

# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

**KÄSIKIRJA**

## Sisällysluettelo



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# Sisällysluettelo

<b>Sisällysluettelo</b>	<b>2</b>
<b>Johdanto</b>	<b>4</b>
<b>1 Rakennus ja lähiympäristö</b>	<b>8</b>
1.1 Rakennusten ympäristökuormitus	10
1.2 Ekologisesti kestävä rakentaminen	13
<b>2 Elinkaariarviointi</b>	<b>15</b>
2.1 Mitä elinkaariarviointi tarkoittaa?	16
2.2 Elinkaariarvioinnin rooli rakennusteollisuudessa	25
a. Rakennussektorin ekologista kestävyyttä koskevat EU:n politiikat	29
b. Elinkaariarvioinnin standardit rakennussektorilla	31
2.3 Rakentamisen ekologisen kestävyuden markkinatyökalut	38
a. Rakennussektorin ympäristötuoteseloste (EPD)	38
b. Rakennusten luokittelu	40
<b>3 Kestävyyden parantaminen rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa</b>	<b>42</b>
3.1 Suunnittelu	43
3.2 Käyttö	47
3.3 Peruskorjaus ja kunnossapito	53
3.4 Purkaminen	55
<b>4 Tuotteet, rakenteet, talotekniikkajärjestelmät</b>	<b>58</b>
4.1 Talorakenteita ja rakennuksia koskevat vaatimukset	60
4.2 Talorakenteet	63
4.3 Rakennusmateriaalit	78
a. a. Rakennustuotteet, suoritustasoilmoitus (DoP)	84
4.4 Talotekniikkajärjestelmät – lämmitys, viilennys, ilmanvaihto	86

<b>5</b>	<b>Energiatietoinen arkkitehtuuri - passiiviset ratkaisut</b>	<b>87</b>
5.1	Rakennuksen lämpötasapaino	89
5.2	Passiiviset lämmitysratkaisut	91
a.	Lämpöhäviön pienentäminen	92
b.	Lämpövoiton kasvu	99
c.	Innovatiiviset passiiviset lämmitysratkaisut	101
5.3	Passiiviset viilennysratkaisut	104
a.	Kuormituksen keventäminen	104
b.	Lämpökuormituksen poistaminen	109
c.	Innovatiiviset, passiiviset viilennysratkaisut	109
<b>6</b>	<b>Aktiiviset ratkaisut</b>	<b>112</b>
6.1	Lämmitys, viilennys, ilmanvaihto	113
a.	Lämmitysjärjestelmät	113
b.	Ilmanvaihto	123
6.2	Valaistus	126
6.3	Uusiutuvat energialähteet	136
a.	Aurinkokeräin	137
b.	Aurinkopaneeli	143
6.4	Älytalo	152
<b>7</b>	<b>Lainsäädäntö</b>	<b>156</b>
7.1.	Lainsäädäntö Unkarissa	157
a.	Rakentamista koskeva lainsäädäntö Unkarissa	157
b.	Energiatehokkuusvaatimukset	159
7.2.	Lainsäädäntö Italiassa	162
a.	Rakennuslupa	163
b.	Rakentamisen aloittamista koskeva hyväksytty ilmoitus (SCIA)	165
c.	Yksinkertainen ilmoitus (CILA) tai ei ilmoitusta lainkaan	166
d.	Lakisääteiset vaatimukset - energialuokitus	168
7.3.	Suomalaiset rakennusmääräykset ja lähiaikoina toteutettava yhdenmukaistaminen Suomen ilmastopolitiikan kanssa	171
	Rakennusten energiatehokkuutta koskevat määräykset Suomessa	172
<b>8</b>	<b>Yhteenveto</b>	<b>174</b>
<b>9</b>	<b>Liitteet</b>	<b>177</b>

# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

## KÄSIKIRJA

### Johdanto



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



# Johdanto

U seimmilla meistä on hyvin vähän tietoa ympäristövaikutuksista ja niiden syistä, niin yleensä kuin erityisesti rakennusalaan kohdistuvien osalta. Tämä mielessään neljä kansainvälistä ammatillista järjestöä lyöttäytyi yhteen vuoden 2019 lokakuussa tarkoituksella käynnistää Erasmus + -ohjelman rahoittama IS-SusCon-hanke.

Hankkeiden tulokset ovat sekä online- että offline-koulutusmateriaaleja. Niiden on oltava helppokäyttöisiä ja vaivatta sisäistettäviä, jotta tavoite käyttäjien taustatietojen

Hankkeen koordinaattori on unkarilainen LCA Centre (<http://howtobuildgreen.eu/fi/verkkosovellus>). Unkarin elinkaarianalyttikkojen yhdistys LCA Centre toimii ympäristönsuojelun alalla tavoitteenaan elinkaarianalyysin käyttöönotto ja ympäristötietoisuuden ajattelutavan edistäminen. Voitto tavoittelematon ÉMI Non-Profit Ltd ([www.emi.hu](http://www.emi.hu)) on Unkarin suurin laadunvalvontaan ja innovaatioihin keskittynyt rakennus- ja rakennusmateriaaliteollisuuden tutkimuslaitos. Sen toiminta käsittää teknisten hyväksyntöjen ja arviointien myöntämisen, testauksen, tarkastuksen, asiantuntijaraportit, tutkimuksen ja kehityksen, sertifiointin ja koulutukset ammattilaisille työntekijöistä insinööreihin ja tarkastajiin.

One Click LCA Ltd ([oneclicklca.com](http://oneclicklca.com)), aiemmin Bionova Ltd., on kehittänyt rakennusalan elinkaarimittareiden ja kiertotalouden One Click LCA -pilviohjelmiston. Ohjelmistoa käytetään hankkeissa yli 100 maassa, ja se tukee yli 40 luokitus-/sertifiointijärjestelmää ja -standardia.

Ecoinnovazione on italialainen konsulttiyritys, joka on syntynyt ENEAn tutkimustyön tuloksena, se tarjoaa räätälöityjä elinkaaripohjaisia kestävyysarviointeja yksityisille ja julkisille tahoille.

ja ympäristötietoisuuden parantamisesta toteutuu.

Sisältö käsittää helposti luettavia käsitteiden kuvauksia, käytännön esimerkkejä, ehdotuksia ja parhaita käytäntöjä muille kuin asiantuntijoille.

Tämän käsikirjan lisäksi käytettävissä on verkkosivusto (<https://www.oneclicklca.com>) rakennusmateriaalien ja mahdollisten kustannussäästöratkaisujen vertailuun.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> [http://howtobuildgreen.eu/-hankkeen verkkosivusto](http://howtobuildgreen.eu/-hankkeen-verkkosivusto)

Tässä käsikirjassa kuvataan lyhyesti rakennuksen ja sen ympäristön suhdetta (Luku 1), sekä materiaaleja, rakenteita ja talotekniikkajärjestelmiä (Luvut 4 ja 6), jotka edistävät rakennuksen muotoutumista ja toimintaa. Käsitteistön kuvauksesta siirrytään eteenpäin yksityiskohtaiseen tiivistykseen, miksi ja miten rakennukset vaikuttavat ympäristöönsä ja mitä kestävä rakentaminen tarkoittaa (Luku 1). Käsikirjassa esitellään tieteellinen menetelmä kestävä rakentamisen kvantifioinniksi ja mittaamiseksi sekä eri materiaalit, rakenteet, rakennukset ja jopa asutukset vertailukelpoisiksi tekevä elinkaariarviointi (Luku 2). Erillisissä luvuissa (Luku 3) pohditaan mahdollisuutta vahvistaa kestävyysajattelua edistävää lähestymistapaa

rakennuksen eri elämänvaiheissa, suunnittelussa, käytössä, ylläpidossa, kunnostamisessa ja purkamisessa, sen jälkeen kuvataan tällä hetkellä tunnettuja, hyvinä ja suositeltavina pidettäviä passiivisia (Luku 5) ja aktiivisia (Luku 6) ratkaisuja. Liitteissä tyypillisimpien rakennusmateriaalien kuvaukset ja ominaisuudet ryhmitellään uudelleen ja esitellään joitain osallistujamaissa jo toteutettuja hyviä esimerkkejä.



Esiin otettuja kysymyksiä on kuitenkin tarkasteltava monitahoisesti; absoluuttisia ratkaisuja ei ole. Jokaisella ratkaisulla on etunsa ja haittapuolensa. Täydellinen rakennustekninen energiansäästöratkaisu, esimerkiksi, ei paljoa paina, jos sen aiheuttama melu häiritsee naapuruston elämää tiheästi rakennetulla alueella. Tällaisessa tapauksessa, kun lähimmät naapurit ovat kuuloetäisyyden ulkopuolella tai arkkitehtoniset äänieristysratkaisut vähentävät melukuormitusta siedettävässä määrin, tämä tekniikka voi kuitenkin myös päätyä esimerkiksi oikeasta valinnasta.

Lähestymistapa ympäristöön voi olla vaikeasti määritettävä kysymys. Ensi silmäykseltä se vaikuttaa varsin mutkattomalta: on yritettävä olla vahingoittamatta ympäristöä ja käytettävä luonnon tarjoamista hyödykkeistä vain välttämättömin. Mutta tarkemmin tarkasteltuna nämä kysymykset näyttävät monimutkaisemmilta. Mitä ymmärrämme tuhlaamisella ja säilyttämisellä? Selvää on, että nyt tehtävissä päätöksissä on ajateltava tulevaisuutta, mutta se pätee myös toisinpäin: eläminen mitään kuluttamatta ja rakentamatta, jotta kaikki säästyisi tuleviksi ajoiksi, ei ole

mahdollista nykyhetkessä. Haasteena on pikemminkin löytää oikea tasapaino: kuinka paljon voimme käyttää luonnonvaroista nyt, jotta tuleville polvillekin jäisi riittävästi. Tämä perustietoja tarjoava käsikirja pyrkii auttamaan tasapainon löytämisessä ja edellä esitettyjen ongelmien ratkaisemisessa.

Käsikirjan sisällön tarkoituksena on lisätä lukijan tietämystä. Kohderyhmänä on yleisö, asuntotapahtumissa ja verkkosivuilla vierailevat nuoret aikuiset, laajemmin sanottuna kaikki talonrakentamiseen tai remontointiin osallistuvat. Käsikirjan sisältöä tulisi tutkia ja pohtia huolellisesti ottamatta mitään siinä sanottua itsestäänselvytenä, ja tarkempia lisätietoja saa aina ammattilaisilta ja asiantuntijoilta. Asioiden kyseenalaistaminen on ajatuksenvapautta, jokaisen on tehtävä omat päätöksensä sen mukaisesti.

# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

## KÄSIKIRJA

# 1

## Rakennus ja lähiympäristö



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# 1

## Rakennus ja lähiympäristö

---

Rakentamisen valmistelu alkaa siitä hetkestä, kun rakennuttaja päättää rakentaa talon. Päätökseen voi olla useita erilaisia syitä, joita ei käsitellä tässä yhteydessä sen tarkemmin, mutta ajatuksen rakentamisesta täytyy kuitenkin kypsyä ja tarkentua varsinaiseksi alustaviksi rakentamista koskeviksi päätöksiksi jo alkuvaiheessa. Suunnitteluohjelma on laadittava, suunnittelija on valittava ja myös sopiva rakennuspaikka on löydettävä. Kaikki nämä kolme vaihetta on suositeltavaa toteuttaa suunnilleen samaan aikaan. Yleensä rakennuspaikka on lähtökohta, mutta jos valittavana on useampi tontti, suunnittelijaa kannattaa käyttää jo tässä vaiheessa, ja tehdä suunnittelu yhdessä. Myös kaikkia valittavissa olevia rakennuspaikkoja kannattaa harkita. Rakennuspaikka ja suunnitteluohjelma, joka luo jo tässä vaiheessa alustavan käsityksen tulevasta rakennuksesta, toimivat tiiviissä vuorovaikutuksessa, ja suunnittelijalla on merkittävä vaikutus molempiin. Suunnittelijalla on olennaisen tärkeä merkitys koko rakentamisprosessissa, mikä jää valitettavasti yleensä liian vähälle huomiolle, joten oikean arkkitehdin ja teknisten suunnittelijoiden valitseminen on tärkeää koko projektin onnistumisen kannalta. Paras vaihtoehto on toimiva suunnittelutiimi. Energia-  
tehokkaan ja ympäristöystävällisen rakennuksen rakentaminen edellyttää ekologisesti kestävään rakentamiseen sitoutuneita päteviä sekä alan perusteellisesti tuntevia suunnittelijoita. Lisäksi laadukas arkkitehtuuri, rakentaminen ja tekninen toteutus edellyttävät tietoa ja osaamista. Myös rakennuttajan realistinen budjetti tulee huomioida.

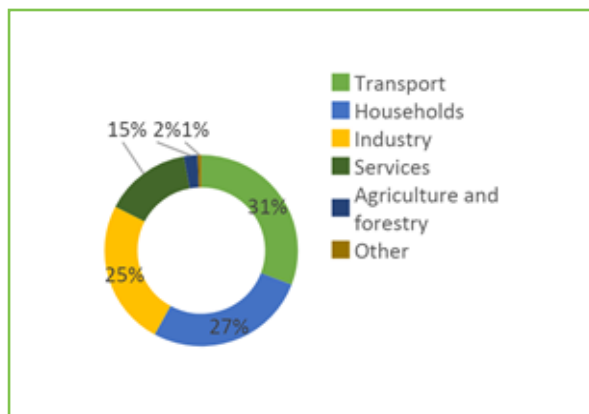
Ensi silmäyksellä voi vaikuttaa siltä, että rima on asetettu todella korkealle, mutta lukuisat unkarilaiset suunnittelijat (ja tietysti myös eurooppalaiset) täyttävät nämä vaatimukset.

# 1.1

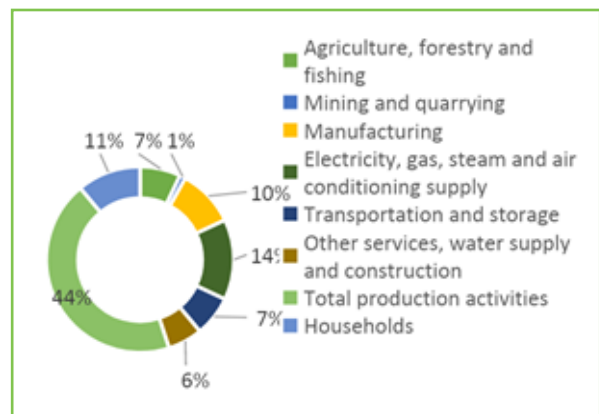
## Rakennusten ympäristökuormitus

Rakennusten ympäristökuormitus on olennaisen tärkeää energiankulutuksen sekä kasvihuonekaasupäästöjen kannalta, ja tietysti myös muodostuvien jättemäärien näkökulmasta. Tämä pitää paikkansa erityisesti rakennuksen elinkaarta tarkasteltaessa (rakennusmateriaalien valmistus, rakentaminen, rakennuksen käyttö ja purkaminen). (katso Luku 2 Elinkaariarviointi)

Kestävyyttä on hankala määritellä. Kestävyys tarkoittaa periaatteessa vain tarpeellisen resurssimäärän käyttämistä. Tavoitteena on suojella ja säilyttää vallitseva tilanne sekä estää ilman, maaperän, pinta- ja pohjaveden, luonnonvaraisen eläimistön ja kasviston sekä maisemien tuhoutuminen. Samalla pyritään säilyttämään myös jo rakennettu ympäristö ja edistämään terveyttä sekä hyvinvointia nyt ja tulevaisuudessa.



Kuva 1: Sektorikohtainen yhteenlaskettu energiankulutus, 2017\* <sup>2</sup>



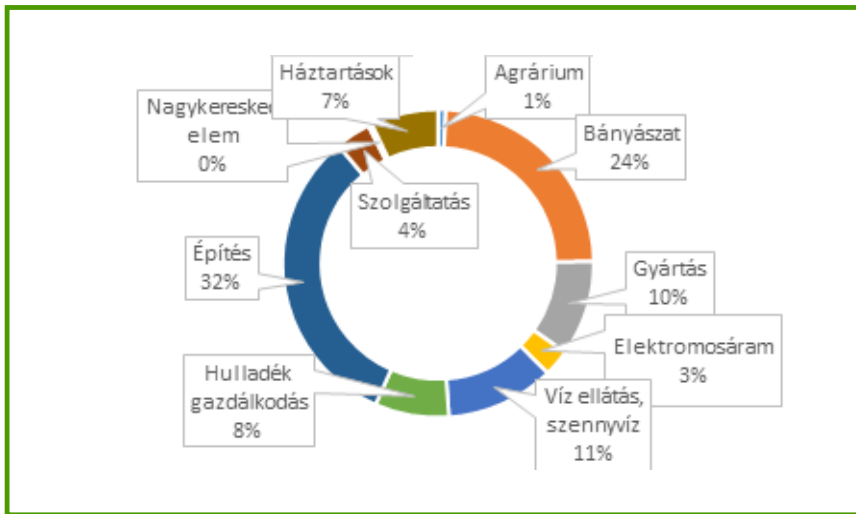
Kuva 2: Kasvihuonekaasupäästöt talousaloittain, 2016 <sup>3</sup>

Euroopassa teollisuussektorin osuus yhteenlasketusta energiankulutuksesta on 24,6 %, ja sektori tuottaa 36,4 % jätteestä. Rakentamisella on tässä olennainen rooli. Lisäksi 27,2 % yhteenlasketusta energiankulutuksesta, 11 % kasvihuonekaasupäästöistä ja 8,5 % jätteestä on peräisin kotitalouksista. <sup>4</sup>

<sup>2</sup> Eurostat Statistical Books Energy, transport and environment statistics, 2019

<sup>3</sup> Eurostat Statistical Books Energy, transport and environment statistics, 2019

<sup>4</sup> Eurostat Statistical Books, Energy, transport and environment statistics, 2019

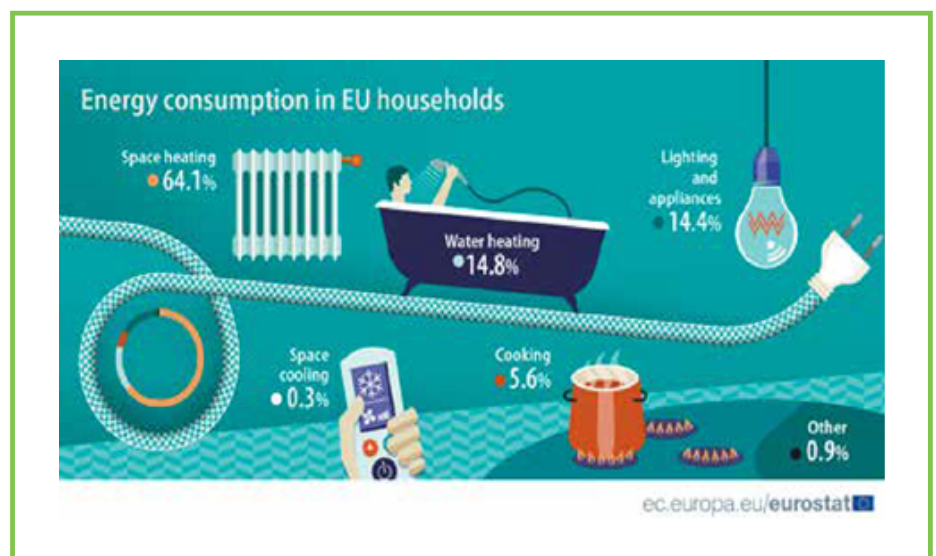


Kuva 3 : Talousalakohtainen jätetuotanto, EU27, 2018<sup>5</sup>

Siksi on tärkeää panostaa rakentamisen ympäristövaikutusten vähentämiseen sekä rakennusvaiheessa että rakennuksia käytettäessä. Rakentaminen muodostaa noin 50–80 % rakennuksen ympäristökuormituksesta rakennuksen koko elinkaaren aikana (prosenttimäärä määräytyy suurelta osien rakennuksen energiankulutukseen liittyvien ominaisuuksien mukaan, joita ovat esimerkiksi lämpöeristys, lämmitysjärjestelmä jne.). Toisaalta suurin osa energiasta kulutetaan rakennusta käytettäessä.

Rakennuksen käyttöön liittyvä energiankulutus koostuu pääasiassa kahdesta toiminnasta. Eurooppalaisissa kotitalouksissa keskimäärin 64,1 % koko energiankulutuksesta on peräisin lämmityksestä, 14,8 % veden lämmittämisestä, 14,4 % valaistuksesta ja muista sähkölaitteista ja 0,3 % jäähdyttämisestä ja 0,9 % muusta kulutuksesta. Eniten energiaa kuluttaa selvästi lämmittäminen (joskin tämä riippuu ilmastosta ja myös rakennuksen ominaisuuksista). Siksi rakennuksia rakennettaessa ja peruskorjattaessa painotetaan lämmitykseen kuluvan energian säästämistä (lämpöeristys ja tehokkaat jäähdytysjärjestelmät). Kotitalouksien energiankulutusta ei kuitenkaan vähennetä pelkästään mittavilla toimilla.

Kuva 4: Kotitalouksien energiankulutus EU:ssa<sup>6</sup>



<sup>5</sup> Eurostat Statistical Books, Energy, transport and environment statistics, 2019

<sup>6</sup> Lähde: Eurostat Statistical Books, Energy, transport and environment statistics, 2019

Usein pienemmät investoinnit (esimerkiksi lamppujen vaihtaminen vähemmän sähköä kuluttaviin) sekä kulutustottumusten muuttaminen (esimerkiksi päivänvalon entistä tehokkaampi hyödyntäminen) voivat osoittautua hyvin tehokkaiksi. Lisää vinkkejä löytyy luvusta 6.

Myös käytettävällä energianlähteellä on merkitystä. Toisaalta energiatyyppi (esimerkiksi sähkö ja lämmitys) on tärkeä ympäristöön vaikuttava tekijä, kuten on myös käytettävä energialähde (esimerkiksi aurinkoenergia ja maakaasu). On tärkeää pyrkiä käyttämään valittua energiakantajaa mahdollisimman tehokkaasti ja samalla myös tuottamaan vaadittava energia ympäristöä vähiten kuormittavalla tavalla (esimerkiksi maakaasua voidaan käyttää tehokkaammin lämmitykseen kuin sähköä, ja sähköä voidaan tuottaa vähemmän ympäristöä kuormittavalla tavalla esimerkiksi valitsemalla aurinkoenergian hiiltä polttavan lämpölaitoksen sijasta). Tämän tavoitteen saavuttaminen edellyttää ympäristötietoisuuden eri aspektien huomioimista rakennuksen suunnitteluvaiheessa ja rakennustarvikkeiden sekä rakennuksen teknisten järjestelmien valinnassa.

Perusteellisempaa tilastotietoa rakennus-sektorin jätetuotannosta ja resurssien käytöstä löytyy:

Englanniksi:

[https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_1&format=PDF)

[https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC\\_2&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0017.02/DOC_2&format=PDF)

Unkariksi:

[https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0003.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_1&format=PDF)

[https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0003.02/DOC\\_2&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0003.02/DOC_2&format=PDF)



# 1.2

## Ekologisesti kestävä rakentaminen

Rakennusteollisuus on uusien haasteiden edessä. Rakennussektorilla kestävyys tarkoittaa ympäristövaikutusten mahdollisimman tehokasta minimointia ja sosiaalisen sekä taloudellisen kehityksen edistämistä. Yhteiskunta vaatii uutta infrastruktuuria, energiankulutuksen ja resurssien käytön vähentämistä sekä ekoloisesti kestävä tai ”vihreä” rakentamisen juurruttamista.

Charles J. Kibertin määritelmän mukaan ekologisesti kestävä rakentaminen tarkoittaa ”Resurssien tehokkaan käytön ja ekologisuuden periaatteisiin perustuvan terveellisesti rakennetun ympäristön luomista ja vastuullista ylläpitoa”<sup>7</sup>. Perinteisiin rakentamisen arvoihin (suorituskyky, laatu ja kustannukset) verrattuna kestävä rakentamisen kriteereitä ovat rakentamisesta johtuva luonnonvarojen ehtyminen, ympäristön tuhoutuminen ja terveellinen ympäristö, joita varten on määritelty myös 6 periaatetta:

- ▶ Resurssien kulutuksen minimointi (vähentäminen)
- ▶ Resurssien uudelleenkäytön maksimointi (uudelleenkäyttö)
- ▶ Uudistuvien ja kierrätettävien resurssien käyttö (kierrätys)
- ▶ Ympäristön suojeleminen (ympäristönsuojelu)
- ▶ Terveellisen ja myrkyttömän ympäristön luominen (myrkkujen eliminointi)
- ▶ Rakennetun ympäristön laadukkuuden varmistaminen (laatu)

**Ympäristövaikutusten** näkökulmasta ekologisesti kestävä rakentaminen käsittää seuraavaa:

- ▶ Rakenteiden suunnittelu ja ylläpito sekä rakennusten, infrastruktuurin että taajamien tasolla
- ▶ Materiaalien suorituskyky kaikilla asteikolla ja koko käyttösyklin aikana
- ▶ Uudistuvien energiaressurssien sekä niihin liittyvien teknologioiden hyödyntäminen rakentamisessa ja rakennuksien käytössä sekä ylläpidossa ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi kaikkialla maailmassa.

