | 0,59 | 0,59 | 0,59 |
| Portugali ⁽¹⁾ (Lissabon) | W/m ² K | 0,50 | 0,40 | 0,35 | 0,40 | 0,35 | 0,30 |
| Romania | W/m ² K | 0,56 | 0,56 | 0,56 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Espanja ⁽¹⁾ (vyöhyke B) | W/m ² K | 1,07 | 1,00 | 0,56 | 0,59 | 0,56 | 0,44 |
| Keskiarvot | | 0,66 | 0,62 | 0,55 | 0,39 | 0,36 | 0,34 |
| | | Alapohja U-arvot | | | Ikkuna U-arvot | | |
| ETELÄ-EUROOPPA | Yksikkö | 2012 | 2016 | 2020-> | 2012 | 2016 | 2020-> |
| Bulgaria | W/m ² K | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 1,70 | 1,40 | 1,40 |
| Kroatia | W/m ² K | 0,50 | 0,30 | 0,30 | 1,80 | 1,10 | 1,10 |
| Kreikka ⁽¹⁾ (vyöhyke C) | W/m ² K | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 2,80 | 2,80 | 2,80 |
| Italia ⁽¹⁾ (vyöhyke D) | W/m ² K | 0,36 | 0,32 | 0,28 | 2,40 | 1,80 | 1,80 |
| Malta | W/m ² K | 1,57 | 1,57 | 1,57 | 5,80 | 4,00 | 4,00 |
| Portugali ⁽¹⁾ (Lissabon) | W/m ² K | 0,40 | 0,35 | 0,30 | 2,90 | 2,80 | 2,40 |
| Romania | W/m ² K | 0,22 | 0,22 | 0,22 | 1,30 | 1,30 | 1,30 |
| Espanja ⁽¹⁾ (vyöhyke B) | W/m ² K | 0,68 | 0,56 | 0,56 | 5,70 | 4,20 | 2,30 |
| Keskiarvot | | 0,57 | 0,52 | 0,50 | 3,05 | 2,43 | 2,14 |
| ⁽¹⁾ U-arvot vaihtelevat ilmastoalueen mukaan | | | | | | | |

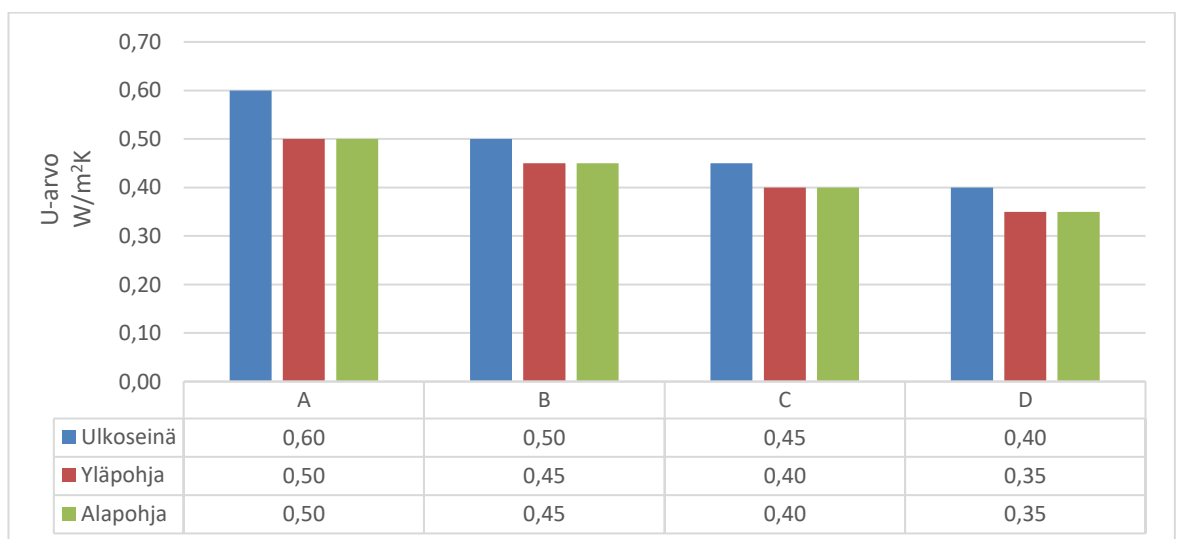
Kreikka on jaettu 4:ään ja Italia 6 ilmastovyöhykkeeseen, joilla on merkittävä vaikutus U-arvovaatimuksiin näiden maiden osalta. Kuvassa 8 on esitetty Italian ulkoseinän ja yläpohjan nykyisiä U-arvovaatimuksia eri ilmastovyöhykkeillä, jotka etenevät lämpimästä rannikkoalueiden A-vyöhykkeestä kylmimpään vuoristoalueiden F-vyöhykkeeseen. Kylmimmän vyöhykkeen vaatimukset vastaavat melko hyvin Keski-Euroopan keskimääräisiä U-arvoja kaikkien komponenttien osalta, ja ne ovat lämpimimpään vyöhykkeeseen verrattuna noin 42 % pienempiä ja ikkunoiden osalta 63 % pienempiä (Concerted Action 2018, s. 286).