<sup>7</sup> Charles J. Kibert: Sustainable Construction

**Taloudellisten vaikutusten** näkökulmasta ekologisesti kestävä rakentaminen tarkoittaa uudistuvan energiantuotannon huomioimista, lineaarisesta taloudesta kiertotalouteen siirtymistä ja materiaalien sekä jätteiden kierrättämistä, veden talteenottoa ja säilyttämistä, teknologioiden siirrettävyyttä ja rakenteiden mukautumista käytön sanelempiin muutoksiin sekä myös entistä tehokkaampia innovatiivisia rahoitusmalleja ja tuottojen sijoittamista uudelleen yhteiseksi hyväksi.

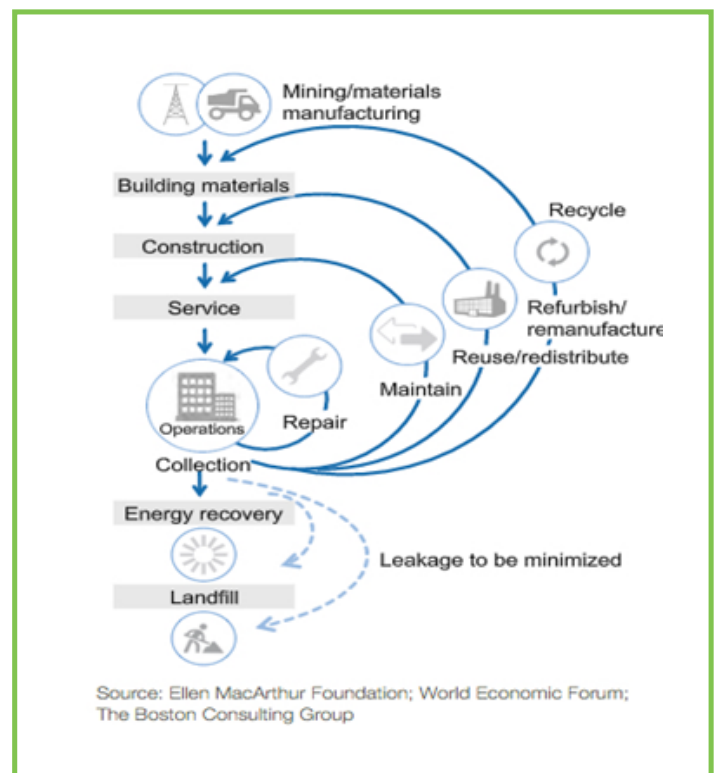
**Yhteiskunnallisten vaikutusten** näkökulmasta ekologisesti kestävä rakentaminen tarkoittaa korkeimpien eettisten liiketoimintastandardien ja teollisuuslakohtaisten käytäntöjen noudattamista hankkeiden kaikissa vaiheissa, yhteiskunnallisesti kestävä ja asukkaiden sekä työntekijöiden terveys- ja työsuojeluvaatimukset huomioivien asuin- ja työympäristöjen edistämistä ja rakennetun ympäristön toteuttamista sekä käyttöä edeltävien kaikkien prosessien demokratisointia yhteisen edun varmistamiseksi.

Kiertotalouteen perustuva rakennus on rakennettu resursseja tuhlaamatta, ympäristöä saastuttamatta ja ekosysteemiä vaurioittamatta. Rakennus voidaan myös kierrättää sen elinkaaren päättyessä. Rakennus on rakennettu taloudellisesti vastuullisesti ja panostamalla ihmisten sekä biosfäärin hyvinvointiin. Kiertotalouden periaatteita vastaavilla rakennuksilla on yleensä positiivinen vaikutus materiaaleihin, energiaan, jätteeseen, biologiseen monimuotoisuuteen, terveyteen ja hyvinvointiin sekä kulttuuriin ja yhteiskuntaan.

Ekologisesti kestävässä rakentamisessa tulee huomioida myös sellainen rakennuskanta ja rakennusperintö, joita ei voida poistaa teknisistä, kulttuurisista tai taloudellisista syistä, ja jota ei voida myöskään korvata uusilla rakennuksilla. Toisaalta uudenlaisia rakennuksia juurrutettaessa tulee huomioida myös ideoihin liittyvät rajoittavat tekijät.

Rakennetun ympäristön jo valmiit rakennukset vastaavat suurelta osin kaikista hiilipäästöistä, ja niissä piilevät myös parhaat mahdollisuudet hiilipäästöjen vähentämiseen.

Kuva 5: Kiertotalous rakennusteollisuudessa<sup>8</sup>



# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

## KÄSIKIRJA

# 2

## Elinkaariarviointi



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# 2

## Elinkaariarviointi

### 2.1

### Mitä elinkaariarviointi tarkoittaa?

#### Elinkaariajattelu ja elinkaariarviointi

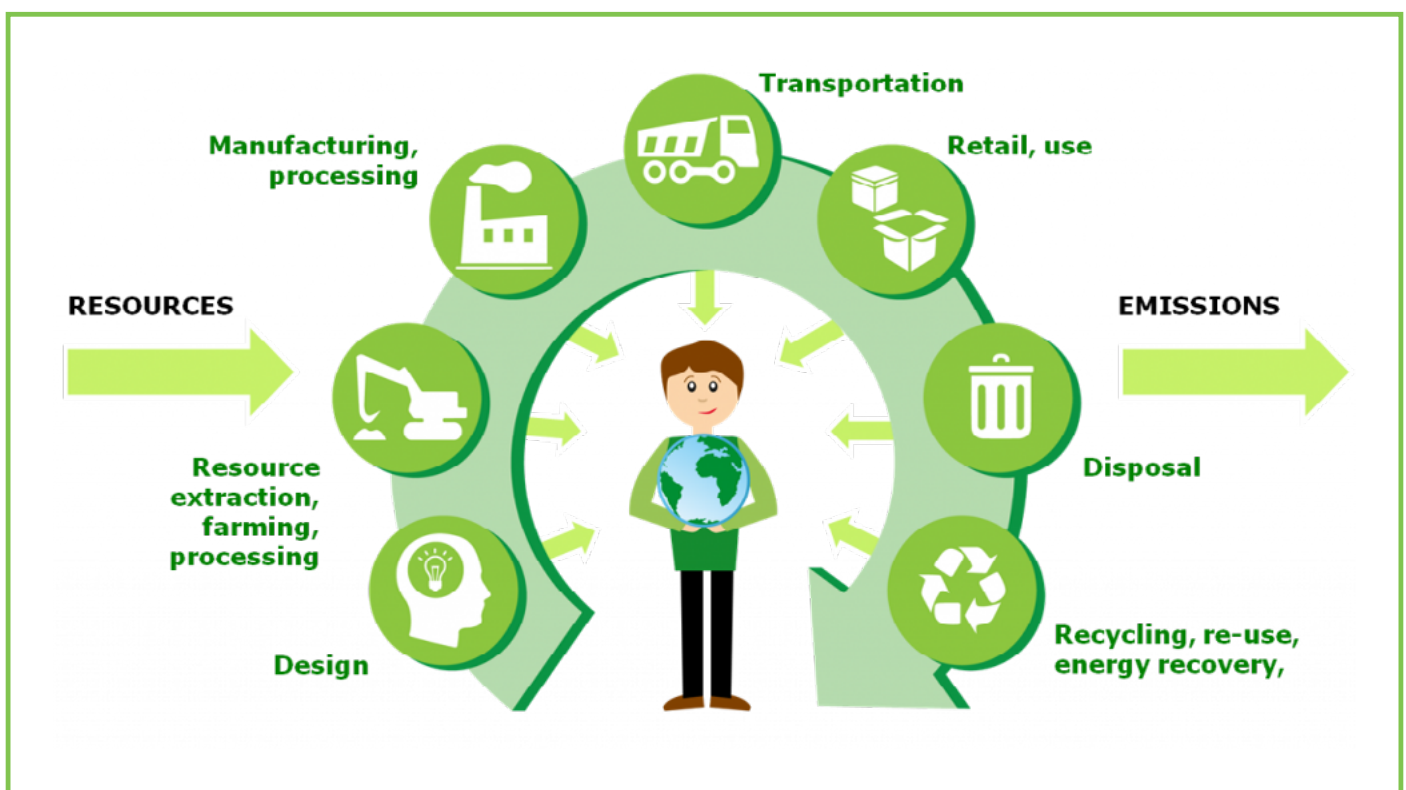
Arjellamme on suoria ja epäsuoria vaikutuksia ympäristöön. **Suorat vaikutukset** ovat melko selkeitä ja todennettavissa: Otamme raaka-aineita ympäristöstämme tai jotain päätyy maaperään, pintavesiin tai ilmaan. Tällä kaikella on suoria vaikutuksia ympäristöön. Esimerkiksi pihaistutuksia kastellaan oman kaivon vedellä, maaperää lannoitetaan tai kasvinsuojeluaineita käytetään. Maa-kaasua poltetaan veden lämmittämiseen tai uunia lämmitetään puulla ja savua nousee savupiipusta. Kaikki nämä ovat suoria ilmapäästöjä.

**Epäsuorien vaikutusten** havaitseminen on paljon hankalampaa, sillä emme voi nähdä niitä yhtä selvästi. Nämä vaikutukset ovat ”piilossa”, joten ne voivat olla myös vaarallisempia ilman, että edes tiedostamme niiden olevan olemassa.

Missä näitä epäsuoriavaikutuksia on? Ne liittyvät useisiin käyttämiimme tuotteisiin, kuten elintarvikkeisiin, vaatteisiin, rakennusmateriaaleihin, sähköön, liikenteeseen jne. Kaikki nämä tuotteet on valmistettu jossain päin maailmaa, ja kuljetettu sitten meidän ulottuville. Tuotannolla ja kuljetuksilla on omat suorat vaikutuksensa, ja isossa mittakaavassa resurssien hyödyntäminen voi johtaa vakavaan luonnonvarojen ehtymiseen, veden vähenemiseen ja metsien tuhoutumiseen. Kasvihuonekaasut edistävät ilmastonmuutosta, ja muut päästöt voivat aiheuttaa happosateita, savusumua ja rehevöitymistä. Tuotteita käyttäessämme olemme epäsuorasti vastuussa tällaisesta ympäristön vahingoittamisesta.

Tuotteiden käytön päätyttyä muodostuu kaikenlaista jätettä, kuten jätteiden kuljetuksesta ja käsittelystä aiheutuvia haittoja (jätteiden hautaaminen, polttaminen, kierrättäminen ja uudelleenkäyttö, joilla on myös meille usein piiloon jäävät suorat vaikutuksensa).

Jos tätä pitkää erilaisten prosessien ketjua ja verkostoa (tuotanto, kuljetus, käyttö ja käytöstä poistaminen) kustuaan ”elinkaareksi”, ilmaisu **”elinkaariajattelu”** havainnollistaa kaikkia elinkaaren vaikutuksia.



Kuva 6: Elinkaariajattelu<sup>8</sup>

**Elinkaariarviointi** on elinkaariajatteluun liittyvä mahdollisten vaikutusten määrittämiseen käytettävä perusmenetelmä. Elinkaariarvioinnin avulla saadaan numeerista dataa, joka auttaa hallinnoimaan ympäristövaikutuksia. Saadun tiedon avulla voidaan määrittää ns. hot spotit, eli ne alueet, joihin suurimmat vaikutukset kohdistuvat, ja samalla saadaan tietoa siitä, miten ja millä tavoin suoria ja epäsuoria vaikutuksia voidaan vähentää mahdollisimman tehokkaasti.

<sup>8</sup> Lähde: <https://areeweb.polito.it/ricerca/LCA/> (huhtikuu 2021)

Elinkaariajattelun avulla vaikutukset voidaan määrittää ja niistä saadaan myös perusteellista tietoa. Näiden tietojen analysoinnin jälkeen vaikutuksia voidaan tehdä asianmukaisilla päätöksillä. Ostamamme ja käyttämämme tuotteet sekä niiden määrät voivat vaikuttaa merkittävästi aiheuttamiimme ympäristövaikutuksiin. Ajatellaanpa kaikkia materiaalia, energialähteitä, kuljetuspalveluja ja kaikkea muuta, mitä käytämme päivittäin! Elinkaariajattelua hyödyntämällä voimme tehdä paljon erilaisia päätöksiä, jotka tähtäävät suorien ja ennen kaikkea epäsuorien vaikutusten vähentämiseen.

## Elinkaariarvioinnin vaiheet

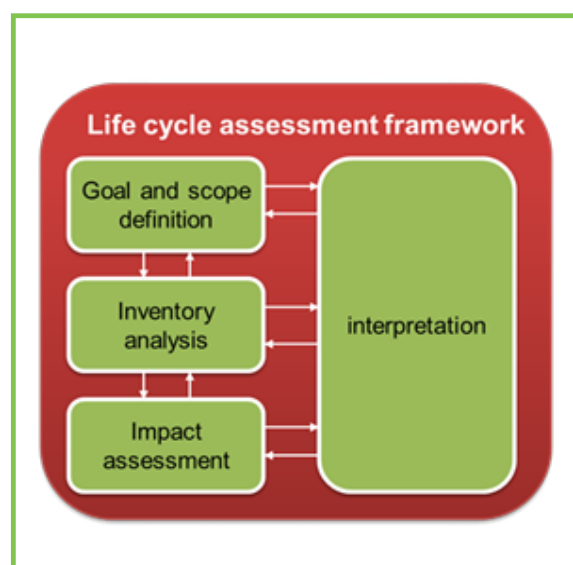
Elinkaariarviointia kuulee kutsuttavan myös ”kehdosta hautaan” analyysiksi, mutta kierotaloutta ajatellen ilmaisu ”kehdosta kehtoon” olisi osuvampi. Elinkaariarviointi on oma tutkimusalanansa, jossa asiantuntijat analysoivat valtavia tietomääriä erilaisten ohjelmistojen ja tietokantojen avulla.

Standardien **ISO 14040** ja **ISO 14044**<sup>9</sup> mukaisesti elinkaariarviointi koostuu seuraavista vaiheista:

- ▶ **tavoite ja laajuuden määrittäminen**,
- ▶ **inventaarioanalyysi**, elinkaaren resurssien kulutuksen ja päästöjen määrittäminen,
- ▶ **vaikutusarviointi**, luonnonvarojen kuluttamisen ja päästöjen potentiaalisten ympäristövaikutusten arvioiminen,
- ▶ tulosten **tulkinta**.

Alla oleva standardia ISO 14040 esittävä kuva havainnollistaa näiden vaiheiden välisiä yhteyksiä:

Kuva 7:  
Standardin ISO 14040 mukaiset  
menetelmän vaiheet<sup>10</sup>



9 ISO 14040/14044 (2006): Ympäristön hallinta — Elinkaariarviointi — Periaatteet ja puitteet / Vaatimukset ja ohjeistukset

10 Lähde: ISO 14040

Elinkaarianalyysin valmistelua käsitellään perusteellisesti standardissa ISO 14040. Edellä esitetyn perusteella alkuvaiheessa tulee määrittää analysoinnin tavoitteet, eli analyysin laatimisen syyt (toiminta halutaan esimerkiksi muuttaa kestävämmäksi ja ympäristövaikutuksia halutaan siksi vähentää; asiakkaille halutaan viestiä ympäristöön liittyvistä sitoumuksistamme viestimällä ympäristönsuojeluun liittyvistä arvoistamme yms.). Ensimmäisen kysymyksen vastaus vaikuttaa myös ensimmäisen osa-alueen määrittämiseen, eli siihen kuinka laaja analyysi on:

- **Toiminnallinen yksikkö:** esimerkiksi yksi tuote, 1 m<sup>2</sup>, yhden vuoden tuotanto jne., jota koskevat ympäristövaikutukset lasketaan.
- **Järjestelmän rajat:** oman toiminnan arviointi (portilta portille) tai edellisten vaiheiden huomioiminen (kehdestä portille) tai koko elinkaaren huomioiminen (kehdestä hautaan) jne.

Käytännössä **datan kerääminen** on tärkein analyysin valmisteluvaihe, sillä se määrittää datan laadun. Samalla se on myös aikaa vievin vaihe. Paras ja suosittu lähestymistapa on kerätä suoraan toimintaan liittyvää dataa, eli kerätä tutkittavan tuotteen valmistukseen liittyvää tietoa. Myös muiden elinkaari-prosessien ns. sekundaarista tietoa voidaan hyödyntää. Tällaista tietoa ovat laskenta- ja arviointitiedot, teollisuusdata, tietokannat, alan kirjallisuus jne.

Tämän jälkeen vuorossa on analysoinnin seuraava vaihe eli elinkaariarviointi: inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi ja tulosten tulkinta. Myös ensimmäisessä vaiheessa määritellyt tavoitteet vaikuttavat näihin vaiheisiin, sillä ensimmäisessä vaiheessa määritetään muun muassa käytettävä vaikutusten arviointimenetelmä ja vaikutusluokka (esimerkiksi hiilijalanjälki) sekä myös tulosten tulkinta ja mahdolliset suositukset.

Ympäristön elinkaariarvioinnissa huomioidaan yleensä seuraavat vaikutusluokat:

- **Ilmastonmuutos:**

Tästä vaikutusluokasta käytetään useampaa nimeä, kuten esimerkiksi ilmaston lämpeneminen, ilmastomuutos ja hiilijalanjälki valitun arviointimenetelmän ja kohdeyleisön mukaan. Arkipuheessa puhutaan yleisimmin hiilijalanjäljestä, mutta myös ”ilmastonmuutos” on yleisesti käytetty termi. Miten tämän luokan

tuloksia tulisi tulkita? Kaikissa näissä ympäristöön vapautuvien kasvihuonekaasujen määrä on laskettu yhteen ja määritetään kilogrammoina (kg) CO<sub>2</sub> ekvivalenttia. Tämä tarkoittaa, että 1 kg hiilidioksidipäästö tarkoittaa 1 kg hiilidioksidiekvivalenttia tässä luokassa. Kaikkia muita kasvihuonekaasuja painotetaan eri tavalla. Esimerkiksi metaanin vastaava hiilidioksidiekvivalentti on tällä hetkellä (2021) 36,8 kg. Tietojen/analysoinnin ajankohta on myös tärkeä, sillä 15 vuotta sitten vastaava arvo oli vain 21 kg hiilidioksidiekvivalenttia samassa luokassa. Nämä tiedot kertovat myös sen, että ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat kasvaneet arjessamme, ja ne vaikuttavat merkittävästi tulevaisuuteemme. Erilaisia kertoimia käytetään myös muita kasvihuonekaasuja arvioitaessa, ja esimerkiksi 1 kg difluorikloorimetaanipäästö (freon-12) ilmakehään tarkoittaa 11 500 kg hiilidioksidiekvivalenttia. Tämän aineen käyttö jäähdytysaineena vanhoissa jääkapeissa on kuitenkin jo lopetettu.

Eri **ympäristövaikutusluokkien** tulokset lasketaan samaan tapaan. Jokaiselle on määritetty oma ekvivalenttinsa, joihin muiden relevanttien osatekijöiden osuutta verrataan, ja tiedot lasketaan sitten yhteen siten, että jokaisella vaikutusluokalla on yksi numero:

- happamoituminen (esim. SO<sub>2</sub> kg tai mol H + ekvivalentti),
- rehevöityminen (esim. PO<sub>4</sub>, P tai N kg ekvivalentti),
- otsonikato (esim. CFC-11 ekvivalentti),
- luonnonvarojen ehtyminen (esim. kg Sb ekvivalentti),
- valokemiallinen otsonin muodostuminen (esim. etyleeni tai NMVOC “muut haihtuvat orgaaniset yhdisteet kuin metaani”),
- ihmisten, vesien, maan ja meren ekotoksisuus (monimutkaisia ekvivalenttityyppejä käytetään).



## YMPÄRISTÖVAIKUTUSLUOKAT (\*)

### *Ilmastonmuutos*

Huomioitavat ympäristöseikat: Kaikki panokset ja tuotokset, jotka aiheuttavat kasvihuonekaasupäästöjä. Suurin vaikuttava tekijä on yleensä fossiilisten polttoaineiden käyttö. Fossiilisia polttoaineita ovat muun muassa hiili, öljy ja maakaasu. Seurauksia ovat muun muassa keskilämpötilan kohoaminen ja äkilliset paikalliset ilmastolliset muutokset. Ilmastonmuutos vaikuttaa ympäristöön kaikkialla maailmassa.

Vaikutusluokka voidaan jakaa seuraaviin osa-alueisiin:

- Fossiilisiin polttoaineisiin liittyvä ilmastonmuutos käsittää kasvihuonekaasupäästöt, jotka ovat peräisin fossiilisten polttoaineiden käsittelystä tai hajoamisesta (eli polttamisesta).
- Biogeeninen ilmastonmuutos käsittää kasvihuonekaasupäästöt, jotka ovat peräisin biomassan käsittelystä tai hajoamisesta.
- Maankäytöstä aiheutuva ilmastonmuutos käsittää maaperän tai biomassan hiilenoton sekä hiilivaraston muutokset, jotka johtuvat maankäytön muuttumisesta ja maankäytöstä, kuten metsien hakkuu, teiden rakentaminen ja muu maaperään liittyvä toiminta.

Mittayksikkö: Hiilidioksidikiloekvivalentti (kg CO<sub>2</sub> ekv).

### *Otsonikato*

Huomioitavat ympäristöseikat: Stratosfäärin otsonikerros (O<sub>3</sub>) suojaa vaarallista ultraviolettisäteilyltä (UV-B). Otsonikadolla voi olla vaarallisia seurauksia, jotka näkyvät yhä yleistyvänä ihosyöpinä ja kasveihin kohdistuvina vaurioina. Stratosfäärin otsonikato vaikuttaa ympäristöön globaalilla tasolla.

Mittayksikkö: CFC-11 kiloekvivalentti (kg CFC-11 ekv).

### *Happamoituminen*

Huomioitavat ympäristöseikat: Happamoituminen on myötävaikuttanut havumetsien vähenemiseen, ja se on lisännyt myös kalakuolleisuutta. Päästöt ilmaan, veteen ja maaperään aiheuttavat happamoitumista. Tärkein aiheuttaja on sähkön- ja lämmöntuotannossa sekä liikenteessä käytetty polttaminen. Happamoitumista aiheuttavat eniten runsaasti rikkiä sisältävät polttoaineet. Happamoituminen vaikuttaa pääasiassa ympäristöön alueellisella tasolla.

Mittayksikkö: Veden mooliekvivalentti (mol H<sup>+</sup> ekv).

## YMPÄRISTÖVAIKUTUSLUOKAT 2(\*)

### *Rehevöityminen - makea vesi*

Huomioitavat ympäristöseikat: Rehevöityminen vaikuttaa ekosysteemeihin sisältämänsä typin (N) tai fosforin (P) vuoksi. Jos levä kasvaa liian nopeasti, se voi vähentää veden happipitoisuutta siinä määrin, että kalat kuolevat. Vesien typpipäästöt johtuvat suurelta osin maataloudessa käytettävistä lannoitteista, mutta näitä päästöjä aiheuttaa myös polttaminen. Tärkein typpipäästöjen lähde ovat kaupunkien ja teollisuuden jätevesien vedenpuhdistuslaitokset sekä typen huuhtoutuminen viljelyiltä pelloilta. Rehevöityminen vaikuttaa ympäristöön paikallisella ja alueellisella tasolla.

Mittayksikkö: fosforikiloekvivalentti (kg P ekv).

### *Rehevöityminen - merivesi*

Huomioitavat ympäristöseikat: Rehevöityminen vaikuttaa ekosysteemeihin sisältämänsä typin (N) tai fosforin (P) vuoksi. Yleensä yhden tällaisen ravinto-aineen saatavuus rajoittaa kasvua ekosysteemissä, ja jos toisaalta jotakin näistä aineista lisätään, levän tai eräiden muiden kasvien kasvu kiihtyy entisestään. Meressä tämä vaikutus johtuu pääasiassa typen (N) määrän kasvamisesta. Typpipäästöt johtuvat pääasiassa maataloudessa käytettävistä lannoitteista, mutta myös polttamisesta. Rehevöityminen vaikuttaa ympäristöön paikallisella ja alueellisella tasolla.

Mittayksikkö: typpikiloekvivalentti (kg N ekv).

### *Rehevöityminen - maaperä*

Huomioitavat ympäristöseikat: Rehevöityminen vaikuttaa ekosysteemeihin sisältämänsä typin (N) tai fosforin (P) vuoksi. Nämä aineet edistävät levän tai eräiden muiden kasvien kasvua, ja siten rajoittavat alkuperäisen ekosysteemien kasvamista. Rehevöityminen vaikuttaa ympäristöön paikallisella ja alueellisella tasolla.

Mittayksikkö: Typpiekvivalenttimooli (mol N ekv).

### YMPÄRISTÖVAIKUTUSLUOKAT 3(\*)

#### *Valokemiallinen otsonin muodostus - ihmisten terveys*

Huomioitavat ympäristöseikat: Stratosfäärin otsonikerros suojaa, mutta maanpäällä oleva otsoni (troposfääri) on haitallista, sillä se tuhoaa eläinten ja kasvien orgaanisia yhdisteitä. Myös kaupunkien valokemiallinen sumusavu (kesäinen savusumu) aiheuttaa hengitysvaikeuksia kaupungeissa. Valokemiallinen otsonin muodostuminen vaikuttaa ympäristöön paikallisella ja alueellisella tasolla.

Mittayksikkö: Muiden kuin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden kiloekvivalentti (kg NMVOC ekv).

#### *Luonnonvarojen käyttö, mineraalit ja metallit sekä energiankantajat*

Huomioitavat ympäristöseikat: Maassa on rajallinen määrä uusiutumattomia luonnonvaroja, kuten esimerkiksi metalleja, mineraaleja ja fossiilisia polttoaineita, kuten hiiltä, öljyä ja maakaasua. Luonnonvarojen tuhlaileva louhiminen pakottaa tulevat sukupolvet hyödyntämään pitoisuuksiltaan pienempiä tai arvoltaan vähäisempiä luonnonvaroja. Esimerkiksi fossiilisten polttoaineiden ehtyminen voi johtaa siihen, että tulevilla sukupolvilla ei tule enää olemaan fossiilisia polttoaineita käytettävissä.

Tätä ilmiötä analysoivat vaikutusluokat ovat:

- Luonnonvarojen käyttö, metallien ja mineraalien ehtymisen korvaavat mineraalit ja metallit  
Mittayksikkö: antimonikiloekvivalentti (kg Sb ekv).
- Luonnonvarojen käyttö, fossiilisten polttoaineiden ehtymisen korvaavat energiankantajat  
Mittayksikkö: Energia MJ.

#### *Vedenpuute*

Huomioitavat ympäristöseikat: Veden ottaminen järvistä, joista tai pohjavedestä voi vaikuttaa käytettävissä olevan vesimäärän ”ehtymiseen”. Vaikutusluokka huomioi veden saatavuuden tai niukkuuden sellaisilla alueilla, missä vettä toimittaa harjoitetaan.

Mittayksikkö: Käytetyn vesimäärän suhde paikalliseen veden niukkuuteen kuutiolina (m<sup>3</sup>) ilmaistuna.

(\*) <https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/communication/impact.htm> (huhtikuu 2021)

Elinkaariarvioinnin alkuvaiheessa tulisi vastata seuraavaan kolmeen kysymykseen:

Kysymykset	Esimerkkivastaus
Mikä tavoite on?	Haluan tietää eristystuotteeni hiilijalanjäljen
Mitä toiminnallista yksikköä käytetään?	1 m <sup>2</sup> eristystä (paksuus 100 mm) ja lämmönjohtavuus 0,0389 W/m <sup>2</sup> K
Millaiset järjestelmän rajat ovat?	Kehdosta portille – perusmateriaalien tuotannosta valmistusprosessin loppuun saakka

Todelliset vaikutukset voidaan määrittää, jos elinkaariarvioinnin laatija saa arviointiin tarvittavat tärkeät tiedot omistajalta. Tässä esimerkissä tärkein tulos on hiilijalanjälki, mutta elinkaariarvioinnissa voidaan määrittää myös muita mahdollisia ekosysteemiin sekä ihmisiin ja luonnonvaroihin kohdistuvia vaikutuksia.

Palataan takaisin esimerkkiin: Asianomaisen eristysmateriaalin hiilijalanjälki voi olla 6 kg CO<sub>2</sub>ekv. jaettuna kolmeen osaan: perusmateriaalien alustava valmistus (5 kg CO<sub>2</sub>ekv.), perusmateriaalien kuljetus tehtaalle (0,5 kg CO<sub>2</sub>ekv.) ja eristystuotteen valmistus (0,5 kg CO<sub>2</sub>ekv.). Vertailun vuoksi, yhden leivän valmistuksen hiilidioksidiekvivalentti on noin 1,5 kg CO<sub>2</sub>.

Kaikki nämä tiedot ja tulokset lasketaan yhteen **elinkaariarvioinnissa**, joka sisältää myös tulosten tulkinnan.

Elinkaariajattelu ja elinkaariarviointi tarjoavat perustan muille menetelmille, joita ovat muun muassa EPD – ympäristöseloste (lisää tietoa kohdassa 2.3a), PEF – tuotteen ympäristöjalanjälki tai LCC – elinkaarikustannukset jne. Valittu menetelmä määräytyy elinkaariarvioinnin tavoitteiden mukaan.

## 2.2

## Elinkaariarvioinnin rooli rakennusteollisuudessa

Elinkaariarviointi on eräs tehokkaimpia menetelmiä rakennustuotteiden ja rakenteiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Elinkaariarvioinnin käytöllä on kaksi ensisijaista etua:

- ▶ Elinkaariarviointi auttaa kuluttajaa ja rakennusalan ammattilaisia päätöksenteossa suunnittelusta rakentamisen loppuun saakka tarjoamalla objektiivista tietoa.
- ▶ Elinkaariarviointi rohkaisee valmistajia kehittämään ympäristötoimintaansa ja tuotteidensa laatua uusia innovaatioita hyödyntämällä.

Elinkaariarviointi kertoo kuinka paljon energiaa rakennus tarvitsee, ja myös rakennuksen elinkaaren aikana säästyvän materiaalmäärän. Lisäksi elinkaariarviointi havainnollistaa investoinnin ja ylläpidon positiivisia vaikutuksia ympäristöön.

Elinkaariarvioinnin merkitys on kasvanut rakennusteollisuudessa viime vuosina, ja tämä on erityisen tärkeää siksi, että **rakennussektori on eräs eniten resursseja käyttävä toimiala, jolla on merkittävät ympäristövaikutukset**. 36 % globaalista energiankulutuksesta ja 39 % päästöistä liittyvät rakennussektoriin ja rakennuksiin (IEA & UN 2019<sup>11</sup>). 11 % maailman CO<sub>2</sub>-päästöistä on peräisin rakentamisesta (WGBC, 2019<sup>12</sup>). Kuormituksen vähentäminen tarkoittaa perusteellisempaa elinkaariajatteluun perustuvaa suhtautumista materiaaliveirtoihin. Ei ole sattuma, että rakennussektorilla on energiatehokkuuden ohella ollut tavoitteena rakentaa joko kokonaan tai lähes nollaenergiarakennuksia. Tämä pätee sekä uusiin että peruskorjattaviin rakennuksiin.

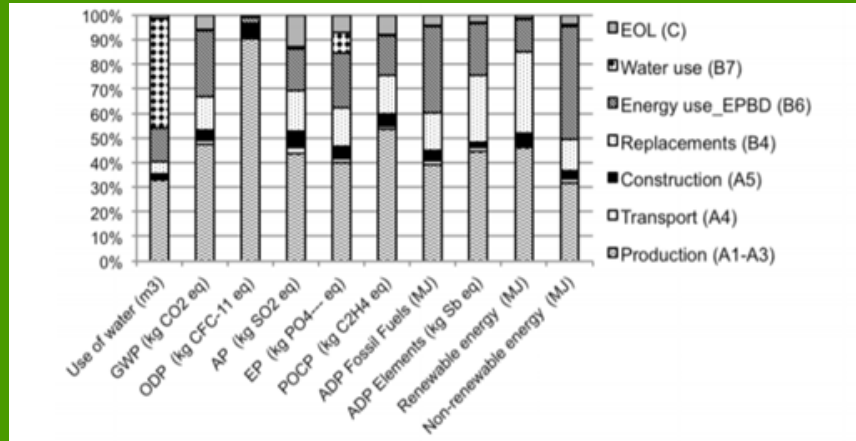
---

11 IEA & UN (2019): 2019 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a zero-emission, efficient and resilient buildings and construction sector <https://www.unenvironment.org/resources/publication/2019-global-status-report-buildings-and-construction-sector> (last access in April 2021)

12 World Green Building Council (2019): Bringing Embodied Carbon Upfront <https://www.worldgbc.org/bringing-embodied-carbon-upfront-report-webform> (huhtikuu 2021)

## Rakennuksen elinkaaren vaikutukset:

Rakennusten ympäristöominaisuuksia voidaan tarkastella seuraavissa vaiheissa rakennuksen koko elinkaaren aikana (ISO EN 15643): Rakennusmateriaalien ja tarvittavien raaka-aineiden hankinta sekä tuotteiden valmistus-, kuljetus- ja asennusvaihe "A1-A5", käyttövaihe "B1-7" ja elinkaaren loppu "C1-C4".



*Rakennuksen elinkaaren vaiheiden suhteellinen osuus rakennuksen ympäristövaikutuksista\**

Miltei puolet ympäristövaikutuksista liittyvät vaiheisiin A1-A5, ja loput puolestaan käyttövaiheeseen. Elinkaaren lopun osuus on 5 %.

EU:n alueella on tehty myös kestävästä kulutuksesta ja valmistuksesta koskeva edustava tutkimus, jossa käsiteltiin rakennuskannan ympäristövaikutuksia (EU 27). 60 % rakennuskannasta on asuinrakennuksia, joten tutkimuksessa tarkasteltiin vuosittaisia asukaskohtaisia ympäristövaikutuksia sekä keskimääräisen eurooppalaisen asumisen vaikutuksia. Saatuja tuloksia verrattiin keskimääräisen eurooppalaisen ympäristövaikutuksiin. Asuntokannan ikä ja tyyppi, asuintilojen koko ja ilmasto-olosuhteet arvioitiin asukaskohtaisesti, ja rakennuksen elinkaaren eri vaiheiden kuormitusta tutkittiin 24 mallin avulla. Rakennusten kasvihuonekaasupäästöt olivat rakennuksen elinkaaren aikana keskimäärin 6,36 hiilidioksiditonnia ( $\text{CO}_2$  ekv.) vuosittain verrattuna asukaskohtaiseen 2,62 hiilidioksiditonniin vuodessa. Käyttövaihe (energian- ja vedenkulutus) oli tärkein vaikuttava tekijä, ja heti seuraavana tulivat rakennusmateriaalien valmistus ja kunnossapito. Yksikerroksiset rakennukset olivat vaikutuksiltaan suurimpia. Samalla rakennuksella on erilaiset vaikutukset erilaisissa ilmasto-olosuhteissa vaihtelevan lämmitystarpeen vuoksi. Yleisesti ottaen sähkönkulutus ja lämmitys ovat suurimmat ympäristövaikutusten aiheuttajat. \*\*

Rakennusten keskimääräinen vaikutus Euroopassa on 6,78 hiilidioksiditonnia per asukas, ja vastaava luku on Suomessa 8,8, Italiassa 5,8 ja Unkarissa 5,4 \*\*\*.

(\*) Lähde: Delem, L. Wastiels, and J. Van Dessel (2013): Assessing The Construction Phase In Building Life Cycle Assessment, Delemetal\_avniRConference

(\*\*) Lähde: Lavagna, M., Baldassarri, C., Campioli, A., Giorgi, S., Dalla Valle, A., Castellani, V., & Sala, S. (2018). Benchmarks for environmental impact of housing in Europe: Definition of archetypes and LCA of the residential building stock. *Building and Environment*, 145, 260–275. doi:10.1016/j.buildenv.2018.09.008

(\*\*\*) Lähde: EU:n julkaisut: Fossil  $\text{CO}_2$  and GHG emissions of all world countries, 2019 report Study

## Elinkaariarvioinnin käyttöönoton yleistyminen rakennusallalla - miksi yritykset hyödyntävät elinkaariarviointia?

Elinkaariarviointi tarjoaa tärkeää tietoa **suunnitteluvaiheessa**, jossa voidaan hyödyntää digitaalista BIM-mallinnusta (rakennustietojen mallinnus) suunnittelun ja rakentamisen mallintamiseksi sekä myös ylläpito- ja purkuvaiheiden mallintamiseksi. Rakennuksessa käytettyjen materiaalien ympäristövaikutusten mittaamisen lisäksi elinkaariarviointia voidaan hyödyntää jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa sellaisten rakennuksen ominaisuuksien määrittämiseen, jotka ovat tärkeitä asianomaisen rakennuksen ympäristövaikutusten kannalta. Elinkaariarviointi voi auttaa löytämään vaihtoehtoisia ja vaikutuksiltaan pienempiä materiaaleja ympäristövaikutuksiltaan suurempien materiaalien käytön sijasta. Näin ympäristövaikutuksia voidaan vähentää, jätettä muodostuu vähemmän, rakennuksen sähkön- ja vedenkulutus tehostuu ja myös kustannukset voidaan optimoida.

Elinkaariarviointia käyttävät yleensä rakennustuotteiden valmistajat, sillä arvioinnin käyttäminen voi olla lakisääteistä, ja toisaalta myös **kova kilpailu alalla** voi edellyttää elinkaariarviointiin perustuvien ympäristöselosteiden (EPD) (katso kohta 2.3a) esittämistä. Arkkitehdit hyödyntävät elinkaariarvioinnin tarjoamaa kustannustietoa erilaisia tuotteita vertailtaessa. Energiatohokkuuden ohella ekologinen suunnittelu ja kiertotalouteen perustuvat ratkaisut vahvistavat elinkaariarvioinnin asemaa rakennusmarkkinoilla. Materiaaleja uudelleen käytettäessä niiden vaikutukset tulisi arvioida elinkaariajattelun näkökulmasta.

Uusien rakennusten sertifiointissa, kuten BREEAM, LEED ja DGBN, elinkaariarviointia voidaan hyödyntää objektiivisena menetelmänä valittujen rakennusosien ympäristövaikutuksia arvioitaessa (katso kohta 2.3b). Nämä sertifiointivaatimukset edistävät osaltaan rakentamisen elinkaariarvioinnin käyttöä. Lisäksi joissakin maissa on muita lakisääteisiä vaatimuksia (esimerkiksi Alankomaat), ja samankaltaisia keinoja ollaan ottamassa käyttöön muun muassa Ranskassa, Tanskassa, Suomessa ja Ruotsissa.

## Tietokannat

Useat tietokannat tukevat rakennussektorin elinkaariarviointia. Tuotteiden elinkaariarviointeihin tarkoitetuissa tietokannoissa on tietoa eri alueilla käytettävistä valmistusprosesseista (Sveitsi, Eurooppa, Yhdysvallat, Pohjois-Amerikka ja Ranska) sekä erilaisista materiaalityypeistä (esimerkiksi metallit, muovit, puu ja sementti sekä betoni). Eräs tällainen eurooppalainen tietokanta on sveitsiläinen Ecoinvent, jota useat elinkaariarviointiohjelmistot myös käyttävät (esimerkiksi One Click LCA, SimaPro, GaBi, openLCA and Umberto) tietokannan yhdenmukaisuuden ja läpinäkyvyyden vuoksi. Euroopan komission tuella luotu ELCD sisältää satoja prosesseja, mukaan luettuna muutamia avainmateriaaleja sekä kuljetus- ja jätehuoltojärjestelmät, mutta tietyt osat kaipaavat täydennystä erityisesti rakennusmateriaalien osalta. GaBi on eräs markkinoiden suurimpia tietokantoja, jossa on rakennusmateriaalien lisäksi myös tuhansia muita prosesseja. Joidenkin tuotteiden tiedot ovat peräisin Plastics Europesta, ELCD:stä ja Euroferistä. Valmistajat tekevät tuotteiden elinkaariarvioinnin yleensä ympäristöselosteen (EPD) laadintaa varten. Rakennuksen elinkaariarvioinnissa kaupalliseen käyttöön tarkoitetut laskelmat perustuvat yleensä valmistajakohtaiseen tai alan keskimääräiseen dataan sekä muuhun yleiseen tietoon, jota kansalliset viranomaiset tai muut osapuolet julkaisevat. Nämä tiedot sisältävät tietoa rakennusmateriaaleista ja -tuotteista, kuten resurssien käytöstä ja myös ilmastonmuutoksen, happosateiden, savusumun, rehevöitymisen yms. vaikutuksista. Eräs tunnettu esimerkki elinkaariarvioinnin tietokannasta on saksalainen verkkotietokanta ”ÖKOBAUDAT”, mutta lisäksi on myös muitakin elinkaariarviointitietokantoja, kuten hollantilainen ”NMD” ja ranskalainen ”Inies”. Suomi ja Ruotsi julkaisivat myös äskettäin viralliset yleiset tietokannat, joiden käyttö on pakollista rakennusten elinkaariarvioinneissa ympäristöselosteiden (EPD) ohella tulevien kansallisten määräysten mukaisesti. Yhdysvaltalainen ”Athena” sisältää useita erilaisia rakennusmateriaaleja, energia-, kuljetus, rakennus- ja purkamisprosesseja ja rakennusten ylläpitoon, korjaamiseen sekä jätehuoltoon liittyviä prosesseja, joista osa on peräisin yhdysvaltalaisesta LCI -tietokannasta.



## a. Rakennussektorin ekologista kestävyttä koskevat EU:n politiikat

Euroopan komission **yhdennetyssä tuotepolitiikassa**<sup>13</sup> (IPP) elinkaariarviointi (LCA) on osoittautunut parhaaksi viitekehysesä tuotteiden potentiaalisten ympäristövaikutusten arvioinnissa. Yhdennetty tuotepolitiikka (IPP) määrittää työkalut ja keinot tuotteiden ympäristövaikutusten vähentämiseen tuotteiden koko elinkaaren huomioon ottaen. Näin tuotteiden ja palvelujen ympäristövaikutukset painottuvat päätöksenteossa, ja elinkaariarvioinnilla on yhä tärkeämpi rooli yhteisön poliitikkojen ja yritystoiminnan tukemisessa. ”Elinkaariajattelusta” on tullut ympäristöpolitiikkojen ja ekologisesti kestävän liiketoiminnan päätöksenteon keskeinen osa. EPLCA on myös määritelty yhdennetyssä tuotepolitiikassa.

**Foorumi ”European Platform for Life Cycle Assessment” (EPLCA)**<sup>14</sup> avustaa datan ja tietojen saatavuuden, johdonmukaisuuden ja laadun varmistamisessa sekä myös elinkaariarvioinnin ja siihen liittyvien ympäristöjalanjäljen määrittämiseen tarkoitettujen menetelmien käytön laajentamisessa yritystoiminnassa ja politiikkojen laadinnassa. Foorumi tukee elinkaariarviointimenetelmien kehittämistä, ja toimitusketjujen ja käytön jälkeisen jätteen käsittelyn analysointia. Tehokas alusta toimintaohjelmiseen edistää ympäristön kannalta kestävää toimintaa.

Kiertotalouden periaatteet sisältävä **Euroopan komission rakennusala koskevan strategian**<sup>15</sup> katsaus pyrkii edistämään kestävästi rakennetun ympäristön toteutumista, jossa huomioidaan myös rakennusten koko elinkaari. Katsauksessa käsitellään muun muassa kierrätettyjen tuotteiden koostumusta ja rakennustuotteita koskevia vaatimuksia, rakennusten suunnittelua, kiertotalouden edistämistä, kestävyiden ja muunneltavuuden parantamista, rakennusten digitaalisten lokien kehittämistä ja elinkaariarvioinnin sisällyttämistä julkisiin hankintoihin sekä EU:n kestävän rahoituksen kehukseen.

---

13 COM (2003) 302 Yhdennetty tuotepolitiikka - elinkaariajattelu politiikan perustana

14 <https://ec.europa.eu/jrc/en> (huhtikuu 2021)

15 COM (2012) 433 lopullinen: Rakennussektorin ja rakennusalan yritysten ekologisesti kestävän kilpailun strategia

**“Sisämarkkinoiden vihreitä tuotteita”<sup>16</sup>** koskevassa aloitteessa EU on kehittänyt **ympäristöjalanjäljen** mittaamiseen tarkoitettua menetelmää, joka sisältää organisaatioiden (OEF - organisaation ympäristöjalanjälki) ja tuotteiden ympäristöominaisuuksien arvioinnin (PEF - tuotteen ympäristöjalanjälki). **PEF** perustuu myös elinkaariarviointiin, ja sen tavoitteena on tarjota yleiskäyttöinen menetelmä ympäristötoiminnan mittaamiseen sellaisille yrityksille, jotka haluavat markkinoida tuotteitaan EU:ssa. Ympäristöjalanjälki auttaa omalta osaltaan kestävyydelle asetettujen tavoitteiden saavuttamisessa, kuten myös ympäristöseloste (EPD). Tuotteen ympäristöjalanjälki sisältää useita ympäristövaikutusluokkia (katso tarkemmat tiedot kohdasta 2.2b).

Rakennussektorille suunnattu eurooppalainen tavoite COM (2014)445 **“Rakennusalan resurssitehokkuuden parantaminen”** korostaa rakennuksen koko elinkaaren aikana ilmenevien vaikutusten käsittelemistä entistä paremman suunnittelun ja kaavoituksen avulla, ja edistää rakennustuotteiden tehokasta valmistusta ja yleisesti entistä tehokkaampaa rakentamista sekä peruskorjaamista.

Elinkaariarvioinnin tärkeys mainitaan ekologisesti kestävä tuotepolitiikan kehittämiseen tähtäävässä EU:n **kiertotalouden toimintasuunnitelmassa**<sup>17</sup>. Uudessa toimintasuunnitelmassa määritetään kiertotalouteen siirtymisen tärkeimmät arvoketjut. Rakennusala on eräs avainasemassa olevista sektoreista, sillä rakennetulla ympäristöllä on olennainen vaikutus talouden eri osa-alueisiin (esimerkiksi työpaikkojen saatavuus, elämänlaatu jne.).

**EU:n vihreän kehityksen ohjelma**<sup>18</sup> liittyy EU:n vuoden 2050 hiilineutraaliustavoitteeseen. Vihreän kehityksen ohjelmassa olennaisessa roolissa on EU:n rakennusten kunnostamiseen ja peruskorjaukseen kannustava aloite (ns. Renovation Wave -aloite), joka tähtää entistä ympäristöystävällisempien rakennusten luomiseen, työpaikkojen lisäämiseen, elämänlaadun parantamiseen ja hiilineutraaliustavoitteen saavuttamiseen. Uusien suunniteltavien teknologioiden ja ratkaisujen ympäristöarviointi (hiilijalanjälki) perustuu elinkaariarviointiin.

---

16 <https://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/> (huhtikuu April 2021)

17 [https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new\\_circular\\_economy\\_action\\_plan.pdf](https://ec.europa.eu/environment/circular-economy/pdf/new_circular_economy_action_plan.pdf) (huhtikuu 2021)

18 [https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/eu-climate-action_en) (huhtikuu 2021)

## b. Elinkaariarvioinnin standardit rakennussektorilla

### Rakennustuoteasteikko

Rakennustuotteiden ympäristöjalanjäljen arviointi perustuu ennen kaikkea eurooppalaiseen standardiin **EN 15804**<sup>19</sup>. Standardin ensimmäinen versio julkaistiin 2012 ja uusin versio 2019. Standardi on ensisijainen elinkaariarvioinnin ja rakennustuotteiden ja -palvelujen ympäristöselosteiden (EPD) viitekehys. Ympäristöseloste on vapaaehtoinen seloste, jota yritykset käyttävät esitelläkseen rakennustuotteidensa ja -palvelujensa ympäristöominaisuuksia markkinoille (katso kohta 2.3a).

Standardi EN 15804 auttaa varmistamaan yhdenmukaisuuden yleisten ympäristöasioiden hallintaa ja elinkaariarviointeja koskevien standardien ISO 14040 ja 14044 kanssa, ja lisäksi se määrittää myös erityiset säännöt elinkaariarvioinnin viidelle tärkeimmälle menetelmälle koskevalle osa-alueelle, eli toiminnalliselle yksikölle, järjestelmän rajoille, allokoinnille, elinkaarivaikutusarvioinnille (LCIA) ja datan laadulle.

Kuten kohdassa 2.1 kerrottiin, elinkaariarvioinnin **toiminnallinen yksikkö** määrittää tutkitun järjestelmän toiminnan (esimerkiksi tuote) ja tarjoaa viitteet käsitellyille vaikutuksille. Esimerkiksi lämpöeristyslevyn tarkoituksena on välttää lämpöhävikkiä ja siten myös eristystehon heikkenemistä, joten eristysteho on ilmoitettu tietyinä arvona (toisin sanoen lämmönjohtavuusarvona W/mk).