Kuva 8. Italian nykyisiä U-arvovaatimuksia eri ilmastovyöhykkeillä (Concerted Action 2018, s. 286)

Kreikassa U-arvot on jaettu Italian tavoin vyöhykkeisiin A:sta alkaen, mutta ne ovat selkeästi suurempia, kuten kuvan 9 perusteella nähdään. Sisämaahan sijoittuvan D-vyöhykkeen ulkoseinän, yläpohjan ja alapohjan U-arvot ovat hieman yli 30 % pienemmät ja ikkunoiden arvot noin 19 % pienemmät kuin lämpimimmän saaristoalueen A arvot (Concerted Action 2018, s. 286).

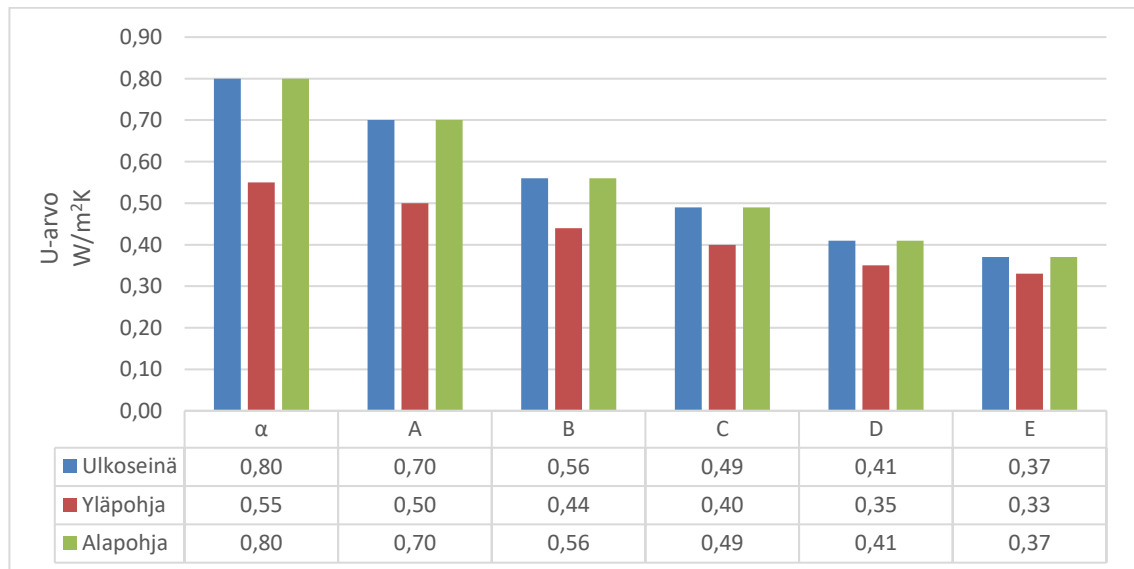
Kreikan D-vyöhykkeen U-arvovaatimukset ovat verrattavissa Italian lämpimimmän vyöhykkeen vaatimuksiin. Huomioitavaa Kreikan ja Italian U-arvoissa eri rakenneosien välillä on, että Kreikassa ylä- ja alapohjan U-arvot on yhtä suuret ja pienemmät kuin seinän vaatimukset, kuin vastaavasti Italiassa alapohjan U-arvot ovat kaikilla vyöhykkeillä suurimmat.