Rakennustuotteiden ja -komponenttien käyttövaiheen vaikutukset ovat yleensä suoraan sidoksissa tiettyyn käyttötarkoitukseen. Esimerkiksi lämpöeristyslevy mahdollistaa joko korkeamman tai alhaisemman lämmityksen energiankulutuksen, mikä puolestaan määräytyy sen seinän ominaisuuksien mukaan, johon levy asennetaan, ja asianomaisen rakennuksen sijaintipaikan muiden olosuhteiden (myös ilmasto) mukaan. Yksittäisten rakennustuotteiden ja -komponenttien käyttöön liittyvien vaikuttavien tekijöiden vuoksi standardi EN 15804 mah-

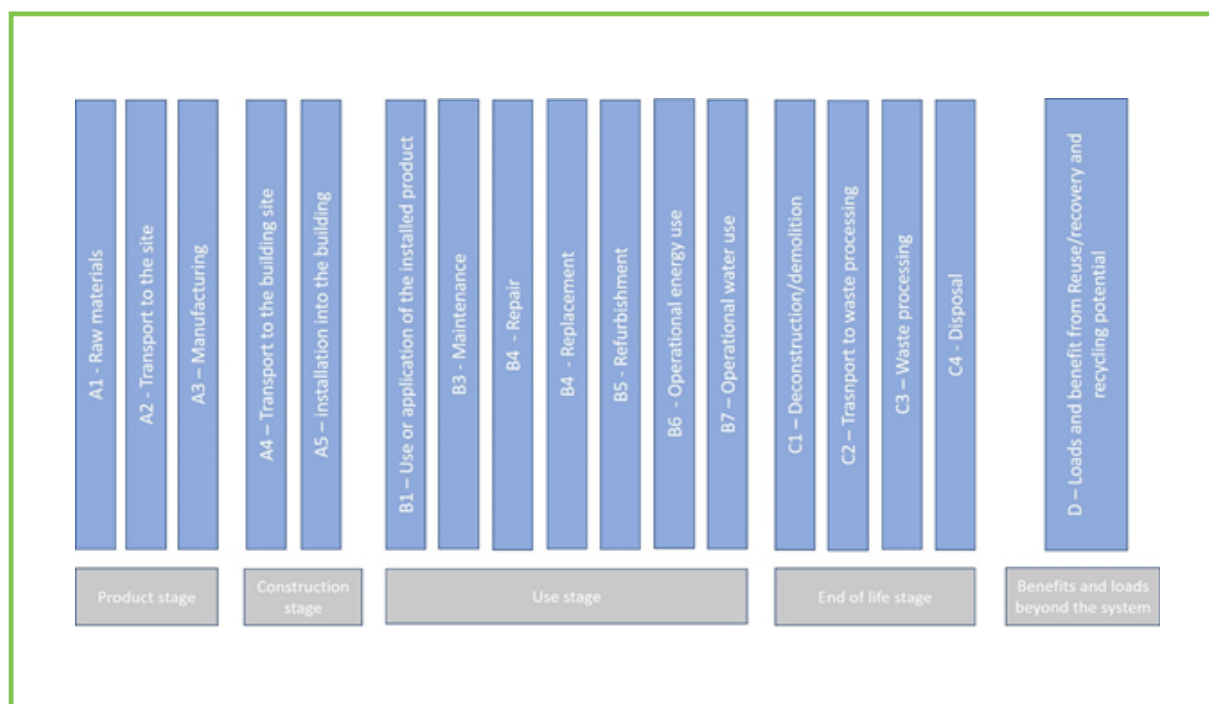
---

<sup>19</sup> EN 15804 Ekologisesti estävä rakentaminen. Rakennustuotteiden ympäristöselosteet - Rakennustuotteiden tuoteluokan perussäännöt

dollistaa ympäristövaikutusten määrittämisen käyttövaihetta huomioimatta, jolloin käytetään ns. **ilmoitettua yksikköä** toiminnallisen yksikön sijasta. Ilmoitettu yksikkö käyttää tuotteen/komponentin määrää (esimerkiksi m<sup>2</sup> tai kg) viitteenä ympäristövaikutusten ilmoittamisessa. Siksi lämpöeristyslevyissä esimerkiksi ilmastonmuutoksen vaikutukset esitetään seuraavasti:

- ▶ Levyn avulla saavutetut kasvihuonekaasupäästöt yhtä 1 W/mk kohden toiminnallista yksikköä käytettäessä, ja
- ▶ vastaavasti levyn avulla saavutetut kasvihuonekaasupäästöt yhtä kg:ta kohden ilmoitettua yksikköä käytettäessä.

Toiminnallisen tai ilmoitetun yksikön käyttö ympäristövaikutusten ilmoittamisessa liittyy ja vaikuttaa ns. **järjestelmän rajoihin**. Järjestelmän rajat määrittävät ne elinkaaren vaiheet, jotka sisällytetään tutkimukseen, ja jotka on huomioitu tutkimuksen perusteella määritetyissä vaikutuksissa. Standardi EN 15804 hyödyntää modulaarista rakennetta järjestelmän rajojen määrittelyssä, jota oheinen kuva havainnollistaa.



Kuva 8:

Standardin EN 15804 hyödyntämät moduulit järjestelmän rajojen määrittämisessä<sup>20</sup>

Standardin EN 15804 mukaiseen elinkaariarviontiin liittyvät tutkimukset voidaan tehdä kaikilla standardissa määritellyillä osa-alueilla, eli tuotteen/komponentin koko elinkaari voidaan käsitellä tai vaihtoehtoisesti vain tietyt osa-alueet voidaan arvioida. Moduuli “D” edustaa niitä vaikutuksia ja hyötyjä (vältetyt vaikutukset), jotka on saavutettu tai voidaan saavuttaa tuotteen/komponentin tai sen osan uudelleenkäytön ja/tai kierrättämisen ja/tai energian talteenoton avulla. On tärkeää korostaa sitä, että standardi ei sulje pois kokonaisvaikutusten raportointia (kaikki osa-alueet yhteenlaskettuna, lukuun ottamatta moduulia D) Standardi kuitenkin edellyttää, että osa-aluekohtaisten vaikutusten tarkat tiedot raportoidaan.

### Allokointi

Elinkaariarvioinnin eräs olennainen aspekti on allokointi. Standardin ISO 14040 määritelmän mukaan allokointi tarkoittaa *prosessin tai tuotejärjestelmän syöte- ja tuotosvirtojen jakamista tutkittavan tuotejärjestelmän ja yhden tai useamman muun tuotejärjestelmän välillä*. Toisin sanoen allokoinnin tarkoituksena on tuottaa sellainen menetelmä, joka mahdollistaa monipuolisten prosessien vaikutusten asianmukaisen allokoinnin tutkitun järjestelmän/prosessin toimintoihin. Esimerkki energian talteenotosta jätteen polttamisessa havainnollistaa yllä esitettyä tarpeen vaatiessa. Jätteen polttaminen on hävitysmenetelmä (ensisijainen funktio), mutta se tuottaa myös energiaa (toissijainen funktio). Allokointi tarkoittaa keinoja, tai erityistä lähestymistapaa, jota käytetään allokoitavien vaikutusten osuuden laskentaan kullekin funktiolle. Standardi EN 15804 tarjoaa erilaisia tähän tarkoitukseen soveltuvia menetelmiä. Eräs mahdollinen kriteeri on fyysiseen viitteeseen (vaikutukset allokoidaan esimerkiksi suhteessa monipuolisen prosessin jokaisen päätuotteen/tuotoksen massaan) tai taloudelliseen viitteeseen (vaikutukset allokoidaan suhteessa tuotoksen taloudelliseen arvoon) perustuva allokointi. Käyttö päätetään tapauskohtaisesti (kaikkia lähestymistapoja ei välttämättä voida aina käyttää), ja valinta vaikuttaa tutkittavien tuotteiden määritelyyn vaikutukseen. Siksi standardissa määritetään lähestymistavan valinnan tärkeysjärjestys. Tärkeysjärjestys vastaa standardin ISO 14044 määrittelemää järjestystä.

Elinkaarivaikutusarvioinnista (**LCIA**) on olemassa useita menetelmiä, ja ne kaikki mahdollistavat useiden erilaisten ympäristönäkökohtien raportoinnin, jotka on laskettu asianomaisten tieteellisten ympäristömallien mukaisesti. Standardin **EN 15804 (2012)** aiempi versio edellyttää tietyn elinkaarivaikutusarvioinnin käyttämistä, joka on CML 2001. Tämän standardin version mukaan arvioitavat vaikutusluokat ovat:

- ▶ Uusiutumattomien luonnonvarojen ehtyminen (uusiutumattomat fossiiliset polttoaineet) [MJ]
- ▶ Uusiutumattomien luonnonvarojen ehtyminen (uusiutumattomat luonnonvarat) [kg Sb-ekv.]
- ▶ Happamoitumispotentiaali (AP) [kg SO<sub>2</sub>-ekv.]
- ▶ Rehevöitymispotentiaali (EP) [kg fosfaatti-ekv.]
- ▶ Ilmaston lämpenemispotentiaali (GWP 100 vuotta) [kg CO<sub>2</sub>-ekv.]
- ▶ Otsonikerroksen vähenemispotentiaali (ODP, vakaa tilanne) [kg R11-ekv.]
- ▶ Valokemiallinen otsonin muodostumispotentiaali (POCP) [kg eteeni-ekv.]

Standardin **EN 15804 (2019)** uudessa versiossa elinkaariarviointia on muutettu. Kyseessä on uusiin käyttöön otettu menetelmä, jossa PEF-menetelmää ja tutkimuksessa vähintään huomioitavia näkökohtia on laajennettu sisältämään tietyt vaikutusluokat. Lisäksi aiemmassa standardissa jo huomioitujen osa-alueiden tutkimusmallia on päivitetty jonkin verran. Raporttien on sisällettävä vähintään seuraavaa:

- ▶ Ilmastonmuutos – yhteensä (yhteenlaskettu GWP) [kg CO<sub>2</sub> ekv.];
- ▶ Ilmastonmuutos – fossiiliset polttoaineet (GWP fossiili) [kg CO<sub>2</sub> ekv.];
- ▶ Ilmastonmuutos – biogeeninen (GWP biogeeninen) [kg CO<sub>2</sub> ekv.];
- ▶ Ilmastonmuutos – maankäytön muuttuminen (GWP luc) [kg CO<sub>2</sub> ekv.];
- ▶ Otsonikato (ODP) [kg CFC11 ekv.];
- ▶ Maaperän ja makean veden happamoituminen – AP [mooli H<sup>+</sup> ekv.];
- ▶ Makean veden rehevöityminen (Epfr) [kg P ekv.]

- ▶ Meriveden rehevöityminen (Ep<sub>mar</sub>) [kg N ekv.]
- ▶ Maaperän rehevöityminen (Ep<sub>ter</sub>) [mooli N ekv.]
- ▶ Valokemiallinen otsonin muodostus - ihmisten terveys - (POCP) [kg NMVOC ekv.]
- ▶ Luonnonvarojen käyttö, mineraalit ja metallit (uusiutumattomat luonnonvarat) [kg Sb ekv.]
- ▶ Luonnonvarojen käyttö, energiankantajat (ADP fossiili) [MJ]
- ▶ Vedenpuute (WS) [m<sup>3</sup> maailmassa ekv.]

Muut vaikutusluokat voidaan myös huomioida, mutta niiden huomioiminen ei ole kuitenkaan pakollista.

### Datan laatu

Elinkaariarvioinnin ISO-standardin mukaisesti myös datan laatu on dokumentoitava. Arviointiin käytettävän datan laadulla on oleellinen vaikutus tuloksiin. Ja toisaalta datan laatua koskevat tiedot auttavat saamaan paremman käsityksen sekä tulkitsemaan tietoja paremmin arvioinnin tuloksia tarkasteltaessa. Elinkaariarvioinneissa käytetään kahdenlaista dataa:

- Yleistä dataa (ns. sekundaarinen data). Yleistä dataa ei saada suoraan valmistajalta, eikä tietoihin myöskään päästä valmistajan kautta. Tällaiset tiedot ovat peräisin tietokannoista, kirjallisuudesta ja muista valikoiduista lähteistä.
- Spesifit tiedot (ns. primaari data). Spesifit tiedot ovat tietoja, joita kerätään tietyssä tuotantolaitoksessa, jossa tuotteita valmistetaan (esimerkiksi tuotantolaitoksen sähkönkulutus).

EN 15804 viittaa ensisijaisesti ISO-standardiin, jonka mukaan datan laatua koskevan kuvauksen tulisi sisältää vastata seuraavia vaatimuksia:

- edustavuus (ajallinen, maantieteellinen ja teknologinen)
- tarkkuus
- täydellisyys
- ristiriidattomuus
- uusittavuus
- datan lähde
- epävarmuus

Muita määritelmiä ovat muun muassa vaatimus siitä, että yleinen data ei voi olla yli 10 vuotta vanhaa ja spesifinen data ei voi olla yli 5 vuotta.



## Rakennus

Rakennuksen ympäristöaspektien arviointiin käytetään pääasiassa kahta työkalua. Ensimmäinen näistä työkaluista on rakennuksen ympäristöjalanjälkeä koskeva standardi, eli **EN 15978**<sup>21</sup>, jota käytetään rakennuksen ominaisuuksien määrittämiseen. Kyseessä on standardin ISO 15643<sup>22</sup> määrittelemän ns. kolmen pääasiallisen pilarin (ympäristö, yhteiskunta ja talous) ympäristöpilari, joka koskee myös rakennuksia, menetelmää ja raportointisääntöjä tuotetasolla standardin EN 15804 mukaisesti.

Toinen työkalu on luokitusjärjestelmä, joka määrittää rakennusten ympäristölaadun laadullisia kriteerejä sekä vaatimuksia hyödyntämällä (katso kohta 2.3b), mukaan luettuna muun muassa ympäristöselosteella varustettujen rakennustuotteiden käyttö.

Standardi EN 15978 perustuu standardiin EN 15804, joka on edelleen menetelmän arvioinnin ensisijainen viiteasiakirja. EN 15978 on tarkoitettu rakennusten ympäristöominaisuuksien määrittämiseen sekä peruskorjattaessa että uuta rakennettaessa. Standardin pääasialliset tavoitteet ovat:

- ▶ Päätöksenteon tukeminen, esimerkiksi erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja ja -skenaarioita vertailtaessa ja kehitysstrategioita määriteltäessä;
- ▶ Ympäristöominaisuuksia koskevan todistuksen vaatimustenmukaisessa laadinnassa auttaminen;
- ▶ Rakennuksen ympäristöominaisuuksien dokumentointi merkintöjä, todistuksia ja markkinointia varten;
- ▶ Rakennussektorin ympäristökäytäntöjen tukeminen.

Standardissa EN 15978 olennaisempia menetelmiin liittyviä tekijöitä muokataan kuitenkin koko rakennuksen ominaisuuksien mukaan. Näistä aspekteista **toiminnallinen yksikkö ja järjestelmän rajat** ovat erityksen tärkeitä.

---

21 EN 15978 (2012): Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings – Calculation method

22 EN 15643 (2011): Sustainability of construction works – Sustainability assessment of buildings



### EN 15978: Toiminnallinen yksikkö ja järjestelmän rajat

Toiminnallisen yksikön käsite on korvattu käsitteellä “toiminnalliset tiedot”, mikä tarkoittaa vertailuun käytettäviä määriteltyjä rakennuksen (tai sen osan) toiminnallisia vaatimuksia tai teknisiä vaatimuksia. Toiminnallisia tietoja määriteltäessä on huomioitava vähintään rakennuksen aiottu käyttötarkoitus (esimerkiksi koulu, toimisto jne.), lainsäädännön ja asiakkaan määrittelemät tekniset ja toiminnalliset vaatimukset, käyttömalli ja käyttöikä.

Järjestelmän rajojen määritelmä vastaa ensisijaisesti standardissa EN 15804 määriteltyä osa-alueista koostuvaa modulaarista rakennetta. Kaikki vaikutukset on raportoitava täsmälleen niillä osa-alueilla, missä ne ilmenevät. Jos esimerkiksi ikkuna rikkoontuu ja se korjataan rakennuksen käyttöaikana, korjaamiseen liittyvät toiminta raportoidaan asianomaisessa osassa (osa-alue B3 “Korjaaminen”). Sama pätee myös korjaamiseen tarvittaviin materiaaleihin ja muodostuvan jätteen käsittelyyn. Lisäksi standardi määrää, että uuden rakennuksen osalta koko rakennuksen käyttöikä tulee kokonaisuudessaan huomioida, ja peruskorjauksen osalta arviointiin sisällytetään vain lisätyt osat ja/tai niihin liittyvät työt rakennuksen jäljellä olevalta käyttöajalta.

Standardia EN 15804 on päivitetty, ja viimeisin versio julkaistiin 2019, mutta sama ei päde kuitenkaan standardiin EN 15978, josta on olemassa vain yksi versio.

Rakennusten kestävyyttä voidaan arvioida myös standardien ISO **15643-2**; 15643-3 ja 15643-4<sup>23</sup> avulla. Nämä standardit auttavat arvioimaan rakennusta ympäristön, talouden ja yhteiskunnan näkökulmasta.

Rakennuksen energiatodistus perustuu standardiin **ISO 52000**<sup>24</sup>.

---

23 EN 15643 (2011): Sustainability of construction works. Assessment of buildings.

24 ISO 52000 (2017): Energy performance of buildings. Overarching EPB assessment

### a. Rakennussektorin ympäristötuoteseloste (EPD)

Ympäristöselosteet ovat niin sanottuja **luokan III ympäristömerkintöjä ja todistuksia**, joita standardi **ISO 14025**<sup>25</sup> sääntelee, ja joka määrittää myös yleiset säännöt tuoteselosteiden kehittämiselle ja hallinnoinnille. Periaatteessa kolmannen osapuolen varmentamat ja erityiseen EDP-ohjelmaan tallennettavat ympäristötuoteselosteet ovat todistuksia. Operaattori määrittää omat (täydentävät) vaatimuksensa selosteiden kehittämiselle, voimassaololle ja niistä viestimiseksi (tuote/alatuoteryhmiä koskevat tuoteryhmäsäännöt (PCR/Sub-PCR)), ja vastaa selosteiden julkisesta saatavuudesta omalla verkkosivustollaan. Ympäristöselosteita ei tule sekoittaa suoritusasoilmoituksiin. Suoritusasoilmoitukset käsittelevät tuoteryhmän teknisiä ominaisuuksia, ja myös rakennustuoteasetus edellyttää ilmoitusta. Ympäristöseloste on sen sijaan vapaaehtoinen todistus, joka antaa tietoa tuotteen valmistuksesta ja käytöstä johtuvista mahdollisista ympäristövaikutuksista.

Saatavilla on useita standardin ISO 14025 mukaisia ympäristöselosteita useille eri taloussektoreille. Rakennusalaa koskevia eurooppalaisia ympäristöselostehjelmia ovat muun muassa International EPD System (Ruotsi), IBU (Saksa), Inies (Ranska) ja EPDItaly (Italia). Standardi EN 15804 muodostaa aina tuoteryhmäsääntöjen perustan, joka on määritelty asianomaisissa ohjelmissa, ja siten myös ohjelmien mukaisesti myönnettävissä ympäristötuoteselosteissa.

---

25 ISO 14025 (2010): Environmental labels and declarations - Type III environmental declarations - Principles and procedures

Mainitut ympäristöselosteohjelmat on kehitetty kansallisten aloitteiden puitteissa. Joissakin ohjelmissa on paljon rekisteröityjä selosteita, kuten vaikkapa ruotsalaisessa International EPD System -ohjelmassa, sillä se kattaa useita muitakin sektoreita rakennussektorin ohella, ja on ensimmäinen käyttöönotettu ympäristöselosteohjelma. Toinen suosittu ohjelma on IBU, joka keskittyy yksinomaan rakennussektoriin ja jota myös toimialaliitot tukevat. Ohjelmat voivat asettaa täydentäviä standardia EN 15804 korkeampia vaatimuksia ympäristöselosteiden kehittämiseksi ja vaatimustenmukaisuudelle, mutta standardi on kuitenkin säilyttänyt asemansa alan yhteisenä perustana. Tästä syystä:

- ▶ Useat ohjelmien ylläpitäjät ovat ottaneet käyttöön **vastavuoroisen tunnustamisen**, joten yhden ohjelman mukaistaympäristötuoteselostetta voidaan hyödyntää myös toisessa ohjelmassa, mikä takaa tuotteiden ja valmistajien paremman näkyvyyden.
- ▶ Ns. **Eco-platform** -alusta on luotu standardin EN 15804 mukaisten ja eri ohjelmien myöntämien ympäristötuoteselosteiden yhdenmukaistamisen edistämiseksi. Standardin EN 15804 mukaisia ympäristötuoteselosteita kehittäessään yritykset voivat rekisteröidä ympäristötuoteselosteet Eco-platform -alustalla ja lisätä siten näkyvyyttä.

Tulee muistaa, että standardin EN 15804 mukaisia ympäristöselosteita voidaan ensisijaisesti käyttää samalla tavalla ja samoihin tarkoituksiin riippumatta siitä, minkä ympäristöselosteohjelman mukaisesti ne on laadittu<sup>26</sup>. **Ympäristöselosteiden** sisältö:

- ▶ Valmistajan nimi ja osoite ja valmistuslaitos
- ▶ Tuotekuvaukset, tuotteen kuva ja pääasiallisten tuotteen osien ja/tai materiaalien tiedot
- ▶ Pitoisuutta koskeva ilmoitus, joka sisältää vähintään ne aineet, jotka on lueteltu julkaisussa "Ehdokasluettelo erityistä huolta aiheuttavista aineista" (Euroopan kemikaaliviraston julkaisema SVHC-luettelo), jos pitoisuus ylittää rekisteröintiä koskevat rajat.

---

<sup>26</sup> Tulee myös muistaa, että tiettyä käyttöä koskevat kansalliset määräykset voivat edellyttää selosteen rekisteröimistä kansallisessa ohjelmassa, jos sellainen on. Siksi kansallisten määräysten tarkistamista suositellaan aina ympäristötuoteselosteohjelmaa valittaessa.

- ▶ Viittaus käytettyyn ympäristöselosteohjelmaan
- ▶ Julkaisutiedot ja voimassaoloaika
- ▶ Tiedot poissuljetuista elinkaaren vaiheista, jos sellaisia on
- ▶ Tuotteen aiottu käyttötarkoitus ja toiminnallinen tai ilmoitettu yksikkö, joihin ympäristövaikutuksia koskevat tiedot viittaavat
- ▶ Ympäristövaikutusindikaattorit vaiheittain ilmoitettuna, joskin vaiheiden A1-A3 vaikutukset voidaan esittää yhteenlaskettuina.
- ▶ Elinkaari-inventaarion indikaattorit antavat lisää tietoa käytetyistä luonnonvaroista (esimerkiksi sekundaaristen materiaalien käyttö), tuotosvirroista (esimerkiksi kierrätykseen tai uudelleenkäyttöön ohjatut materiaalimäärät) ja jätteiden käsittelystä (esimerkiksi tuotettu vaarallinen jäte).

Kuten edeltävässä luvussa mainittiin, ympäristöselosteita ja/tai niiden sisältämiä tietoja hyödynnetään yhä laajemmin rakennusten luokittelussa sekä vihreissä julkisissa hankkeissa. Esimerkiksi LEED-sertifiointiohjelman “Building Design and Construction”, kohdassa “Materials and Resources – Building Product Disclosure and Optimization”, myönnetään pisteitä sekundaaristen materiaalien (kierrätetyn aineksen osuus) käytöstä. Ympäristötuoteseloste on eräs tapa osoittaa kierrätetyn aineksen osuus.

## b. Rakennusten luokittelu

Rakennusten luokitteluohjelmat on kehitetty rakennusten **ekologisen kestävyiden** arviointiin. Arviointi perustuu useammasta kriteereistä koostuvaan menetelmään. Menetelmän kriteerit koskevat kestävyiden sellaisia erilaisia aspektoja, jotka vaikuttavat ympäristöön (esimerkiksi energiankulutus tai materiaaliressurssien käyttö) tai käyttäjiin (esimerkiksi sisäilman laatu ja miellyttävä lämpötila). **Käytössä on useita sertifiointiohjelmoja**, esimerkiksi:

- ▶ Yhdysvaltalaisen Green Building Councilin kehittämä ”LEED”
- ▶ Isobritannialaisen Building Research Establishmentin kehittämä ”BREEAM”
- ▶ Saksalaisen Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauenin markkinoima ”DGNB”

- ▶ Italialaisen Istituto per la trasparenza, l'aggiornamento e la certificazione degli appalti kehittämä "ITACA".
- ▶ Euroopan komission kehittämä "Level(s)"

Kriteerit voidaan ryhmitellä pääaiheittain, eli jakaa johtamiseen, materiaaleihin, terveyteen ja hyvinvointiin, energiaan jne. Jokaisesta kriteeristä saa **pisteitä** toiminnan laadullisten vaatimusten tai kvantitatiivisen arvioinnin mukaisesti, jotka vaikuttavat rakennuksen saamaan yhteispistemäärään ja lopulliseen luokitukseen. Luokituksessa voidaan käyttää erilaisia asteikkoja, kuten esimerkiksi värejä (hopea, kulta) tai laadullista lausuntoa (hyvä, erinomainen).

Kaikki yllä mainitut ohjelmat on hyväksytty eri laajuudessa rakennuksessa käytettyjen materiaalien osalta rakennusten ekologisen kestävyiden ja/tai luonnonvarojen kulutukseen liittyvien vaikutusten arvioimiseksi. Useimmat ohjelmat arvioivat rakennukset antamalla pisteitä silloin, kun rakennuksessa käytetyillä tuotteilla on ympäristötuoteselosteet tai jos rakennuksessa on käytetty kierrätysmateriaaleja.

# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

## KÄSIKIRJA

3

**Kestävyyden parantaminen  
rakennuksen elinkaaren  
eri vaiheissa**



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# 3

## Kestävyyden parantaminen rakennuksen elinkaaren eri vaiheissa

Ympäristöystävällisten rakennusten kasvava kysyntä tuo haasteita ja mahdollisuuksia raaka-aineiden käytölle. Tavoitteena on rohkaista sellaisten materiaalien käyttöä, joilla on pienempi ympäristövaikutus materiaalin elinkaaren aikana, ja tunnustaa sekä edistää vastuullisesti tuotettujen materiaalien käyttöä sekä rakentamisen alku- että loppuvaiheissa.

Ympäristön kannalta entistä kestävämpien materiaalien käyttö voi tarkoittaa esimerkiksi paikallisesti hankittuja materiaaleja, joissa on vähemmän myrkyllisiä aineita, tai pidemmälle kierrätettyjen materiaalien käyttöä, mikä vähentää osaltaan ympäristövaikutuksia. Siitä huolimatta elinkaari, uudelleenkäyttö ja kierrätys vähentävät koko elinkaaren vaikutuksia, sillä valmistuksessa käytetty ja jätteiden käsittelyyn päätyvä materiaalmäärä vähenee.

Uusiutuvien rakennustuotteiden määrä kasvaa, ja oikein käytettynä tällaiset tuotteet voivat parantaa rakennuksen ympäristöominaisuuksia, kuten esimerkiksi tehostaa käyttöä (energiansiirto, lämpöominaisuudet ja yksinkertainen huolto) sekä käsittelyä käytön päättymisen jälkeen (kierrätys, talteenotto ja hävittäminen).

### 3.1

#### Suunnittelu

Rakennuspaikan valitseminen ei ole helppoa silloinkaan, kun valinnanvaraa on. Tämä seikka jää usein liian vähälle huomiolle, mutta tulevilla naapureilla on todella iso merkitys. Tämä ei ole suorainen kaupunkiasumiseen, maantieteeseen tai edes tekniikkaan tai arkkitehtuuriin liittyvä seikka, eikä se liity suoraan ekologiseen kestävyyteen. Se vaikuttaa kuitenkin eniten asukkaiden arkeen vuosikymmeniä eteenpäin. Kyse ei ole pelkästään siitä, että naapuriksi voi tulla sikatila, kaapelitehdas tai yökerho, jotka voivat pilata ilon uudesta kodista nopeasti. Asumiskulttuuri, naapuruston kyky ottaa muut huomioon ja tehdä yhteistyötä voi tehdä arjesta sujuvampaa, ja toisaalta kovaäänisyys, piittaamattomuus ja jatkuva eripura voivat tehdä asumisesta hyvin vaikeaa.



Nämä ovat sosiaalisia näkökohtia, mutta myös rakennuksen sijaintia ja ilman-suuntia käsitellään tässä käsikirjassa perusteellisesti, sillä myös ne vaikuttavat oleellisesti energiankulutukseen ja ympäristökuormitukseen. Tontin kannalta auringonvalo ja sen aiheuttama lämpökuormitus, ja yllättäen myös tuuliolosuhteet, ovat tärkeimpiä vaikuttavia tekijöitä. Maastonmuodot, kasvillisuus ja itse rakennukset vaikuttavat myös ilman liikkumiseen. Tiiviimmässä rakentamisessa myös rakennusten väliset etäisyydet sekä ympäröivien rakennusten korkeudet ovat tärkeitä, sillä ne vaikuttava julkisivujen lämpökuormitukseen ja luonnonvalon määrään sisätiloissa.

Tontin sijainnilla, eli esimerkiksi sillä sijaitseeko tontti tasaisella maalla vai pohjois- tai etelärinteellä on merkitystä, koska nämä tekijät vaikuttavat rakennuksen sijoitteluun, suunnitteluun ja myös perustuksiin. Unkarissa esimerkiksi suositaan etelään päin avautuvia tontteja ilmansuunnan tarjoaman energiansäästön vuoksi. Toimiva talo voidaan rakentaa myös itä-, länsi- tai jopa pohjoisrinteeseen edellyttäen, että auringonvaloa on riittävästi ainakin tiettyyn vuodenaikaan. Tällöin tulee hyödyntää osaavaa arkkitehtuuri siten, että auringonvaloa hyödynnetään maksimaalisesti silloinkin, kun maasto-olosuhteet eivät ole parhaat mahdolliset.





Varsinainen suunnitteluvaihe voi alkaa sitten, kun tonttia, lakisääteisiä vaatimuksia ja budjettia koskevat rajoitukset on ensin selvitetty. Suunnitteluohjelma antaa käsityksen talon arkkitehtuurista, energiankulutuksesta ja myös suunnittelijan tavoittelemista rakenteellista ja taloteknisistä ratkaisuista. Suunnittelun asianmukainen eteneminen edellyttää suunnittelijoiden tiivistä yhteistyötä. Tässä vaiheessa laaditaan myös ympäristökuormitukseen liittyvät ratkaisut. Tässä käsikirjassa käsiteltyjä materiaaleihin, rakenteisiin, laitteisiin ja järjestelmiin liittyviä aiheita käsitellään yksityiskohtaisemmin jäljempänä, ja ne myös valitaan rakentamisen tässä vaiheessa. Valitut materiaalit vaikuttavat rakentamiseen, rakennuksen muotoon ja arkkitehtuuriin, rakenteeseen sekä kustannuksiin, jotka kaikki vaikuttavat merkittävästi rakennuksen sisällä vallitseviin olosuhteisiin sekä rakennuksen ympäristöön.

Materiaalivalinnoissa tulee huomioida myös ekologiset tekijät, kuten resurssien optimaalinen käyttö, elinkaari, helposti hajoavien materiaalien käytön välttäminen mahdollisuuksien mukaan ja toisaalta myös kierrätysmateriaalien mahdollisimman laaja-alainen käyttö.

Taloa suunniteltaessa ja tiloja sekä niiden muotoa koskevia päätöksiä tehtäessä tilojen mittoja, muotoa ja suuntaa sekä keskinäistä sijoittelua koskevat valinnat määrittävät myös rakennuksen ympäristövaikutukset sekä rakennuksen käyttäjän ja ympäristön välisen suhteen. Tilasuunnittelun näkökulmasta ympäristön huomioiva lähestymistapa tarkoittaa tietoista ja huolellista oikeankokoisten tilojen suunnittelua, jotka ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa ympäröivän luonnon kanssa, ja joiden suunnittelussa huomioidaan päivänvalon lisäksi myös ilmapirrret ja auringonvalon tuottama lämpö.

Seuraavaksi esitellään muutamia kooltaan ja rakennusajankohdaltaan erilaisia esimerkkejä, jotka ovat kuitenkin tietyllä tapaa samankaltaisia. Antiinkin Kreikassa asunnot rakennettiin pääasiassa tontin pohjoispuolelle, ja seinät olivat paksuja eikä ikkunoita juuri ollut. Pilareiden varaan ripustettu katto talon eteläpuolella suojasi auringonpaahteelta kesällä ja esti sisätilojen lämpötilan kohoamisen liian korkeaksi. Toisaalta talvisin matalammalta paistavan auringon valo pääsi sisätiloihin. Perinteisten unkarilaisten maalaistalojen sijainteja tarkasteltaessa ilmenee, että tuulensuunta on ollut eräs merkittävin vaikuttava tekijä auringonvalon hyödyllisten ja haitallisten vaikutusten ohella. Maatilojen

päärakennukset on sijoitettu ensisijaisesti ns. huonommalle puolelle, eli tontin pohjoispuolelle. Unkarilaisten maatilojen päärakennuksille on ominaista avoimen kuistin rakentaminen talon ns. paremmalle puolelle suojaamaan sateelta ja tuulelta, mikä puolestaan vaikuttaa talon lämpöeristykseen samaan tapaan kuin Antiikin Kreikassa. Sillä, oliko tässä kyse varsinaisesta energiatietoisuudesta vai vain jälkeinpäin tehdystä oletuksesta, ei ole sinällään merkitystä. Maatilan päärakennuksen kuisti on eräänlainen sisätilojen jatke, jota hyödynnetään myös nykyarkkitehtuurissa, ja joka on hyödyllinen esteettisesti, toiminnallisesti ja energiankulutuksen näkökulmasta.

Talon suunnittelu vaikuttaa ympäristönsuojeluun ja energiankäyttöön useallakin eri tavalla. Eräs tällainen seikka on pinnan tai tilavuuden suhde, mikä voi johtaa tiivistetympään suunnitteluun, mutta toisaalta taas useat muut tekijät, kuten käytettävyys, arkkitehtuurinen ilme tai mahdollisuus hyödyntää aurinkoenergiaa painavat vaakakuppia suurempien tilojen suunnittelun puolelle. Suunnitteluvaiheessa tulee tehdä jatkuvasti päätöksiä, ja rakennuksen muoto ja integroiminen ympäröivään edellyttää erilaisten aspektien ja höytyjen yhteensovittamista ja kompromissien tekemistä. Matalat harjakatot ja tasakatot ovat levinneet myös maaseudulle. Rakennuttaja tai suunnittelija voi päätyä valitsemaan tällaisen kattotyyppin useastakin syystä, mutta toisaalta kannattaa myös muistaa, että erilaisten sähköntuotantoon käytettävien kennojen asentaminen on paljon helpompaa jyrkemmille katoille, ja myös lopputulos on esteettisempi kuin tasakatoilla.

Myös varsinaiseen rakentamiseen liittyy muutamia huomionarvoisia näkökohtia. Rakennuttaja ei juurikaan voi vaikuttaa varsinaiseen rakentamiseen tai sen organisointiin, mutta ympäristö tulee huomioida myös tässä vaiheessa. Tämä johtuu siitä, että etäisyys ostopaikkaan tulee huomioida materiaaleja valittaessa, sillä materiaalien kuljetuksella on merkittäviä ympäristövaikutuksia. Useimmat materiaaleista eivät tule suoraan tehtaalta, vaan varastosta tai myyjältä, joten erot voivat olla merkittäviä. Ristiriita vallitsee myös puolivalmiiden ja teollisesti valmistettujen materiaalien sekä lähialueilla valmistettujen, ympäristöystävällisten materiaalien välillä. Oikean tasapainon löytäminen voi olla haasteellista. Ympäristö tulee myös huomioida rakennustyömaahan liittyvissä järjestelyissä, eli rakennusurakoitsijan työskentelyalueet, varastointipaikat ja varsinainen työskentely tulee järjestää asianmukaisesti. Eräs toimiva keino on säilyttää olemassa oleva kasvillisuus.

## 3.2 Käyttö

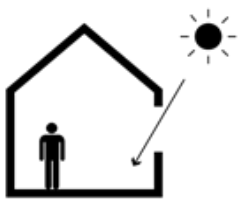
Kodit, asunnot ja asuinrakennukset ovat tiiviisti sidoksissa rakentamisen energiatietoisuuteen ja elinkaareen ilman, että sitä oikeastaan edes huomaa. Rakennusta käytettäessä useilla pienillä teoilla on suuri merkitys ympäristökestävyyden kannalta. Emme välttämättä edes huomaa näitä pieniä tekoja, saati niiden vaikutuksia tai seurauksia. Kuvitellaanpa tilanne, jossa näet jonkun heittävän tupakantumpin kadulle. Saatat olla vihainen kyseiselle henkilölle, ja hänen moukkamaisuutensa ja välinpitämättömyytensä voi jopa raivostuttaa. Tällainen tahallinen roskaaminen on huonoa käytöstä, ja se voi olla myös haitallista terveydelle.

Vaihtoehtoja on kaksi. Voit moittia roskaajaa, joka nostaa sitten tupakantumpin maasta ja laittaa sen roskakoriin. Toisaalta kadunlakaisija voi siivota tupakantumpin pois. Tällöin roskaaja aiheuttaa lisätyötä kadunlakaisijalle, sillä kadunlakaisijan on siivottava roskaajan jäljet. Tupakantumpin siivoamiseen käytetty aika olisi voitu käyttää johonkin muuhun. Toinen vaihtoehto on, että kadunlakaisija ei tule, ja sade huuhtoo tupakantumpin viemäriin. Tupakantumppi päättyy viemäriin, mikä rasittaa viemärijärjestelmää tarpeettomasti. Lisäksi viemärijärjestelmään päättyy myrkkyä. Tämä saattaa vaikuttaa merkityksettömältä, mutta suurien määrien ollessa kyseessä on selvää, että jätteeseen päättyy myös kierrätyskelpoista materiaalia.



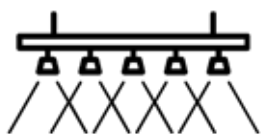
Siksi myös pienillä teoilla on merkitystä. Tarkastellaanpa näitä vaihtoehtoja hiukan perusteellisemmin. Lisää tietoa löytyy käsikirjan muista luvuista.

## Luonnonvalon hyödyntäminen<sup>27</sup>



Kaikki tietävät, että valaistukseen kuluu paljon sähköä. Valaisimet kuluvat ja rikkoontuvat, joten uusia on ostettava tilalle, ja jättemäärä kasvaa entisestään. Valaistuksessa voi säästää helposti. Siksi luonnonvaloa kannattaa hyödyntää tilojen valaisussa. Ikkunat tarjoavat yleensä tarpeeksi luonnonvaloa. Luonnonvalo voidaan hyödyntää tehokkaammin asettelemalla kalusteet oikein. Nojatuoli ja työpöytä kannattaa laittaa lähelle ikkunaa. Kylpyhuoneessa ja wc:ssä tulisi myös olla ikkuna. Jos tilat on suunniteltu oikein, valoja ei tarvita päiväsaikaan. Ikkunat, lasiovet ja tarvittaessa myös kattoikkunat varmistavat luonnonvalon hyödyntämisen. Muutamalla pienellä teolla tarpeetonta keinovalaistuksen käyttöä voidaan välttää, ja samalla säästyy sähköä. Kannattaa myös muistaa, että auringonvalon on tieteellisesti todistettu vaikuttavan positiivisesti mielialaan.

## Laita valot päälle vain silloin, kun sitä tarvitaan<sup>28</sup>



Merkittävää säästöä saadaan valitsemalla valaisimet ja suunnittelemalla valaistus huolellisesti. Samalla tulee pyrkiä myös vähentämään uusien laitteiden ostamista ja siten syntyvän jätteen määrää. Perusteellisesti suunnitellulla ja sijoitetulla valaistuksella varmistetaan asianmukainen tilojen valaistus ja merkittävä sähkösäästö. Tiloihin asennettavat laitteet tulee suunnitella huolellisesti, ja myös valaistustarve tulee huomioida. Kahdensadan watin lampusta ei ole mainittavaa hyötyä, jos valo tulee takaapäin. Tällaisesta valaistuksesta ei ole lainkaan hyötyä, ja se aiheuttaa vain turhia hankintoja ja tarpeetonta jätettä. Rakennusta suunniteltaessa asuntojen yleisvalaistus tulee suunnitella, eikä valonkäyttöön saa yrittää vaikuttaa liikaa ennakkoon. Yleisvalaistusta voidaan käyttää sen nimenomaiseen tarkoitukseen, eli tilojen yleiseen valaisemiseen. Sähköverkon suunnittelussa tulee huomioida siirrettävät valaisimet ja muuttuvat tarpeet. Työskentelyyn ja opiskeluun käytettävissä tiloissa pöydät tulee valaista myös riittävällä päivänvalolla.

27 Kuva: Seona Kim, KR, Noun Project

28 Kuva: Nuttapon Pohnprompratahn, TH, Noun Project

## Sopivien valaisimien valitseminen<sup>29</sup>



Nykyaikaisia ja energiaa säästäviä valaisimia, kuten vaikkapa ledejä, on yleisesti saatavilla. Perusteellisempaa tietoa aiheesta löytyy kohdasta 6.2.

## Luonnollisen varjon hyödyntäminen<sup>30</sup>



Eräs suurimpia rakennuksiin liittyvä ongelmia on ei-toivotun auringonvalon välttäminen. Rakennuksien jäähdyttäminen kuluttaa paljon energiaa, joten koneellista jäähdytystä tulee käyttää säästeliäästi. Ensimmäinen keino on rakennuksen oikea sijoittaminen ilmansuuntiin nähden. Liiallisen auringonvalon välttämisen, ja toisaalta riittävän luonnonvalon varmistamisen, sekä talvisin auringonvalon lämmityksessä hyödyntämisen välillä vallitsee selkeä ristiriita. Lisäksi nämä olosuhteet myös vaihtelevat alueittain. Hyvin valmistautunut suunnittelija pystyy ratkaisemaan nämä ongelmat. Rakennuksen oikean sijoittamisen lisäksi on myös muita työkaluja ja rakenteellisia keinoja, jotka suojaavat rakennusta liialliselta auringonvalolta ja estävät siten liian korkean huonelämpötilan. Kasvillisuutta voidaan hyödyntää esteettiseen riittävän varjon tarjoamiseen. Harkitulla puiden istuttamisella ja muilla istutuksilla on varmistettu riittävän viileät tilat kesäisin jo ammoisista ajoista lähtien, ja toisaalta lehdettömät puut ja kasvit eivät talvisin estä päivänvalon pääsyä tiloihin. Rakennuksen suunnittelu, räystäät ja kuistit sekä katetut terassit auttavat välttämään liiallisen auringonpaahteen. Erilaisia luonnonmateriaaleista valmistettuja varjostavia rakenteita on myös saatavilla. Moottoroitujen varjojen käyttöä tulisi kuitenkin aina välttää huolimatta siitä, että ne ovat käteviä. Lisää tietoa erilaisista ratkaisuista liiallisen auringonvalon välttämiseen löytyy kohdasta 5.2.

## Painovoimaisen ilmanvaihdon hyödyntäminen<sup>31</sup>



Ilmanvaihdossa voi säästää helposti. Siksi luonnollista ilmanvaihtoa kannattaa hyödyntää tiloissa. Jos alueen ilmanlaatu on hyvä, eivätkä rakennuksen asukkaat kuulu riskiryhmiin, ilmanvaihto voidaan varmistaa riittävällä raitisilman ohjaamisella tiloihin. Ilmanvaihto on

29 Kuva: icon 54, Noun Project

30 Kuva: H Alberto Gongora, Noun Project

31 Kuva: Tomas Knopp, Noun Project

keskustelua herättävä aihe, ja mielipiteitä on monta. Toiset suosivat koneellista ilmanvaihtoa, ja sillä onkin omat etunsa. Asianmukaisella lämmöntalteenotolla varustetut ilmanvaihtojärjestelmät ovat riittävän energiatehokkaita, sillä poistoilman lämpö hyödynnetään. Lisäksi ilma vaihtuu jatkuvasti. Tarvittaessa järjestelmään asennetut riittävät suodattimet suodattavat myös siitepölyn ja muut allergiaa aiheuttavat hiukkaset. Nämä hyödyt kannattaa pitää mielessä. Painovoimainen ilmanvaihto on hyvä vaihtoehto, jos allergiariskiä ei ole tai se rajoittuu tiettyihin ajankohtiin, ja rakennus sijaitsee alueella, missä ei tarvita lämmitystä useita kuukausia vuodessa. Lisää tietoa erilaisista rakennusten ilmanvaihtoon liittyvistä ratkaisusta löytyy kohdasta 6.1.b.

### Veden säästäminen<sup>32</sup>



Vesi on tulevaisuuden strateginen raaka-aine. Juomavesi on epäilemättä valtava etu, jonka saatavuudessa on huomattavia alueellisia eroja. Veden säästäminen on äärimmäisen tärkeää. Tämä ei tietenkään tarkoita sitä, etteikö kylvyssä voisi käydä tai etteikö vettä saisi juoda. Säästäminen tapahtuu miettimällä asiat etukäteen. Vettä voidaan säästää huomattavasti suihkussa käytäessä, pyykkiä pestäessä, astioita pestessä ja istutuksista sekä viherkasveista huolehdittaessa. Valitsemalla sopivat laitteet ja hanat säästetään merkittävästi vettä kylpyhuoneessa ja keittiössä. Jos käyttötottumukset ovat väärät, edes ammattikäyttöön tarkoitettut laitteet ja rakennelmat eivät auta säästämään vettä. Jokaisen on kiinnitettävä huomiota omiin vedenkulutustapoihinsa. Pyykinpesukoneet ja astianpesukoneet käyttävät paljon vettä, joten vedenkulutus tulee huomioida laitetta hankittaessa. Veden säästäminen tulisi huomioida jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa. Harmaan veden käyttäminen wc:n huuhteluun edellyttää asianmukaisesti suunniteltua sekä rakennettua putkistoa. Nämä seikat on huomioitava hyvissä ajoin etukäteen. Tällaisen verkoston rakentaminen edellyttää hiukan suurempaa investointia, mutta samalla vettä voi säästyä paljon. Hanavettä ei tulisi käyttää kasvien ja istutusten hoitoon, kuten vaikkapa puutarhan kasteluun. Helpoin tapa säästää vettä on kerätä sadevettä. Sadevettä voidaan kerätä myös muilla tavoilla kuin omakotitalojen sadevesisäiliöillä. Kerrostaloissakin voidaan kerätä sadevettä, jota voidaan sitten käyttää pihakasvien kastelemiseen.

---

32 Kuva: Luis Prado, Noun Project



## Omien vihannesten ja hyötykasvien viljeleminen<sup>33</sup>



Ensisilmäyksellä tämä ei vaikuta liittyvän rakentamiseen. Se voi pitää paikkansa, mutta pienempiä yhteyksiä löytyy, kun asiaa tarkastellaan hiukan lähemmin. Vihanneksia viljelemällä valitsemme ne kasvit, joita todella tarvitsemme, ja viljelymäärät vastaavat myös todellista tarvetta. Omista kasveista huolehditaan paremmin, ja myös lannoitteiden käyttäminen on vähäisempää. Itse kasvatettuja vihanneksia ei tarvitse kuljettaa kaukaa tai mahdollisesti jopa ulkomailta, joten kuljetusta ei tarvita. Tämä tarkoittaa puolestaan vähemmän liikenteen ja ajoneuvojen saasteita. Vihanneksia voidaan viljellä myös suurempina määrinä kasvihuoneissa, mutta jo muutaman hyötykasvin kasvattaminen kotona onnistuu myös terassilla, parvekkeella tai jopa ikkunalaudalla. Kotona viljeltäväksi voidaan valita vain sellaisia kasveja, joita haluamme syödä tiettyyn vuodenaikaan, eli säilytystilaa tarvitaan vähemmän, ja jääkaappikin voi olla pienempi. Kotona kasvatettavat kasvit voidaan valita huolella, joten myös jätettä syntyy vähemmän.

## Kompostointi<sup>34</sup>



Kompostointiin liittyy useita etuja. Jätekuljetuksia eikä lannoitteita tarvita. Näin liikenteestä ja kemikaalien käytöstä johtuva saastuttaminen vähenee. Kompostoitu aines voidaan palauttaa takaisin maaperään käyttämällä multaa vaikkapa omien kasvien viljelyssä. Kompostimullassa on runsaasti ravintoaineita. Kompostoinnista on saatavissa runsaasti tutkittua tietoa. Sopiviin vaihtoehtoihin kannattaa perehtyä huolellisesti. Kompostimullan laajamittainen säilytys ja käsittely tapahtuu yleensä kasvihuoneissa, mutta pienimuotoinen kompostointi onnistuu myös kerrostalossa. Oikein hoidettu komposti ei haise, ja oikein kompostoidun mullan käyttöön ei liity mitään asukkaita häiritsevää. Paras vaihtoehto on asukkaiden yhdessä suunnittelema ja käyttämä komposti.

33 Kuva: Icongeek26, Noun Project

34 Kuva: Bakunetsu Kaito, Noun Project

## Jätteiden lajittelu jo alkuvaiheessa<sup>35</sup>



Jos ongelmaan tartutaan heti alkuvaiheessa, se voidaan ratkaista helpommin ja vähemmällä vaivalla. Jätteet tulee lajitella heti niiden syntypaikassa. Lajiteltavien jätteiden noukkiminen sekajätteestä on hankalaa ja turhaa työtä. Tämä voidaan välttää helposti asianmukaisesti suunnitelluilla jäteastioilla ja niiden ylläpidolla.

Mahdollisuudet ja säännöt vaihtelevat maittain sekä rakennuksittain, joten on oikeat säännöt ja käytännöt tulee selvittää. Jäteastiat on valittava olosuhteiden mukaan. Jätteiden lajittelusta asianmukaisiin astioihin tulee helposti tapa. Tyypeittäin lajiteltu ja kerätty jäte vähentää turhaa työtä sekä polttoaineen kulu- tusta. Samalla edistetään myös materiaalien uusiokäyttöä.

## Materiaalien uusiokäyttö<sup>36</sup>



Käytettyjen ja ylijäämämateriaalien uusiokäyttöön on useita eri- laisia mahdollisuuksia. Useimmat näistä ovat jo käytössä parhaina käytäntöinä, ja ne kannattaa ottaa käyttöön myös muualla. Uusia ratkaisuja voidaan kehittää kotitalouskohtaisesti, mutta tärkeintä on kuitenkin noudattaa niitä.