Kuva 9. Kreikan nykyisiä U-arvovaatimuksia eri ilmastovyöhykkeillä (Concerted Action 2016, s. 320)

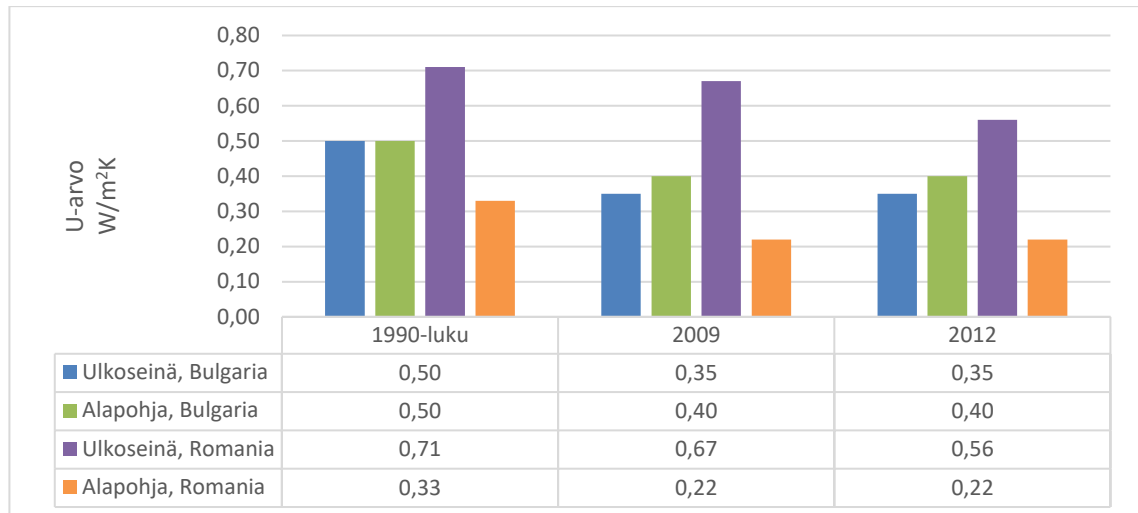
Taulukon 5 arvoja vertailemalla nähdään, että naapurimaissa Portugalissa ja Espanjassa U-arvot ovat Portugalin osalta huomattavasti pienempiä lukuun ottamatta nykyisiä ikkunoiden vaatimuksia. Eroja selittää osin ilmastoeroavaisuudet, mutta myös ilmastovyöhykkeiden jako näissä maissa. Portugalissa on määritelty eri U-arvovaatimukset kahdelle ilmastovyöhykkeelle pohjoisen Bragançan kaupungin ja eteläisen pääkaupungin Lissabonin mukaan, joista Bragançan alueella nykyiset U-arvot ovat 0,1 W/m²K pienempiä muiden paitsi ikkunoiden osalta, joiden arvot ovat 0,6 W/m²K pienempiä (Concerted Action 2018, s. 425).

Espanja on jaettu vuoden 2013 jälkeen 6 ilmastovyöhykkeeseen, ennen 5 vyöhykkeeseen, joiden välillä rakenteiden lämpötekniset vaatimukset eroavat paljon (CTE 2007, s. 3). Kuvaan 10 on koottu nykyisiä U-arvovaatimuksia eri ilmastovyöhykkeillä, mistä nähdään, että seinän ja alapohjan arvot eroavat lämpimimmän ja kylmimmän ilmastovyöhykkeen välillä noin 54 %. Yläpohjan, kuten myös ikkunoiden, osalta erot ovat noin 40 % (CTE 2019, s. 15).