Esimerkiksi muovipulloja voidaan käyttää säilytykseen sen sijaan, että ne hei- tettäisiin roskeen. Myös paperia voidaan käyttää monella tapaa uudelleen, joskin useissa asuintaloissa paperi kerätään ja kuljetetaan pois erikseen. Oikein lajiteltu biojäte voidaan kompostoida, jolloin sitä ei tarvitse kuljettaa pois, ja samalla saadaan runsasravinteista multa.

Me kaikki tiedämme, että kierrättäminen on tärkeää. Kierrättämällä vähenne- tään jätteen määrää. Liikenne saastuttaa vähemmän, ja myös raaka-aineiden tarve vähenee, kun materiaalit kierrätetään ja käytetään uudelleen.

35 Kuva: mynamepong, Noun Project

36 Kuva: Chanut is Industries, Noun Project



## Älykodit ja ohjausjärjestelmät

Älykodit yleistyvät nopeaa tahtia. Älykotiratkaisuja hyödyntämällä voimme suunnitella talot sekä asunnot paremmin ja vähentää siten energiankulutusta. Valmiiksi ohjelmoituja termostaatteja on käytetty jo pitkään, ja niiden avulla lämmitys voidaan säätää ennalta vastaamaan tarvetta. Älykkäiden ratkaisujen ja ohjausjärjestelmien avulla lämpötilaa ja lämmitystä voidaan ohjata ohjelmistolla, kuten myös valaistusta, auringonvalolta suojautumista ja myös kodinkoneiden toimintaa. Etukäteen suunnittelemalla säästyy sekä aikaa että myös merkittäviä määriä sähköä. Älykotijärjestelmät mahdollistavat kotien etäohjauksen, joten muutoksia voidaan tehdä aina tarvittaessa.

Lisää tietoa älykotiratkaisuksista löytyy kohdasta 6.4.

# 3.3 Peruskorjaus ja kunnossapito

## Rakennuksen kunnossapidon suunnittelu<sup>37</sup>



Jos rakennuksen kunnossapito suunnitellaan ennakoon, mahdollisten vikojen aiheuttamia vahinkoja on vähemmän. Ensimmäiset askeleet tähän suuntaan otetaan suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Hyvän rakennuksen avaintekijöitä ovat toimiva pohjaratkaisu, asianmukainen valaistus, hyvin suunniteltu energiankulutus ja nykyaikaisen talotekniikan hyödyntäminen. Suunnitteluvaiheessa tulee valita huolellisesti laadultaan ja teknisiltä ominaisuuksiltaan sopivat rakennustuotteet. Vastuu on suunnittelijalla. Tämä on ehdottoman tärkeää hyvän laadun varmistamisen kannalta. Laadukkaita ja käyttötarkoitukseen sopivia rakennustuotteita käytettäessä varmistetaan rakennuksen pysyminen paremmassa kunnossa ja helppo kunnossapito.

<sup>37</sup> Kuva: Lihum Studio, Noun Project



Rakennuksen kunnossapitotiedot sisältävä käsikirja on tarpeellinen. Jokaisen rakennustuotteen ja rakennuksen rakenteen edellyttämät tarkastusvälit voidaan näin määritellä. Tämän voi tehdä joko suunnittelija tai rakennustuotteiden valmistajat. Rutiinitarkastukset ovat rakennuksen kunnossapidon ensimmäinen askel. Valmistaja voi esimerkiksi määrittää ohjekirjassaan, että ovet ja ikkunat tulee tarkastaa säännöllisesti, ja valmistaja voi antaa ohjeita myös niiden käytöstä. Samaan tapaan laitteiden ja asennusten valmistajat laativat omat tarkastus- ja kunnossapito-ohjeensa.

Rakennuksissa on myös sellaisia osia, jotka eivät suoranaisesti liity rakennustuotteisiin, mutta joiden ennaltaehkäistävissä olevat vauriot voivat kuitenkin vaurioittaa rakennusta. Useimmat ongelmat johtuvat väärään paikkaan pääseestä vedestä. Viemäreiden puhdistaminen ja tukkeutumisen estäminen voivat auttaa välttämään vesivahingot. Piilevät putkirikot voivat toisinaan ilmetä suurempana vedenkulutuksena. Veden tuhlaaminen ja rakenteiden vaurioituminen on estettävissä.

Toinen säännölliseen kunnossapitoon olennaisesti vaikuttava tekijä on tarkastuksissa tai yllättäen ilmenneiden vikojen korjaaminen viipymättä. Irronneen kaakelin vaihtaminen voi estää koko lattian kastumisen, josta puolestaan aiheutuu lisää vahinkoa. Aukkaat harvemmin tarkastavat tasakaton eristystä, joten säännöllistä tarkastusta tarvitaan. Ajoissa havaittu vika voi estää vakavammat vauriot, kuten vesivahingot, lämpöeristysten kastumisen, ja siitä johtuvan lämpöeristysten heikkenemisen sekä myös rakenteille aiheutuvat vauriot.

Julkisivun tai esimerkiksi rappauksen pienet vauriot voidaan korjata helposti. Korjaamatta jättäminen voi johtaa julkisivun rappauksen tai materiaalien suurempiin vaurioihin. Julkisivun vauriot eivät ole pelkkä esteettinen ongelma. Esimerkiksi rakenteisiin päässyt vesi voi aiheuttaa huomattavasti suurempia vaurioita paljon suuremmalla alueella.

Säännöllinen kunnossapito kannattaa dokumentoida kirjallisesti omassa taulukossaan, josta ilmenevät päivämäärien lisäksi myös havaitut viat, tehdyt toimenpiteet ja korjaukset. Asuntoa tai taloa myyessä nämä tiedot auttavat ostajaa ja herättävät luottamusta.

## 3.4 Purkaminen

Purkaminen ei yleensä ole rakennuksen käyttäjän tai asukkaan vastuulla. Purkutyöt tulee jättää alan ammattilaisille. Rakennusta purettaessa asukkaat eivätkä omistajat ole paikalla.

Purkaminen tulee suunnitella etukäteen ottaen huomioon kaikki työsuojelua koskevat määräykset sekä muut paikalliset määräykset. Lainsäädäntö voi edellyttää purkulupaa tai purkuilmoitusta, mutta on myös mahdollista, että tällaista velvoitetta ei ole lainkaan. Suojeltuja rakennuksia ei saa purkaa missään maassa ilman tiukkaa valvontaa ja asianomaisia lupia. Sivurakennusten tai rakenteiden avulla purettavaan rakennukseen yhdistettyjen muiden rakennusten purkamiseen sovelletaan myös tiukkoja määräyksiä. Purkutöiden asiantuntijat vastaavat työn suunnittelun mukaisesta ja ammattitaidolla sekä turvallisesti toteuttamisesta. Useita eri materiaaleja käsittäviin purkutöihin sovelletaan tiukkoja vaatimuksia, ja lisäksi suojavarusteita on käytettävä vaarallisia materiaaleja purettaessa ja siirrettäessä. Nämä säännöt pätevät purkamisesta johtuvaan teknisten palvelujen väliaikaiseen sulkemiseen, naapureiden turvallisuuden varmistamiseen ja työn ammattitaitoiseen sekä turvalliseen suorittamiseen.

Purkuvaiheessa muodostuu paljon purkujätettä ja muuta jätettä, jota on seurattava ja dokumentoitava jatkuvasti, joten myös kertyvän jätteen määrä tulee arvioida ja huomioida ennen purkutöitä. Purkujäte ei ole pelkästään ongelma, vaan

sitä voidaan myös hyötykäyttää. Purkujätteellä on olennainen rooli luonnonvarojen järkevässä käytössä sekä materiaalien hallinnassa. **Jätehuolto** auttaa vähentämään muodostuvan jätteen määrää, suojautumaan jätteiden haitallisilta vaikutuksilta sekä keräämään jätettä.



Suurien määrien vuoksi Euroopan unioni on luokitellut rakennus- ja purkujätteen ensisijaiseksi ”jätevirraksi”, ja tavoitteena on nostaa EU:ssa tuotetun jätteen kierrätysaste 70 %:iin vuoteen 2020 mennessä. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi Euroopan parlamentti antoi 24. toukokuuta 2012 päätöksen resurssitehokkaasta Euroo-

pasta. Näistä haasteista huolimatta jätteiden kierrätyksessä ja uudelleenkäytössä on edelleen esteitä eri puolilla Eurooppaa, sillä rakennus- ja purkujätteestä valmistettujen tuotteiden laatua epäillään ja mahdolliset terveysriskit huolestuttavat monia.

Euroopan komissio hyväksyi uuden kiertotalouden toimintasuunnitelman maaliskuussa 2020, joka on uusi eurooppalainen kestävän kasvun agenda.<sup>38</sup>

Rakentamisen ja purkamisen yhteydessä muodostunut jäte sisältää useita materiaaleja. Seassa voi olla tiiliä, kattotiiliä ja muuta keraamista ainesta, puuta, lasia, bitumia, metallia, betonia ja paljon muuta. Jätehuoltomääräykset määrittävät omat sääntönsä kunkin materiaalin käsittelylle, säilyttämiselle ja kuljetukselle.

Rakennus- ja purkujäte jaetaan materiaalin mukaan kahdeksaan pääasialliseen ryhmään:

- ▶ kaivettu maa-aines
- ▶ betonijäte

---

38 [https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan\\_hu](https://ec.europa.eu/environment/strategy/circular-economy-action-plan_hu)

- ▶ asvalttijäte,
- ▶ puujäte,
- ▶ metallijäte,
- ▶ muovijäte,
- ▶ rakennus- ja purkusekajäte,
- ▶ mineraalipohjainen rakennusjäte

Yllä mainittuihin ryhmiin kuuluvat jätteet tulee kerätä erikseen muista. Sellainen jäte, jota ei voida kerätä ja kierrättää paikallisesti, tulee viedä asianomaiselle kaatopaikalle haudattavaksi.

Rakennus- ja purkujäte on yleensä kiinteää, epäorgaanista, vaaratonta jätettä, mutta usein se sisältää myös vaarallisia ja jopa terveydelle vaarallisia aineita. Tällaisia aineita ovat esimerkiksi maalit, liuottimet, puunsuoja-aineet yms. aineet, jotka syttyvät tai räjähtävät herkästi, ovat myrkyllisiä, aiheuttavat ärsytystä, korroosiota, allergioita tai syöpää. Näitä aineita ei saa sekoittaa muuhun jätteen missään olosuhteissa.

Rakennus- ja purkujätettä voidaan sen sijaan käyttää raaka-aineena tai uusien tuotteiden valmistukseen, jos tällainen jäte kerätään erikseen ja käsitellään oikein. Luonnollisesti teräs ja rauta sekä hiiletön romumetalli voidaan kierrättää. Alumiinin kierrättäminen on erityisen tärkeää tehokkaan energiansäästön vuoksi. Paperi, lasi, kumi ja muovi voidaan myös käyttää uudelleen. Betonielementit, sora, hiekka, tiilet ja kiviaines voidaan käyttää maaperän vahvistamiseen sekä täyttämiseen, ja sitä voidaan käyttää myös maanalaisissa rakennelmissa, penkereissä ja meluaidoissa.

Rakennuttaja toimii oikein huomioidessaan sekä rakentamisen aikana että rakennuksen purkamisen jälkeen muodostuvan purkujätteen määrän rakennusmateriaaleja ja -tuotteita valitessaan. Meidän tulee pyrkiä käyttämään mahdollisimman vähän sellaisia materiaaleja, joita ei voida käyttää uudelleen tai joista aiheutuu vaarallista jätettä.



# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

## KÄSIKIRJA

4

**Tuotteet,  
rakenteet,  
talotekniikkajärjestelmät**



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# 4

## Tuotteet, rakenteet, talotekniikkajärjestelmät

Käsikirjan täysi hyödyntäminen edellyttää yhteisiä käsityksiä samoista ilmiöistä ja otsikoista ja, kääntäen, samojen asioiden määrittämistä samalla tavalla. Tätä varten on olemassa ohjeellinen luettelo tärkeimmistä käsitteistä ja ilmaisuista. Jokapäiväisessä kielenkäytössä asiat nimetään eri tavoin, ammattikielessä, lakikielessä ja termistössä puolestaan on omat ilmaisunsa.

Muinaisina aikoina ihmiset etsivät ensisijaisesti suojaa, ja myöhemmin rakentamisen yleistyttyä, he tekivät itselleen kodin, ja niin toimien muuttivat ympäristöään. Rakennettu ympäristö muotoutui, kun osa ympäristöstä rajattiin tietoisin rakentamisen seurauksena. Ihmiset rakensivat itselleen talon, mutta ammatti- ja lakikielet puhuvat rakenteista, joka on kollektiivinen termi. Rakenteita, joita tyypillisesti käytetään asumiseen, kutsutaan rakennuksiksi.

Koti, jota myös asunnoksi kutsutaan, on erillinen pitkäaikaista oleskelua varten rakennettu yksikkö, joka sisältää asuin-, ruoanlaitto-, saniteetti- ja varastotilat sekä muunneltavia tiloja. Rakennukset koostuvat rakenteista, joiden komponentit ovat tarkalta nimitykseltään rakennusmateriaaleja, kiinteästi rakenteisiin kuuluvia rakennustuotteita, joilla on merkittävä tehtävänsä rakenteen ”toiminnassa”.

Eri rakennustyypeillä on myös omat tarkat määritelmänsä. Aiheemme näkökulmasta merkityksellisiä ovat asuinrakennukset, joihin tyypillisesti kuuluvat asuintilat liittyvine huoltotiloineen. Asuinrakennuksia on lukuisia eri tyyppisiä. Yleisimpiä ovat yhden perheen omakotitalot, lyhyemmin ”omakotitalot”, ja monikerroksiset useita huoneistoja käsittävät kerrostalot, lyhyemmin ”osakehuoneistot”. Oma tyyppinsä on paritalo, jossa kahden vierekkäisen tontin yhteisellä puolella on kaksi erillistä rakennusta erillisillä talorakenteilla ja jonka muodostama kokonaisuus näyttää ulospäin yhdeltä rakennukselta. Ryhmätalo taas

on oma erillinen luokkansa; ryhmätalosta on useita versioita: rivitalo, ketjutalo ja atriumtalo. Yhteistä niille on yhdessä vaiheessa toteutettava rakentaminen, sarjaan liitetyt erilliset talorakenteet ja tyypillisesti sama tai samanlainen arkkitehtoninen suunnittelu.

## 4.1 Talorakenteita ja rakennuksia koskevat vaatimukset

Rakennuksissa käytettäville rakennusmateriaaleille ja talorakenteille on asetettu perusvaatimukset pitkäkestoisen, terveellisen ja turvallisen käytön varmistamiseksi.

Nämä olennaiset vaatimukset ovat:

### Mekaaninen kestävyys ja stabiilius



Rakennusten tukirakenteen oletetaan kestävän odotetut kuormitukset – muut talorakenteet (esim. katto), oma paino, käytöstä johtuvat vaikutukset (esim. kalusteet, ihmiset) jne. – ilman syntyvää vahinkoa, vähintään niiden tarkoitetun elinkaaren ajan.

### Paloturvallisuus



Suunnitteluvaiheessa rakennukset on konfiguroitava minimoimaan mahdolliset tulipalovauriot. Palontorjunnan ensisijainen tarkoitus on ihmishenkien suojaaminen. Aktiivisten palontorjuntalaitteiden (sammutuslaitteisto) ja passiivisten järjestelmien laitteet (tavanomaisen palontorjunnan lisäksi) – tämä tarkoittaa sitä, että rakennusmateriaalit valitaan ja rakenteet suunnitellaan siten, että ne eivät edistä tulen leviämistä ja säilyttävät tuki- ja erotustoimintonsa ainakin pelastustoimien ajan.



## Hygienia, terveys ja ympäristö



Rakennukset eivät saa aiheuttaa vaaraa terveydelle. Siksi valittujen rakennusmateriaalien on oltava sellaisia, että käytön aikana ei pääse erittymään mitään haitallisia aineita (esim. haihtuvia yhdisteitä, pieniä alkukuituja). Rakennusmateriaalien tuotannon ja kuljetusten ympäristövaikutuksia on myös pyrittävä vähentämään mahdollisimman paljon (eri rakennusmateriaalien erityiset ympäristövaikutukset kuvataan tarkemmin liitteessä).

Tähän sisältyy myös rakennusten suojaaminen vedeltä ja kosteudelta. Rakennuksen käytön aikana syntyy merkittävä määrä höyryä (esim. ihmisten hengityksestä). Tällaista tiivistymistä on vältettävä sisätiloissa, koska talorakenteen mahdollisen vaurioitumisen lisäksi se luo suotuisan ympäristön homeelle. Tämä voidaan välttää, jos rakenteet ovat höyryn suhteen ”avoimia ulospäin”, mikä tarkoittaa sitä, että sisältä ulospäin siirryttäessä materiaalikerrokset ovat aina toistaan enemmän höyryä läpäiseviä (ns. höyryn diffuusiovastus niissä on pienempi). Lisäksi suunnittelussa on otettava huomioon – varsinkin rakenteen kylmemmissä kohdissa – lämpösiltojen muodostumisen välttäminen. Maaperän kosteudella on samanlainen vaikutus (se voi vahingoittaa rakennetta ja edistää homeen esiintymistä), joten sitä vastaan on suojauduttava vesieristyksellä.

Suojaus haitallisilta ympäristövaikutuksilta (esim. radonsäteily) on myös osa tätä perusvaatimusta.

## Käyttöturvallisuus



Rakennukselta odotetaan käytön aikana turvallisuutta, mihin sisältyy se, että mitään vaarallisia elementtejä (esim. säleitä) ei ole paikoissa, joissa ne voisivat aiheuttaa vammoja asianmukaisessa käytössä (esim. seinät, ikkunat jne.), että lattiapäällysteet ovat luistamattomia pintoja ja että odotetusta käytöstä ei aiheudu vahinkoa rakennusmateriaalille (esim. portaiden kaide kestää nojaamisen).

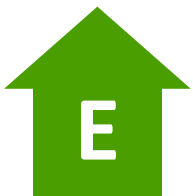
Tilojen on oltava suojattuja myös rakennusten rajaavien rakenteiden (seinä, katto, ikkuna ja ovi) osalta.

## Suoja melua ja tärinää vastaan



Ääni etenee kahdella tapaa: ilmassa ja rakenteiden kautta. Suoja ilmassa kantautuvaa (esim. keskustelu viereisessä huoneessa) ääntä vastaan voidaan saavuttaa suurimassaisella rakenteella tai pehmeäpintaisella akustiikkamateriaalilla (esim. kivivilla, lasivilla). Ääni leviää rakenteissa – talorakenteet – (esim. askeleet yläkerrassa, tälöin puhutaan askeläänestä). Mitä tiheämpi rakennusmateriaali, sitä parempi äänenjohtavuus, suojaus sitä vastaan voidaan siis saavuttaa pehmeällä materiaalilla – oikeanlaisella rakennesuunnittelulla.

## Energiansäästö ja kuumuudenkestävyys



Rakennusten energiatehokkuuden osalta lämpösuojauksella on keskeinen tehtävä. Merkityksellisiä käsitteitä tässä ovat lämmön varastointi ja lämmöneristys. Lämpöä varastoituu esim. talvella lämmitetyn huoneen seiniin, joista se sitten ”säteilee” takaisin sisälämpötilan laskiessa. Mitä tiheämpi materiaali, sitä paremmin se varastoi lämpöä. Lämmöneristys toisaalta estää sen takana olevaa materiaalia tai tilaa imemästä lämpöä toiselle puolelle (suojaen siten lämmitettyä tilaa jäähtymiseltä). Tällöin suhde on päinvastainen, kevyemmät materiaalit ovat tyypillisesti hyviä lämmöneristeitä.

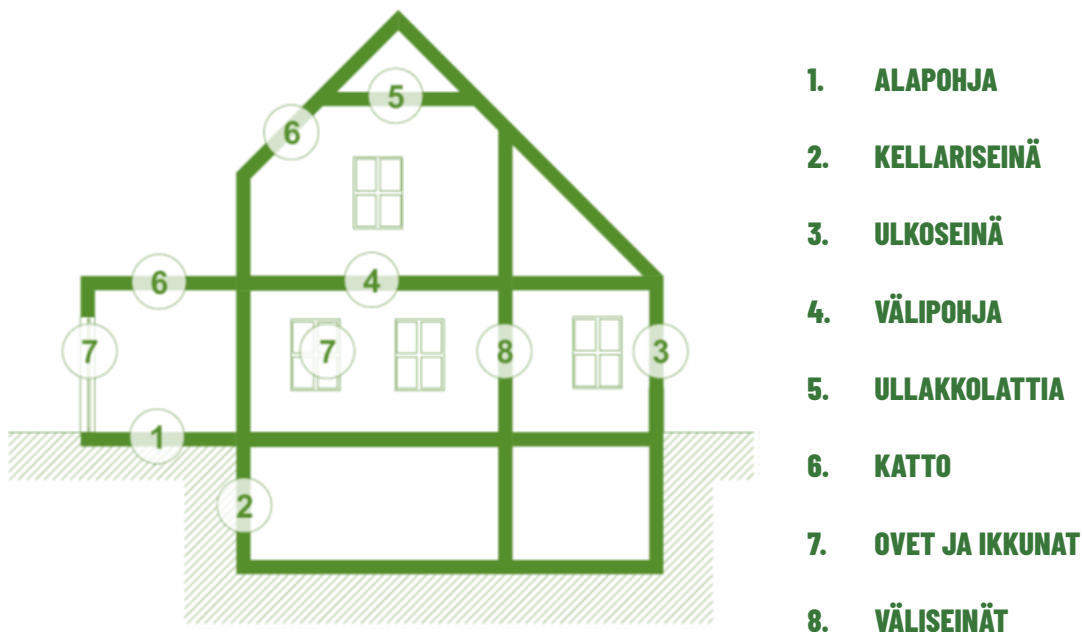
## Luonnonvarojen ekologisesti kestävä käyttö



Tämä olennainen vaatimus koskee osittain rakennusmateriaalien valmistusta ja osittain niiden ympäristövaikutuksia käytön aikana. Rakennusmateriaalien tuotanto on taakka ympäristölle, ja sitä on pyrittävä keventämään niin paljon kuin mahdollista. Tämä riippuu osittain valmistustekniikasta, mutta siihen voidaan vaikuttaa myös sillä, että materiaaleja käytetään vain tarvittava määrä. Lämmöneristysmateriaalilla esim. on tietty paksuus, jonka jälkeen energiansäästö ei materiaalia lisäämällä enää parane. Jos lähes samalla tuotannosta aiheutuvalla ympäristökuormituksella voidaan tuottaa ominaisuuksiltaan parempi lämmöneristysmateriaali (esim. sileä EPS ja grafiitti-ESP), se on silloin ekologisesti kestävämpi, tämä on lämmöneristykselle tyypillistä.

## 4.2 Talorakenteet

Rakennus koostuu useasta keskeisestä rakenneosasta, ja niistä on erilaiset odotukset. Tämä luku antaa yleiskuvan talorakenteista, niiden toiminnasta ja tyypillisimmästä koostumuksesta.

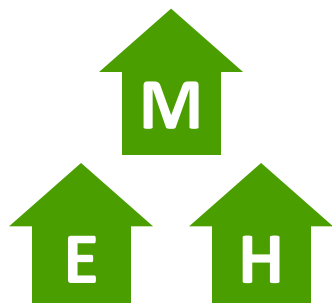


Kuva 9: Rakennuksen pääasialliset rakenneosat

### ALAPOHJA

Rakennuksen alin taso, joka on suorassa kosketuksessa maahan. Kellarillisessa rakennuksessa se on kellari, ja jos rakennuksessa ei ole kellaria, pohjakerroksen lattiarakenne.

## Vaatimukset ja niistä seuraavat tehtävät:



- ▶ muodostaa kiinteän, tasaisen, käveltävän tason
- ▶ eristys maaperän kosteutta vastaan (maaperästä nouseva höyry ja kosteus, pohjavesi)
- ▶ lämmöneristys maaperän kylmyyttä vastaan
- ▶ eristys maaperän radonia vastaan<sup>39</sup>

### Tyypillisiä rakenteita



#### *Edut*

- taloudellisesti toteutettavissa
- luja

#### *Haittapuolet*

- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- toteutus säästä riippuva
- myöhempi korjaus/kunnostus vaikeampaa



#### *2. Kevyet rakenteet*

Kun kyseessä on kevyt rakennustekniikka, rakennuksen alimman tason lattian ei välttämättä tarvitse olla monoliittinen, se voi hyvin koostua jonkinlaisesta runkorakenteesta (puu tai teräs). Tällöin rakenne ei yleensä ole suorassa kosketuksessa maaperään, vaan on siitä enemmän tai vähemmän koholla. Tarvitaan myös kerroksia, jotka mahdollistavat vaadittavat toiminnot (tasainen, kiinteä, jatkuva taso; vesi-, lämmön- ja radoneristys, kulutuspinnan suunnittelu ja toteutus). Tässä painotus on enemmän lämmöneristyksessä.