Kuva 10. Espanjan nykyisiä U-arvovaatimuksia eri ilmastovyöhykkeillä (CTE 2019, s. 15)

Mustanmeren naapurimaiden Romanian ja Bulgarian U-arvovaatimusten keskiarvot ovat lähes samansuuruiset, kuten taulukon 5 arvoista voidaan määrittää, mutta eri rakennuskomponenttien osalta kuitenkin löytyy isoja eroja. Isoimmat erot ovat erityisesti ulkoseinän ja alapohjan U-arvovaatimuksissa, joita vertaamalla huomataan, että Bulgariassa näiden komponenttien arvot ovat lähes samalla tasolla, kun vastaavasti Romaniassa alapohjan vaatimukset ovat ulkoseiniä paljon tiukemmat. Samankaltainen trendi Romanian ja Bulgarian välillä on havaittavissa jo 1990-luvulta asti, mitä on esitetty kuvassa 11.

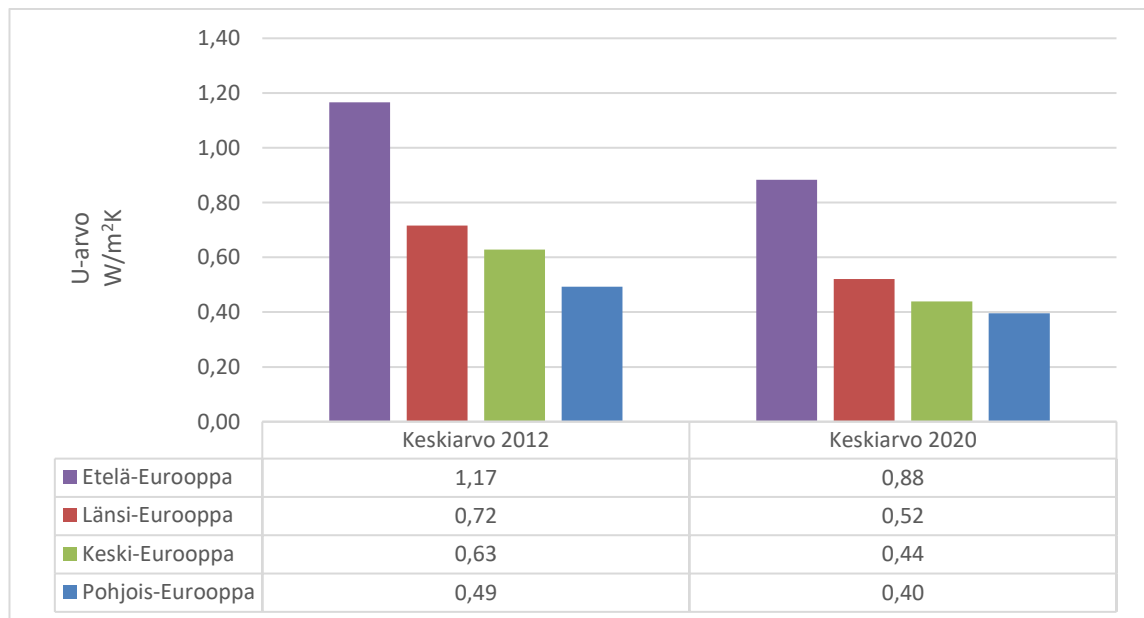


Kuva 11. Bulgarian ja Romanian U-arvomääräysten kehitys 1990-luvulta vuoteen 2012 (BUILD UP Skills – Romania, s. 56; Concerted Action 2016, s. 180)

Etelä-Euroopan maista erottuu U-arvovaatimuksiltaan selkeästi Malta, jossa myös sääolot ovat muihin maihin verrattuna lämpimimmät, eikä se näin ole suoranaisesti vertailtavissa suurimpaan osaan Etelä-Euroopan maista. Maltalla ensimmäiset määräykset rakennusten energiatehokkuuteen asetettiin vuonna 2006 ja uudelleen vuonna 2015, jolloin U-arvovaatimuksia ikkunoiden osalta kiristettiin 31 %, kuten taulukosta 5 nähdään (Concerted Action 2016, s. 411).

4. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Euroopan maiden U-arvomääräyksiin ja vaatimuksiin vaikuttaa erityisesti maiden ilmasto-olot, mikä voidaan päätellä luvussa 3 käsitellystä datasta ja kuvaan 12 kootuista tiedoista. Vaikka pääsääntöisesti U-arvot ovat suurempia, mitä etelämpänä Euroopassa ollaan, havaitaan myös tiettyjä poikkeuksia yksittäisten maiden rakennuskomponenttien kohdalla. Tietyissä maissa on haluttu edistyä Euroopan komission asettamia tavoitteita nopeammin, jolloin myös U-arvomääräykset ovat kehittyneet näissä maissa suhteellisen paljon viime vuosikymmenenä. Toisaalta joissain maissa arvojen kehitys on voinut olla suurta viime vuosikymmenenä, koska maiden U-arvovaatimukset eivät ole aikaisemmin olleet tarpeeksi hyvällä tasolla.



Kuva 12. Taulukoiden 1–4 arvoista määritetyt Euroopan osien keskimääräiset U-arvovaatimukset vuosina 2012 ja 2020

Pienimmillään nykyiset U-arvovaatimukset ovat seinän osalta 0,10 W/m²K, alapohjan osalta 0,09 W/m²K, yläpohjan osalta 0,08 W/m²K ja ikkunan osalta 0,6 W/m²K. Suurimmillaan seinän ja alapohjan U-arvot ovat verrattuna pienimpiin arvoihin jopa lähes 16-kertaiset ja yläpohjan ja ikkunan arvot 7-kertaiset. Pienet U-arvot ovat lämmitysenergian kulutuksen kannalta tietysti parempia kuin suuret arvot, mutta lämpimissä maissa suhteellisen suuretkin arvot ovat hyväksyttävissä. Kustannustehokkaan rakennustavan näkökulmasta ei ole välttämättä järkevää rakentaa paljon kalliimpia hyvin eristettyjä rakennuksia erityisen lämpimiin maihin, vaan huolehtia, että rakennukset eivät lämpiä liikaa kuumilla kausilla esimerkiksi rakennusten varjostuksen avulla. Toisaalta lämmöneristys

voi toimia rakennuksissa molempiin suuntiin, eli estää lämmön pääsyä ulos tai estää sen pääsyä sisään, jolloin voidaan säästää jäähdytyskustannuksissa.

Ongelmana voi kuitenkin tulla tietyissä maissa rakennuskannan korjaaminen, jos U-arvovaatimuksiin ei ole kiinnitetty huomiota kuin vasta tällä vuosituhannella. EU:n yhteisten ilmastotavoitteiden mukaisesti myös vanhojen rakennusten energiatehokkuus tulee saada korjauskohteissa hyvälle tai jopa nykyvaatimusten tasolle. Tämä voi vaatia mailta paljon resursseja, jos vanhat rakennukset on suunniteltu pienille eristepaksuuksille.

Rakennustapojen eroja voidaan myös arvioida vertaamalla jäsenmaiden U-arvovaatimuksia komponentteittain erityisesti Etelä-Euroopassa. Esimerkiksi Bulgariassa ja Espanjassa taulukon 5 mukaan alapohjalle sallitaan huomattavasti suuremmat U-arvot kuin yläpohjalle, kun taas Romaniassa ja Kreikassa ylä- ja alapohjalle vaatimukset ovat lähes yhtä suuret. Syynä alapohjan suuriin U-arvoihin voi olla pyrkimys rakennusten jäähdyttämiseen lämpimällä jaksolla, jolloin sallitaan suurempi lämpövirta rakennuksen sisältä viileämpään maaperään. Toisaalta Kreikan ja Romanian ratkaisu on samantapainen kuin monissa Pohjois-Euroopan maissa, ja se voi olla parempi lämmityksen energiatehokkuuden kannalta.

LÄHTEET

Building Regulation Office Malta (2015). Minimum requirements on the energy performance of buildings. Ministry for Transport and Infrastructure. 35 p. Saatavissa (viitattu 7.11.2020): https://meae.gov.mt/en/Public_Consultations/MTI/Documents/Part%20A_Minimum%20requirements%20on%20the%20energy%20performance%20of%20buildings.pdf

BUILD UP Skills - Romania (2012). Analysis of The National Status Quo. 150 p. Saatavissa (viitattu 29.11.2020): http://www.buildup.eu/sites/default/files/bus_projects/build-up-skills_romania_status_quo_en_0.pdf