#### *Edut*

- työvoiman tarve paikan päällä vähäinen
- toteutus ei niin paljon säästä riippuva
- helppo korjata/kunnostaa

#### *Haittapuolet*

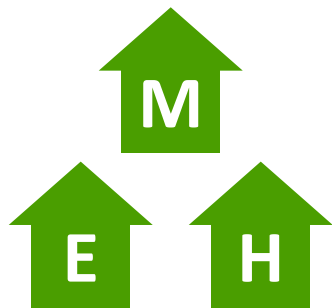
- rakenteellinen toteutus vaativampi
- toteutus vaatii ammattiosaamista

<sup>39</sup> Radon on väritön, hajuton, luonnon radioaktiivinen kaasu, jota löytyy maankuoresta. Se tulee asuntoihin maaperän kautta. Sen radioaktiiviset hajoamistuotteet tarttuvat ilmassa oleviin pölyhiukkasiin, jotka hengitettynä voivat vahingoittaa keuhkoja.

## KELLARISEINÄ

Kellarillisissa rakennuksissa seinät tukeutuvat perustuksiin ja ulottuvat kellarin ylärakenteisiin saakka. Tämä on kellarin ja maan välinen pystysuora rakenteellinen rajapinta. Se on rakennuksen pystysuorat kuormat vastaanottava tukirakenne, mutta voi olla suunnittelultaan myös erilainen.

### Vaatimukset ja niistä seuraavat tehtävät:



- ▶ kantava rakenne (ei aina) – kestää rakennuksen pystysuuntaiset kuormat
- ▶ maanpainekestävyys
- ▶ vesieristys
- ▶ lämmöneristys

### Tyypillisiä rakenteita



#### 1. Monoliittirakenne

Rakennustyömaalla valmistettu betoni tai, jos kuormitukset ovat huomattavat, teräsbetonirakenne, johon voidaan lisätä lämmön- ja vesieristys. Tätä ratkaisua käytetään yleensä silloin kun kestettävänä on huomattavan suuri kuormitus (esim. suuret pohjavesimäärät, syvä kellari, korkea rakennus).

#### *Edut*

- suuri kantavuuskyky
- asianmukaisesti vahvistettuna kestää sivupainetta
- murtunut vesieristys aiheuttaa vähemmän ongelmia

#### *Haittapuolet*

- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- vaatii muotituksen
- kallis

## Typical structures



### *2. Monoliittirakenteeseen jäävät muotit*

Kevytbetonista tai betonimuottielementeistä valmistettu seinärakenne, jonka onteloihin kaadetaan betoni paikan päällä. Lämmön- ja vesieristys voidaan tehdä lisäkerroksena.

#### *Edut*

- rakentaminen nopeaa
- ei vaadi korkeaa ammattiosaamista
- vesieristysmurtuma aiheuttaa vähemmän ongelmia
- taloudellisesti toteutettavissa

#### *Haittapuolet*

- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- huonompi sivupaineen kestävyys



### *3. Muuraus-/lohkorakentaminen*

Kivi-, betoni- tai tiiliseinä. Kellariseinien yleisin ja hyväksi todettu materiaali on pienet tiilet. Myös erityisiä tiilisiä runkopilarituotteita, kellarimuuraustuotteita, on olemassa. Lisäkerroksia voivat olla lämmön- ja vesieristys.

#### *Edut*

- valmistelu ei vaadi korkeaa ammattiosaamista
- taloudellisesti toteutettavissa

#### *Haittapuolet*

- alttiimpi vesieristysmurtumille
- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- huonompi sivupaineen kestävyys



### *4. Valmis kellariseinä*

Esivalmistettu teräsbetonirakenne, joka nostetaan nosturilla lopulliseen paikkaansa rakennustyömaalla. Suuret, korkeatasoiset elementit.

#### *Edut*

- rakentaminen nopeaa
- valmistelu ei vaadi korkeaa ammattiosaamista
- ei suurta työvoiman tarvetta paikan päällä
- tehdasvalmisteinen

#### *Haittapuolet*

- kallis
- monimutkainen työn organisointi paikan päällä

## ULKOSEINÄ

Pystysuora rajarakenne ulko- ja sisätilan välillä. Toimii usein, erityisesti omakotitaloissa, kantavana rakenteena, jolloin ottaa vastaan rakennuksen pystysuuntaiset kuormat, mutta voi olla suunnittelultaan myös erilainen.

### Vaatimukset ja niistä seuraavat tehtävät:

M	S	▶ tilan rajaaminen
K	E	▶ kantaminen
P	H	▶ lämmöneristys
		▶ arkkitehtoninen ulkonäkö
		▶ ovien ja ikkunoiden sijoituspaikka
		▶ äänieristys

### Tyypillisiä rakenteita



#### *1. Monoliittirakenne*

Paikan päällä rakennettujen muottien / valmismuottien väliin valettu seinärakenne, tyypillisesti betonia, tätä ratkaisua käytetään harvoin omakotitaloissa ja pienemmissä osakehuoneistoissa. Lisälämpöä tarvitaan, koska pelkkä betoni on huono lämmöneristin.

#### *Edut*

- suuri kantavuuskyky

#### *Haittapuolet*

- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- vaatii muottityöt/muotit
- kallis



## Tyypillisiä rakenteita



### *2. Monoliittirakenteeseen jäävät muotit*

Seinärakenne, joka koostuu betonilla paikan päällä täytettävistä muottielementeistä. Muottielementit ovat useimmiten kevytbetonia, polystyreeniä tai lastuvillaa/puubetonia ja mitoitettu käsin siirrettäviksi. Hyvästä lämmöneristysmateriaalista (esim. polystyreenistä) valmistettujen muottielementtien ansiosta seinärakenteeseen ei tarvitse lisätä lämmöneristystä.

#### *Edut*

- suuri kantavuuskyky
- valmistelu ei vaadi korkeaa ammattiosaamista
- lisäkerroksia ei tarvita, jos toteutus on asianmukainen

#### *Haittapuolet*

- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- vähemmän käytetty ratkaisu



### *3. Muurausrakentaminen*

Asuinrakennuksissa yleisimmin käytetty ratkaisu. Käytettävät vaihtoehtoiset muurattavat materiaalit: kivi, betoni, useimmin poltettu tiili, kevytbetoni, puubetonielementti. Lämmöneristys on yleensä lisättävä erikseen.

#### *Edut*

- perinteinen, yleisesti käytettävä ratkaisu
- valmistelu ei vaadi korkeaa ammattiosaamista

#### *Haittapuolet*

- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- päästää paljon kosteutta rakenteeseen
- rakentaminen aikaa vievää



### *4. Kevyt rakenne*

Tukirakenteena jonkinlainen runkorakenne (tyypillisesti puu tai ohutseinämäinen teräs); välit täytetään lämmöneristeellä. Molempia puolia rajaavat rakennuslevyt (yleensä kipsilevy sisällä, OSB-levy ulkona, mutta myös kipsikuitu- ja sementtilastulevy ovat yleisiä). Tärkeä elementti tässä on homeen esiintymistä edistävän liiallisen kosteuden rakenteeseen pääsyn estävä höyrysulkukerros.

Voi olla osittain tai kokonaan esivalmistettu tai kootaan paikan päällä.

#### *Edut*

- rakentaminen nopeaa
- rakennustyöt eivät niin paljon säästä riippuvia
- työvoimaa tarvitaan vähemmän paikan päällä
- voidaan esivalmistaa käytössä
- hyvä lämmöneristys

#### *Haittapuolet*

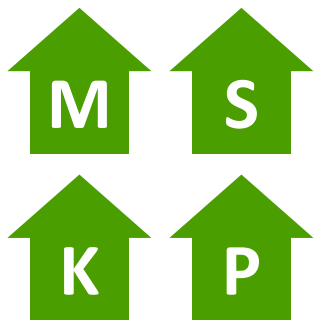
- paloherkkä
- valmistelu vaatii ammattiosaamista
- monimutkainen rakenne



# VÄLIPOHJA

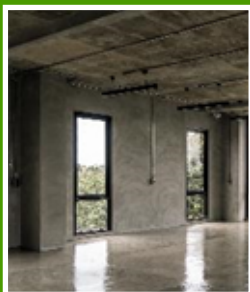
Vaakasuuntainen rajarakenne rakennuksen kahden toiminnallisen tason välillä.

## Vaatimukset ja niistä seuraavat tehtävät:



- ▶ muodostaa kiinteän, tasaisen, käveltävän tason
- ▶ muodostaa alapuolellaan olevan tason katon
- ▶ ottaa vastaan syntyneet kuormat ja siirtää ne kantaviin pystyrakenteisiin (seinä, pilari)
- ▶ äänieristys (sekä ilmassa että rakenteessa kantautuva/askeläänet)
- ▶ lämmöneristys, jos kahden erillisen tason lämpötarpeet ovat hyvin erilaiset (esim. olohuoneen ja autotallin välinen laatta)

## Tyypillisiä rakenteita



### 1. Monoliittirakenne

Raudoitetun betonirakenteen käsittävä muottityö paikan päällä. Muotti voi myös jäädä rakenteeseen, mikä yksinkertaistaa rakentamista. Ominaista suuri kantavuus, joten sitä käytetään usein paikoissa, joissa kärkeväli (tukipisteiden välinen etäisyys) on suuri tai kuormituksen odotetaan oleva suuren. Riittävä äänieristys saadaan lisäkerroksilla.

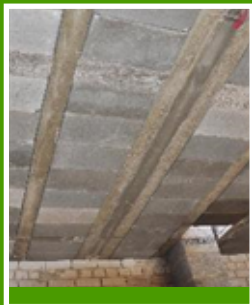
#### Edut

- suuri kantavuuskyky
- palonkestävä

#### Haittapuolet

- raskas
- muottityö vaaditaan (jää paikalleen)
- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- rakentaminen aikaa vievää

## Tyypillisiä rakenteita



### 2. Palkki- ja lohkorakenne (palkki ja lohko)

Kuormituksen kantavat palkit (nykyään tyypillisesti betonista tai betonitiilisestä komposiittimateriaalista, mutta aiemmin myös teräspalkit olivat yleisiä), joiden välit täytetään lohkoelementeillä. Lohkoelementit voivat olla betonia, kevytbetonia tai tiiltä (tai muuta kantavaa materiaalia). Tähän ratkaisuun liittyy usein ylimääräinen betonikerros sekä äänieristystä lisääviä kerroksia ja päällystekerroksia.

#### *Edut*

- rakentaminen nopeaa
- perinteinen, yleisesti käytettävä ratkaisu
- palonkestävä

#### *Haittapuolet*

- raskas
- työvoiman tarve suuri paikan päällä



### 3. Kevyt rakenne

Kuormituksen kantavat palkit (tyypillisesti puusta tai ohutseinäisestä teräksestä), välit täytetään lämmöneristeellä. Rakenne rajataan alhaalta ja ylhäältä rakennuslevyillä (yleensä alhaalla kipsilevy, ylhäällä OSB-levy). Riittävän äänieristyksen saavuttaminen vaatii yleensä erikseen lisättävät eristekerrokset.

Voi olla osittain tai kokonaan esivalmistettu tai kootaan paikan päällä.

#### *Edut*

- rakentaminen nopeaa
- rakennustyöt eivät niin paljon säästä riippuvia
- työvoimaa tarvitaan vähemmän paikan päällä
- voidaan valmistaa etukäteen tehtaalla

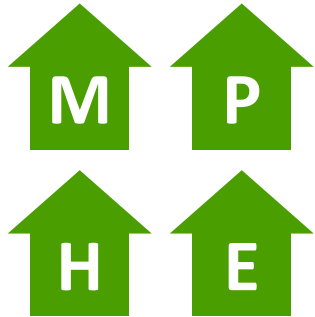
#### *Haittapuolet*

- paloherkkä
- valmistelu vaatii ammattiosaamista
- monimutkainen rakenne

## ULLAKKOLATTIA

Vaakasuuntainen rajarakenne ylimmän toiminnallisen tason ja lämmittämättömän ullakon välissä. Koska siihen tyypillisesti kohdistuu vain vähän kuormitusta, sen päätehtävä ei ole toimia kantavana vaan lämpöä eristävänä ja tilaa rajaavana rakenteena.

## Vaatimukset ja niistä seuraavat tehtävät:



- ▶ tilan rajaaminen
- ▶ muodostaa alla olevan tason katon
- ▶ lämmöneristys
- ▶ jos ullakko on käveltävä, myös lattiarakenne

### Tyypillisiä rakenteita

#### 1. Monoliittirakenne

Raudoitetun betonirakenteen käsittävä muottityö paikan päällä. Muotti voi myös jäädä rakenteeseen, mikä yksinkertaistaa rakentamista. Hyvin harvoin käytettävä ratkaisu, koska monoliittisen rakenteen tärkeintä etua – erittäin hyvä kantavuus – ei yleensä vaadita, kun kyseessä on laatta (paitsi jos laatta on hyvin iso), haittapuolet taas betonin huono lämmöneristävyyttä. Hyvä lämmöneristys vaatii erikseen asennettavat lämmöneristekerrokset.

##### *Edut*

- suuri kantavuuskyky
- palonkestävä

##### *Haittapuolet*

- raskas
- huono lämmöneristyskyky
- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- rakentaminen jokseenkin aikaa vievää

#### 2. Palkki- ja lohkorakenne (palkki ja vuoraus)

Kuormituksen kantavat palkit (nykyään tyypillisesti betonista tai betonitiilisestä komposiittimateriaalista, aiemmin myös teräspalkit olivat yleisiä), välit täytetään lohkolementeillä. Tavanomaisten betoni-, kevytbetoni- tai tiilivuorausten ohella sulkulaatta voi olla lämmöneristysmateriaalia (esim. polystyreeni). Ei kovin yleinen ratkaisu, mikä johtuu monoliittisen rakenteen kaltaisista syistä.

##### *Edut*

- suuri kantavuuskyky
- palonkestävä
- rakentaminen nopeaa
- perinteinen, yleisesti käytettävä ratkaisu

##### *Haittapuolet*

- raskas
- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- lämmöneristävyyttä yleensä huono

## Tyypillisiä rakenteita



### 3. Kevyt rakenne

Kuormituksen kantavat palkit (tyypillisesti puusta tai ohutseinäisestä teräksestä), välit täytetään lämmöneristeellä. Alhaalla sitä reunustavat rakennuslevyt (yleensä kipsilevy). Ullakolle päin oleva kulku järjestetään tarvittaessa OSB-levyillä tai lankutuksella. Kalvolla varustettu höyrysulku on tässä ratkaisussa erityisen tärkeä. Tarvittaessa lisätään erikseen eristekerroksia riittävän lämmöneristyksen saavuttamiseksi. Voi olla osittain tai kokonaan esivalmistettu tai kootaan paikan päällä.

#### Edut

- suuri kantavuuskyky
- palonkestävä
- rakentaminen nopeaa
- perinteinen, yleisesti käytettävä ratkaisu

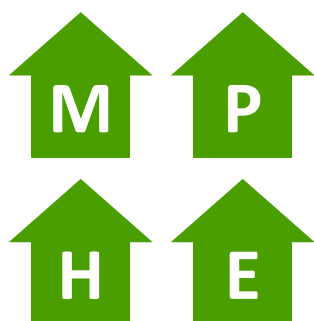
#### Haittapuolet

- raskas
- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- lämmöneristävyys yleensä huono

## KATTO

Rakennuksen päältä sulkeva osa. Se voi olla harjakatto – kulmassa, joka sulkeutuu yli 8 astetta vaakatasoon – tai tasakatto, jonka vaakakulma on enintään 8 astetta. Tyyppejä on erilaisia, samoin veden sisäänpääsyn estäviä materiaaleja. Tasakatossa on jatkuva, koko pinnan peittävä, sateelta suojaava vedenpitävä kerros, harjakatossa taas vastaavia kerroksia on kaksi: suojan sadetta vastaan antavat kate (esim. laatta, metallilevy, bitumihuopa) ja sen alla oleva kalvo.

### **Vaatimukset ja niistä seuraavat tehtävät:**



- ▶ sateelta suojaava eristys
- ▶ tilan rajaaminen
- ▶ lämmöneristys (tasakatto, ja jos talossa on ullakko, niin harjakatto)
- ▶ äänieristys (tasakatto, ja jos talossa on ullakko, niin harjakatto)

## Tyypillisiä rakenteita



### *1. Monoliittirakenteet*

Raudoitetun betonirakenteen käsittävä muottityö paikan päällä. Muotti voi myös jäädä rakenteeseen, mikä yksinkertaistaa rakentamista. Tätä ratkaisua käytetään yleensä tasakatoissa, joissa tukirakenteiden välinen etäisyys on suuri (suuri jänneväli). Lämmön-, ääni- ja vesieristys saadaan erillisillä kerroksilla.

#### *Edut*

- suuri kantavuuskyky
- palonkestävä

#### *Haittapuolet*

- raskas
- huono lämmöneristyskyky
- muottityö vaaditaan (voidaan jättää paikalleen)
- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- rakentaminen aikaa vievää

### *2. Palkki- ja lohkorakenne (palkki ja lohko)*

Kuormituksen kantavat palkit (nykyään ne ovat tyypillisesti betonia tai betonitiivistä komposiittimateriaalia, aiemmin myös teräspalkit olivat yleisiä), välit täytetään lohkoelementeillä. Tätä ratkaisua käytetään tasakatoissa. Lämmön-, ääni- ja vesieristys saadaan erillisillä kerroksilla.

#### *Edut*

- suuri kantavuuskyky
- palonkestävä
- rakentaminen nopeaa
- perinteinen, yleisesti käytettävä ratkaisu

#### *Haittapuolet*

- raskas
- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- lämmöneristys yleensä huono



### *3. Kevyt rakenne*

Harjakatoissa tyypillinen rakenne, mutta tätä ratkaisua käytetään myös tasakatoissa. Kun kyseessä on tasakatto, ero välilaattaan verrattuna on se, että lämmön- ja vedeneristys toteutetaan erikseen asennettavilla kerroksilla (kalteva kerros, vedeneristyslevyt, erikseen asennettava lämmöneristys jne.). Harjakaton tukirakenne koostuu kaltevista kantavista palkeista, paarteista, ja niiden vaakasuorista tukipuista. Paarteet tukipuineen (rakennesuunnittelusta riippuen) jäävät katteen tai tarvittavien rakennekerrosten (aluslate, ruodelaudat, laatat jne.) alle.

Ullakossa tukirakenteiden välit täytetään lämpöeristemateriaalilla ja peitetään sisäpuolelta (yleensä kipsilevyllä tai muulla rakennuslevyllä). Höyrysulku toimitetaan kalvona.

Voi olla osittain tai kokonaan esivalmistettu tai kootaan paikan päällä.

#### *Edut*

- rakentaminen nopeaa
- perinteinen, yleisesti käytettävä ratkaisu
- työvoimaa tarvitaan vähemmän paikan päällä
- voidaan esivalmistaa käytössä
- kevyt
- hyvä lämmöneristys

#### *Haittapuolet*

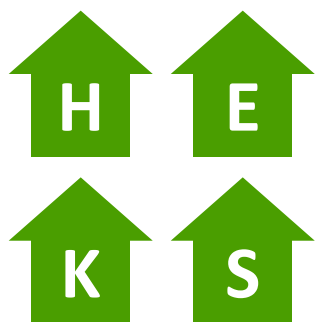
- paloherkkä

## OVET JA IKKUNAT

Pääosin pystysuora (tyypillisesti katon tasossa oleva kattoikkuna) ulko- ja sisätilan välinen rajarakenne. Ei kuulu kantaviin rakenteisiin. Sen tehtävänä on varmistaa ainakin jokin seuraavista:

- pääsy;
- katselu;
- luonnollinen ilmanvaihto;
- luonnonvalon läpipäästäminen;
- julkisivun parantaminen.

### Requirements and consequent function



- ▶ tilan rajaaminen
- ▶ lämmöneristys
- ▶ äänieristys
- ▶ turvallinen käyttö
- ▶ arkkitehtoninen ulkonäkö

### Tyypillisiä rakenteita



#### *1. Puu*

Perinteinen ovi- ja ikkunamateriaali. Ammattilaisten kehittämä monimutkainen rakennesuunnittelu vastaa nykypäivän korkeisiin ja niin ikään monimutkaisiin vaatimuksiin.

#### *Edut*

- miellyttävä pinta

#### *Haittapuolet*

- kallis
- vaativa kunnossapito
- UV-herkkä

## Tyypillisiä rakenteita



### *2. Alumiini*

Kevytmetallikehyksinen ovi ja ikkuna erilaisille profileille ja ulkonäölle.

#### *Edut*

- hyvä kantokyky
- stabiilius
- pitkä käyttöikä
- ei UV-herkkä
- ei vaativaa kunnossapitoa

#### *Haittapuolet*

- kallis
- metallipinta vähemmän miellyttävä
- huonompi lämmöneristävyys



### *3. Muovi*

Ovet ja ikkunat, joiden kehysrakenne ja päällyys ovat muovia (yleensä PVC), tehty erilaisille profileille ja tyyleille.

#### *Edut*

- taloudellinen (hyvä vastine hankintahinnalle)
- pitkä käyttöikä
- hyvä lämmöneristys
- ei vaativaa kunnossapitoa

#### *Haittapuolet*

- UV-herkkä



### *4. Puu/alumiini, muovi/alumiini*

Eri materiaalia olevien ovien ja ikkunoiden edutyhdistyvät. Ulkopuolella oleva alumiinipäällyste on tärkeä, sillä se estää UV-säteilyn aiheuttamat vahingot

#### *Edut*

- UV-säteilyä kestävä
- ei vaadi juurikaan kunnossapitoa

#### *Haittapuolet*

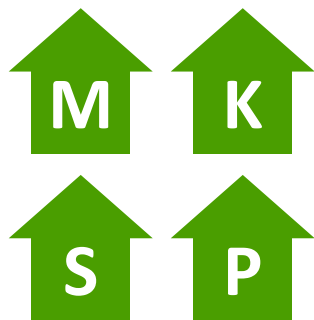
- kallis



## VÄLISEINÄT (VÄLISEINÄ, KANTAVA VÄLISEINÄ, ÄÄNTÄ ERISTÄVÄ VÄLISEINÄ)

Rakennuksen sisätilat pystysuunnassa erottava rakenne. Sen pituus ja korkeus kerrotaan rakenteellisten paksuusarvojen suhteen. Tilojen erottamisen lisäksi sillä voi olla muitakin tehtäviä: kantava rakenne, äänieristys, joskus harvemmin lämmöneristys.

### Vaatimukset ja niistä seuraavat tehtävät:



- ▶ jos kyseessä on kantava sisäseinä, toimii kantavana rakenteena, toimii myös jäykistävänä rakenteena
- ▶ palokäyttäytyminen, joka vastaa sen tehtävää rakennuksessa
- ▶ iskulujuus
- ▶ kantaa laitteet ja kalusteet
- ▶ äänieristys vaatimusten mukainen

### Tyypillisiä rakenteita



#### *1. Monoliittirakenteet*

Muotin väliin valettu seinärakenne, tyypillisesti betonimateriaalia. Suuren kantokykynsä vuoksi sitä käytetään kantavana seinänä. Harvoin käytettävä ratkaisu omakotitaloissa ja pienemmissä osakehuoneistoissa.

#### *Edut*

- erittäin hyvä kantavuuskyky

#### *Haittapuolet*

- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- vaatii muottityöt
- hidas rakentaa
- kallis

## Tyypillisiä rakenteita



### *2. Monoliittirakenteeseen jäävät muotit*

Betonilla paikan päällä täytettävistä muottielementeistä koostuva seinärakenne. Muottielementit ovat useimmiten kevytbetonia, polystyreeniä tai lastuvillaa/puubetonia, ja niitä voidaan siirtää käsin.

#### *Edut*

- erittäin hyvä kantavuuskyky
- ei vaadi korkeaa ammattiosaamista

#### *Haittapuolet*

- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- ei kovin yleinen ratkaisu



### *3. Muurausrakentaminen*

Yleisimmin käytetty ratkaisu asuinrakennuksissa. Toisinaan valmistettu kivistä tai betonista, useammin tiilestä (poltettua savea oleva muurauslementti), kevytbetonista, puubetonista tai kipsielementeistä.