CTE (2007). Espanjan rakentamismääräyskokoelma, Código Técnico de la Edificación de España. Ministerio de Fomento. 61 s. Saatavissa (viitattu 29.11.2020): https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBAnteriores/DBHE_200710.pdf

CTE (2013). Espanjan rakentamismääräyskokoelma, Código Técnico de la Edificación de España. Ministerio de Fomento. 71 s. Saatavissa (viitattu 29.11.2020): https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBAnteriores/DBHE_201309.pdf

CTE (2019). Espanjan rakentamismääräyskokoelma, Código Técnico de la Edificación de España. Ministerio de Fomento. 50 s. Saatavissa (viitattu 29.11.2020): <https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/HE/DBHE.pdf>

Concerted Action (2012). Implementing the Energy Performance of Buildings Directive EPBD. Porto. 355 p. Saatavissa (viitattu 7.11.2020): <https://epbd-ca.eu/>

Concerted Action (2016). Implementing the Energy Performance of Buildings Directive EPBD. Lissabon. 579 p. Saatavissa (viitattu 7.11.2020): <https://epbd-ca.eu/>

Concerted Action (2018). Implementing the Energy Performance of Buildings Directive EPBD. Kööpenhamina. 581 p. Saatavissa (viitattu 7.11.2020): <https://epbd-ca.eu/>

Concerted Action (2020). Energy Performance of Buildings EPBD. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 30.11.2020): <https://epbd-ca.eu/home>

Enerdata (2020). ZEBRA2020 – Energy efficiency trends in buildings. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 7.11.2020): <https://zebra-monitoring.enerdata.net/overall-building-activities/windows-u-values-building-codes.html#ceiling-u-values-building-codes.html>

Energiatodistusopas (2018). Tyypillisiä olemassa olevien vanhojen rakennusten alkuperäisiä suunnitteluarvoja. Energiatodistusoppaan liite. Ympäristöministeriö. 49 s. Saatavissa (viitattu 20.10.2020): <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BA6558C5F-9B2E-40E5-B261-605118163F03%7D/141252>

Episcope (2020). Residential Building Typology. Institut Wohnen Und Umwelt. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 26.11.2020): <https://episcope.eu/building-typology/country/>

Euroopan komissio (2002). Directive of the energy performance of buildings. Bryssel. 7 p. Saatavissa (viitattu 30.11.2020): <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:001:0065:0071:EN:PDF>

Euroopan komissio (2010). Directive of the energy performance of buildings. Strasbourg. 23 p. Saatavissa (viitattu 30.11.2020): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32010L0031&from=EN>

International Energy Agency IEA (2019). Luxembourg Building Code 2017 update. Verkkosivu. Saatavissa (viitattu 7.11.2020): <https://www.iea.org/policies/8648-luxembourg-building-code-2017-update>

Kalliomäki, P., (2017). Ehdotus valtioneuvoston asetukseksi rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista. Ympäristöministeriö. 11 s. Saatavissa (viitattu 29.11.2020): <https://www.ymp.fi/download/noname/%7B479C6992-873D-4A30-AAF4-75E26BC7DDC4%7D/144149>

Kyoto protocol reference manual (2008). United Nations Framework Convention on Climate Change. 127 p. Saatavissa (viitattu 30.11.2020): https://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf

RakMk C4 (2003). Suomen rakentamismääräyskokoelma C4. Lämmöneristys. Ohjeet. Ympäristöministeriö. 24 s. Saatavissa (viitattu 5.11.2020): <https://finlex.fi/data/normit/1931/C4s.pdf>

RakMk D3 (2012). Suomen rakentamismääräyskokoelma D3. Rakennusten energiatehokkuus. Määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö. 35 s. Saatavissa (viitattu 29.11.2020): https://www.finlex.fi/data/normit/37188/D3-2012_Suomi.pdf

Siikanen, U., (2014). Rakennusfysiikka: Perusteet ja sovelluksia. Rakennustieto Oy. Helsinki. 256 s.

Xtratherm Academy (2019). Irish Building Regulations 2019 Technical Guidance Document L. 23 p. Saatavissa (viitattu 7.11.2020): <https://www.xtratherm.ie/app/uploads/2019/12/Xtratherm-BR-Whitepaper-LR.pdf>