#### *Edut*

- perinteinen, yleisesti tunnettu ratkaisu
- ei vaadi korkeaa ammattiosaamista

#### *Haittapuolet*

- työvoiman tarve suuri paikan päällä
- päästää paljon kosteutta rakenteeseen
- rakentaminen aikaa vievää



### *4. Kevyt rakenne*

Tukirakenteena jonkinlainen runkorakenne (tyypillisesti puu tai ohutseinäinen teräs), välit täytetään lämmöneristeellä. Molemmilla sivuilla rakennuslevyt (sisäpuolella yleensä kipsilevy, ulkopuolella OSB-levy, mutta myös kipsikuitu ja sementtilevy ovat yleisiä). Voi olla osittain tehdasvalmisteinen, kokonaan esivalmistettu tai kootaan paikan päällä

#### *Edut*

- rakentaminen nopeaa
- toteutus ei niin paljon säästä riippuva
- työvoimaa tarvitaan vähemmän paikan päällä
- voidaan esivalmistaa

#### *Haittapuolet*

- paloherkkä
- valmistelu vaatii korkeaa ammattiosaamista
- monimutkainen rakenteellinen koostumus

## 4.3 Rakennusmateriaalit

Rakennusmateriaaleja on monenlaisia, ja valmistajien parannusten myötä markkinoille tulee yhä enemmän uusia tuotteita. Seuraavassa osassa esitellään yleisimmät rakennusmateriaalit toimivuuden mukaan ryhmiteltyinä. Niiden yksityiskohtaiset ominaisuudet on kuvattu tämän käsikirjan liitteessä.

**Betoni** – sementin, veden, kiviaineksen (tyypillisesti sora – ammattikielellä ilmaistuna ”hiekkainen sora”) seos, joissain tapauksissa kemiallinen seos. Käyttöön otettaessa betonin tila on märkä, muovailtava, ja lopullisen muotonsa ja kantokykynsä se saavuttaa kuivumisprosessissa tapahtuvan kemiallisen muutoksen aikana (yleensä 28 päivässä). Kantavuuskyky ja lujuus yleensä hyvät, mutta kantavuus riippuu monista tekijöistä (sementin määrä, kiviaineksen tyyppi jne.). Betonin kantavuuskykyä lisätään usein terästangoilla ja verkoilla, jolloin sitä kutsutaan teräsbetoniksi. Siitä voidaan myös valmistaa elementtejä. Ei ole palavaa, oikein muotoiltuna voi olla vedenpitävää. Monipuolisena materiaalina

betonia voidaan käyttää melkein mihin tahansa tukirakenteeseen, pohjasta tasakattoon.

### Yleisimmät tyypit:

*tiili (poltettua savea oleva muurauselementti)* – savesta valmistettu rakennuselementti, joka muovaamisen jälkeen poltetaan 1000 °C:n lämpötilassa. Sen päävariantteja ovat täystiilijareikätiili. Ei ole palavaa. Kohtalaisen herkkä vedelle. Poltettua savea käytetään myös laatan vuorauselementtinä ja siltana erilaisissa rakennusjärjestelmissä, voidaan käyttää myös julkisivuverhouselementtinä. Yleisimpiä muurauselementtejä on runkotiili, joka voi toimia kantavana seinänä, jos kuormitus on kevyt – esim. 1–2-kerroksisessa talossa –, mutta sen pääasiallinen tehtävä on rajata ja jakaa tiloja ja toimia julkisivuverhouksena.

*kevytbetoni* – muurauselementti, joka perustuu solubetoniin tai höyrykarkaistuun betoniin; tuoreeseen betoniseokseen lisätään huokosia muodostavaa ainetta, jolla betoniin saadaan ”reikäinen” rakenne. Kevytbetoni on tavallista betonia huomattavasti kevyempi, joten muurauselementtejä voi liikutella käsin, ja lisäksi niiden lämmöneristysominaisuudet ovat paremmat. Ei ole palavaa. Vähemmän herkkä vedelle. Muurauselementtien lisäksi höyrykarkaistusta betonista voi valmistaa suuria seinä- ja kattolevyjä.

### **Muurauselementit –**

rakennusmoduulit, joita voidaan siirrellä käsin ja joista voidaan tehdä muurattuja rakenteita. Muurauselementit kiinnitetään toisiinsa yleensä laastilla tai erityisellä liimalaastilla, mutta vierekkäisten elementtien geometrinen muotoilu (ns. urarakenne) ei välttämättä vaadi kiinnitysmateriaalia.

### Yleisimmät tyypit:

*Savi/hiesu* – mineraalilisäaine, johon on sekoitettu orgaanisia kuituja (esim. olki), saven, hiekan ja joskus lietteen seos. Mineraaliosa voi olla peräisin myös savimaasta tai saven ja hiekan keinotekoisesta seoksesta. Siitä voidaan saada homogeeninen rakenne tiivistämällä (ns. puristeseinä) tai se voidaan tehdä valetuista ja tiivistetyistä tiilistä. Kansanarkkitehtuurin perusmateriaaleja. Ei ole palavaa, mutta kantavuuskyky heikkenee tulipalossa. Herkkä vedelle. Tavallisin käyttökohde seinät.

*luonnonkivet* – nämä luonnonkiveä – esim. andesittufa, ryoliittituffi, basaltti – ovat veistetyt muurausmateriaalit ovat nykyisin harvoin käytettyjä. Eivät ole palavaa. Vaihtelevasti vedelle herkkiä. Aiemmin käyttöalueina sekä pohjarakenteet että seinät seuduilla, joissa kiviä sai helposti.

**Lämmöneristemateriaalit** – pienitiheyksisiä rakennusmateriaaleja lämmöneristykseen. Vaihtelevat sekä materiaalin että rakenteen osalta. Useimmiten levyinä, mattoina tai irtotavarana. Jos ne imevät vettä, niiden lämmöneristyskyky heikkenee huomattavasti. Tärkeä ominaisuus on höyrynläpäisevyys, mikä vaikuttaa rakennetyyppeihin, joihin niitä käytetään.

### Yleisimmät tyypit:

*ESP (solupolystyreeni)* – pienistä palloista koostuva vaahtomuovinen (polystyreeni) lämmöneristys. Grafiitilla rikastettuna lämmöneristyskyky paranee. Lujuus ei yleensä ole kummoinen, mutta olemassa on myös kiinteämpi ”askelenkestävä” versio. Palavaa. Voi imeä vettä. Jossain määrin höyryläpäisevä. Pakkaamattomat pallot myydään tyypillisesti laattoina, mutta niitä käytetään myös betonin lisäaineena. Ensisijaisia käyttöalueita ovat julkisivujen, tasakattojen ja lattioiden lämmöneristykset.

*XPS (ruiskuvalettu polystyreeni)* – homogeeninen, vaahtomuovinen (polystyreeni) lämmöneristys. Lujuus ei yleensä ole kummoinen, mutta olemassa on myös kiinteämpi ”askelenkestävä” versio. Palava. Ei ime vettä (tämä on merkittävin ero EPS:n ja XPS:n välillä). Läpäisee huonosti höyryä. Myydään eripaksuisina levyinä. Ensisijaisia käyttöalueita sokkelien, tasakattojen ja lattian lämmöneristys maata vasten.

*PUR* – homogeeninen, vaahtomuovinen (polyuretaani) lämmöneristys. Erittäin hyvän lämmöneristyskykynsä vuoksi sitä käytetään kylmävarastoissa ja kaikkialla, missä ohuempi kerros vaatii enemmän lämmöneristyskykyä. Kiinteys voi olla jopa erittäin korkea, kemiallisesta koostumuksesta riippuen. Palavaa (jotkin versiot vähemmän – esim. PIR-vaahto). Vettäläpäisemätön. Läpäisee huonosti höyryä. Käytetään useissa eri muodoissa. Saatavana paneelina, kerrospaneelina tai vaahtomuovina (kaksikomponenttinen). Ensisijaisia käyttöalueita ovat kerrospaneelieristykset ja kylmävarastot.

## Yleisimmät tyypit:

*kivivilla* – lämmöneristysmateriaali, joka on valmistettu pääasiassa lasimaisista kuiduista ja lämpökovettuvasta (yleensä fenoliformaldehydi) sideainehartsista, joka on valmistettu vulkaani- ja sedimenttikivien seoksesta (esim. basaltti, diabaasi, kalkkikivi jne.). Vahvuus vaihtelee suhteellisen suuresta (askelenkestävät versiot) merkityksettömmään. Palamaton, ja käytetään siksi palamista hidastavana aineena. Vettäimevä. Kuiturakenteensa ansiosta höyryäläpäisevä. Saatavana levyinä ja mattona. Paneelien ensisijaiset käyttöalueet julkisivut ja tasakatot, maton (myydään rullina) runkorakenteiden (seinät, katot, lattiat) täyttö.

*lasivilla* – kivivillaa muistuttavista mineraalikuiduista valmistettu lämmöneristysmateriaali. Raaka-aineena hiekka, kierrätyslasi ja sideainehartsi (yleensä fenoliformaldehydi). Vahvuus vaihtelee suhteellisen suuresta (askelenkestävät versiot) merkityksettömmään. Ei ole palavaa. Vettäimevä. Kuiturakenteensa ansiosta höyryäläpäisevä. Saatavana levyinä, mattona tai irtotavarana. Paneeliversiota käytetään pääasiassa äänieristykseen, mutta myös julkisivujen lämmöneristykseen soveltuva versio on olemassa. Maton (myydään rullina) käyttöaluetta ensisijaisesti runkorakenteiden (seinät, katot, lattiat) täyttö. Koneellisesti puhallettavaa irtotavaran muodossa olevaa lasivillaa käytetään yleensä vaikeapääsyisten paikkojen (esim. onteloiden) eristämiseen.

*selluloosa* – kierrätyspaperista tehty irtotavaran muodossa oleva lämmöneristys, joka lisäaineineen (yleensä boori, boorihappo ja fosfaatti) suojaa tulelta ja biologisilta tuholaisilta (home, jyrsijät). Kiinteydeltään merkityksetön ei-kuormittava materiaali. Ei ole palavaa. Vettäimevä. Höyryäläpäisevä. Puhalletaan rakenteeseen koneellisesti, täyttää myös epäsäännöllisen muotoiset tai pienet aukot runkopilareiden ja -palkkien välissä.

*olki* – luonnollinen lämmöneristysmateriaali, viljankorjuun jälkeen kerättävä maatalouden sivutuote. Sen käyttö rakentamisessa on rajallinen. Palavaa. Vettäimevä. Höyryäläpäisevä. Yleisin käyttötarkoitus runkorakenteiden täyttöeristys, saatavana irtotavarana tai paaleiksi puristettuna. On erittäin tärkeää, että rakenteet suojaavat sitä tulelta, vedeltä ja biologisilta tuholaisilta.

*lastuvilla* – puukuiduista valmistettu lämmöneristystuote, johon on lisätty sideainetta tai liimaa. Sideaineena voi olla orgaaninen tai epäorgaaninen hartsi, jopa sementti. Sisältää erikokoisia ja -tiheyksisiä kuituja. Voi kestää suurtakin rasitusta. Ei kovin helposti syttyvää (mutta se riippuu tiheydestä ja sideaineesta). Vettäimevä. Höyryäläpäisevä. Valmistetaan laatoiksi, joita käytetään julkisivun, tasakaton ja katon lämmöneristykseen.

**Runkomateriaalit** – kevyissä rakenteissa kuormituksen ottavat vastaan palkit ja pilarit, ne eivät muodosta yhtenäistä seinä- tai katopintaa, vaan niiden tehtävä rajoittuu kantavuuteen. Suuremmis- sa rakennuksissa (jos kuormat ovat suuret) ne on valmistettu betonista tai paksuseinämaisistä teräsprofiileista, pienemmille kuormille tavallisimpia runkomateriaaleja ovat puu ja ohutseinämäinen teräs.

## Most common types:

*puu* – luonnollinen rakennusmateriaali. Sen lujuusominaisuudet voivat olla hyvin erilaisia, riippuen puulajista, kosteuspitoisuudesta, sisyydestä jne. Rakennusteollisuudessa käytetään tyypillisesti mäntyä. Yleisiä menetelmiä rakennuspuutuotteiden ominaisuuksien parantamiseksi ovat pituussuuntainen laajentaminen, keinotekoinen kuivaus ja kerrosliimaus. Puu käsitellään suoja-aineilla tulta ja biologisia tuholaisia vastaan.

*ohutseinäteräs*–eriprofilit(symbolitU,C,Zviittaavatprofiilin muotoon) valmistetaan teräslevystä kylmävalssaamalla. Suojattava korroosiolta (sinkitys). Ei ole palavaa, mutta menettää suurimman osan kantavuuskyvystään n. 600 °C:n lämpötilassa. Kestää biologisia tuholaisia, mutta suojaus vettä vastaan on varmistettava sinkkikerroksella.

### Yleisimmät tyypit:

*bitumieristys* – bitumi on musta, termoplastinen hiilivetyseos, jota jää jäljelle mineraaliöljyn tislauksen jälkeen. Sitä voidaan käyttää eristeenä useissa eri muodoissa: voideltu eristys (bitumiemulsio, liuotebitumi) sekä ohuet ja paksut levyt, jotka voidaan tarvittaessa pintasuojata. Myydään rullina. Yleensä monikerroksista. Bitumia käytetään myös laajalti eristeenä maaperän kosteutta ja höyryä, sadevettä, käyttövesiä ja ilmassa olevaa höyryä vastaan.

*muoviset vedeneristysmateriaalit* – vedeneristyslevyt voidaan valmistaa erityyppisistä muoveista. Voivat olla termoplastisia, ns. plastomeereja (esim. plastisoitu PVC [polyvinyylikloridi]) tai ei-termoplastisia elastomeerisiä (kumityyppisiä, esim. butyylikumi, EPDM) materiaaleja. Yleensä yksikerroksisia. Niitä käytetään harvoin eristeenä maaperän kosteutta ja höyryä vastaan, vaan yleensä sadevettä vastaan.

*polyetyleenikalvo (PE)* – polyeteenistä valmistettu ohut kalvo, käytetään ensisijaisesti höyrysulkuna. Sen mekaanisia ominaisuuksia voidaan parantaa lisäämällä kuituja.

*alumiinifolio* – ohut alumiinifolio, jota käytetään höyrysulkuna. Voi olla monikerroksinen ja kuituvahvisteinen.

**Veden- ja höyryneristys** – höyryä vastaan suojaudutaan erilaisilla eristyslevyillä ja kalvoilla. Eristysominaisuuksien osalta tärkeää on lujuus ja UV-kestävyys paikoissa, jotka ovat alttiina auringonvalolle, samoin vesitiiviit liitokset ja kiinnityskohdat. Eristemateriaaleja ovat bitumi, muovi (yleisimmin PVC ja polyeteeni) tai alumiini. Toimintojen perusteella erotellaan eristyskyky maaperän kosteutta ja höyryä, sadevettä, käyttövesiä (esim. kylpyhuoneessa) ja höyryä vastaan.

**Kattaminen** – harjakattojen katemateriaalit. Sekä materiaaliltaan että muodoltaan vaihtelevia. Ensisijaisena tehtävänä on estää sadeveden pääsy rakenteisiin. Eivät ole vedenpitäviä, koska ne muodostavat vain vesitiiviin pinnan, joten niiden alla on oltava aluskate. Uloimpana, ja siis näkyvimpänä, kerroksena vaikuttaa voimakkaasti myös rakennuksen arkkitehtoniseen ulkonäköön.

### Yleisimmät tyypit:

*kattotiili (savea tai betonia)* – yksittäinen kate-elementti, voi olla poltettua savea tai betonia. Sille on ominaista muotojen moninaisuus. Ladotaan kattoruoteitten päälle limittäin. Kallistuskulmasuositus näin katetulle katolle on 35–45°.

*bitumipaanu* – itsekiinnittyvä, bitumista valmistettu raepintainen katemateriaali, joka asennetaan vahvalle alustalle. Kiinnitetään jatkuvalle alustalle (esim. OSB) limittäin, ts. osittain toistensa päälle. Soveltuu erimuotoisille katoille ja voidaan käyttää 15–90 asteen kulmassa.



### Yleisimmät tyypit:

*pelti* – ohutta metallia oleva katemateriaali, jonka pinta on yleensä käsitelty korroosiota vastaan. Valmistusmateriaaleina tavallisimmin sinkitty teräs, titaanisinkki, alumiini ja kupari. Muodon ja kiinnityksen osalta yleisimmät tyypit ovat:

*metallikatto* – kattotiilen näköinen metallilevy, kiinnitetään aluskatteen ruoteisiin limittäin. Kattokallistuksen oltava vähintään 15°.

*trapetsilevy* – itsekantava levy, jolla on puolisuunnikkaan muotoinen poikkileikkaus, kiinnitetään paarteisiin. Kattokallistuksen oltava vähintään 5°

*metallinen saumakatto* – pitkät metallilevyt kiinnitetään reunoistaan yhteen erikoistyökaluilla. Tarvitsee tuen koko pinta-alalle. Kattokulman oltava vähintään 10°.

*laatta* – yksittäinen kate-elementti, luonnonkiveä. Aiemmin asbestista ja sementistä valmistettua asbestilevyä (pienempänä ja suurempana – ns. aallotettu liuskekivi – elementtinä) käytettiin katoissa yleisesti. Nykyisin käyttö on kielletty, koska asbesti on haitallista terveydelle. Kuitusementti on asbestittomalla tekniikalla valmistettu liuskekivimäinen kattomateriaali. Liuskekivielementit kiinnitetään jatkuvapintaiseen alustaan limittäin naulaamalla tai nitomalla. Kattokallistuksen oltava vähintään 22°.

*puupaanu* – 1–2 cm paksu, 6–15 cm leveä, 30–60 cm pitkä puinen kate-elementti, halkaistua tai sahattua puutavaraa. Kiinnitetään ruodelautoihin limittäin nautoilla. Kattokallistuksen oltava vähintään 10°.

*ruoko* – luonnollinen kattomateriaali, ruo'ot sidotaan vanteisiin ja kiinnitetään alustan paksuihin (50–100 cm) juoksuihin. Lämmöneristyskyky hyvä, mutta materiaali on helposti syttyvää. Katon kallistuskulma yleensä 30–45°.

### Yleisimmät tyypit:

*rappaus* – tavallisin julkisivu. Eri ainesosista koostuva rappauslaasti levitetään seinälle veden lisäämisen jälkeen. Rappauksessa on useita eri vaiheita, joilla kaikilla on oma tehtävänsä. Mekaanisten ominaisuuksien parantamiseksi rapattavaan seinään voidaan asentaa metalliverkko. Rappauslaasti levitetään suoraan lämmöneristysjärjestelmään tai muurausyksikköön.

*metallikate* – ohuet, muotoillut metallilevyt kiinnitetään johonkin toissijaiseen rakenteeseen (ts. ei suoraan tukiseinään). Materiaaleja on monenlaisia, tavallisimpia sinkitty teräs, titaanisinkki ja alumiini. Yleisimpiä tyyppiejä ovat:

*trapetsilevy* – itsekantava levy, jonka poikkileikkaus on tyypillisesti puolisuunnikas.

*julkisivukasetti* – suorakulmaisista elementeistä valmistettu muotoon taivutettu levy, kooltaan se voi olla pieni tai keskisuuri.

*paneeliverhous (kerrospaneeli)* – ei pelkkä seinäverhous, toimii myös lämmöneriste-elementtinä. Kahden metallilevyn välissä on lämmöneristysydin (yleensä PUR, PIR, kivivilla).

**Julkisivuverhous (ja verhousjärjestelmät)** – julkisivuseinien ulkokerros, joka, sen lisäksi, että vaikuttaa merkittävästi rakennuksen ulkonäköön, suojaa alla olevat kerrokset mekaanisilta vaurioilta ja sateelta. Julkisivuverhous voi olla hyvinkin erilainen ulkonäöltään ja materiaaliltaan.



### Yleisimmät tyypit:

*puuverhous* – toissijaisiin rakenteisiin (esim. ruoteet) kiinnitettyt laudat, lankut tai vanerilevyt, joiden alle jätetään ilmarako (siksi tällaisessa verhoilussa on suositeltavaa – esim. Unkarissa pakollista – käyttää palamatonta lämmöneristystä). Säältä suojaaminen edellyttää pintakäsittelyä. Materiaali ei siedä erityisen hyvin suuria lämpötilavaihteluja.

*kiviverhous* – 2–8 cm:n laatoiksi leikattua luonnonkiveä. Kiinnitetään yleensä toissijaiseen tukirakenteeseen erityisillä kiinnityselementeillä, mutta seinärakenteen salliessa voidaan kiinnittää myös liimaamalla. Verhouksen kestävyys ja huoltotarve riippuvat kiven materiaalista ja pintakäsittelystä.

*tiiliverhous* – poltetusta savitiilestä. Normaalipaksuiset (10–12 cm) tiilet kiinnitetään toissijaiseen tukirakenteeseen, 2–3 cm paksut katetiilet kiinnitetään liimaamalla. Antaa rakennukselle erottuvan ilmeen. Vain vähän kunnossapitoa tarvitseva verhous.

**Rakennuslevyt** – jatkuvapintaaiset, itsekantavat levyt, kiinnitetään yleensä alusrakenteeseen mekaanisesti (naulaamalla tai kiinnittimin). Käyttö erittäin monipuolista, kevyessä rakenteessa verhouslevyinä, aluskerroksena kattopäällysteelle ja usein aukkojen ja onteloiden peittämiseen.

### Yleisimmät tyypit:

*kipsilevy* – perusmateriaalina kipsi ja pahvi. Ei ole palavaa, palontorjuntaominaisuudet jopa erinomaiset (saatavana myös versiona, jolla on parannetut palosuojaominaisuudet). Herkkä vedelle, mutta ominaisuutta voidaan jossain määrin heikentää kyllästämällä. Materiaalin jäykkyys ja iskunkestävyys eivät erityisen hyviä. Sisäkäyttöön.

*kipsikuitulevy* – kipsistä, paperikuiduista ja mineraalivillan lisäaineista valmistettu rakennuslevy. Erittäin jäykkä ja iskunkestävä. Erinomaiset palontorjuntaominaisuudet. Vähemmän herkkä vedelle, joten voidaan käyttää ulkona riittävällä pintakäsittelyllä.

*sementtilastulevy* – valmistettu hakkeesta, sementistä ja lisäaineista. Pinnaltaan erittäin kova, jäykkä ja iskunkestävä materiaali. Ei ole palavaa. Ei ole herkkä vedelle, joten voidaan käyttää ulkona.

*OSB-levy (Oriented Strand Board)* – puupohjainen materiaali. Nimitys viittaa rakenteeseen, joka varmistaa tuotteen lujuuden. Rakenne on kolmikerroksinen: keskikerroksen lastut ovat poikittain pintakerrosten lastuihin nähden. Kuidut sekä vettä ja kuumuutta kestävä hartsi puristetaan yhteen korkeassa paineessa. Hyvät mekaaniset ominaisuudet, materiaali on taipuisaa, iskunkestävää ja palavaa. Vähemmän herkkä vedelle, joten voidaan käyttää ulkona riittävällä pintakäsittelyllä.

*vaneri* – parittomasta määrästä kuorittuja viilukerroksia koostuva puupaneeli. Symmetrisesti sijoitettujen kerrosten puulajit ja paksuus ovat samat. Aiemmin kerrokset liimattiin yhteen, nykyisin käytetään useimmin hartsia. Kerroksissa kuidun suunta on aina edelliseen nähden kohtisuoraan. Hyvät mekaaniset ominaisuudet, materiaali on joustavaa, iskunkestävää. Palavaa. Herkkä vedelle, mutta kyllästettynä ja riittävällä pintakäsittelyllä voidaan käyttää myös ulkona.

## a. Rakennustuotteet, suoritustasoilmoitus (DoP)

Suunnittelijoiden ja rakentajien näkökulmasta talo koostuu rakenteista sekä talotekniikan raskaasta ja kevyemmästä toteutuksesta. Talotekniikkaan ja sähköjärjestelmiin kuuluvat johdotus ja ”yksiköt”, ts. laitteet, kuten sähkökattila, putkisto, kylpyamme ja hanat. Talorakenteet koostuvat rakennusmateriaaleista ja -tuotteista, kuten laattapalkeista, vuorausrungoista, niiden yläpuolisesta betonista ja lisäraudoituksesta.

Joitain rakennusmateriaaleista, tuotteista sekä osaa varusteista ja laitteista kutsutaan yhdessä rakennustuotteiksi. Sana ”joitain” on tässä tarkoituksella, sillä monimutkaisissa rakenteissa, kuten taloissa, koko järjestelmä on niin monitahoinen, että päällekkäisyydet ja poikkeukset jäävät nopeasti piiloon yksinkertaistuksien alle, mutta edellä omaksuttua lähestymistapaa voidaan pitää hyvänä.

Rakentaminen on iso investointi, taloja rakennetaan pitkään ja niihin kuluu huomattava määrä rahaa, joten prosesseja ja olosuhteita on välttämätöntä säännellä asianmukaisesti ja tarkasti laissa. Rakennuslaissa määrätään, että rakennustuote voidaan suunnitella tai asentaa rakenteeseen vain, jos rakentamisen perusvaatimukset täyttyvät. Nämä perusvaatimukset määritellään myös kansallisista taajamien suunnittelua ja rakentamista koskevista vaatimuksista annetussa hallituksen asetuksessa 253/1997, yleisesti lyhenteellä OTÉK tunnettu.

Keskeiset vaatimukset kuvataan tarkemmin tämän käsikirjan luvussa 4.1.

Tuotteen katsotaan soveltuvan tiettyyn suunnittelu- ja asennustilanteeseen, jos sen suorituskky joko suoraan tai epäsuorasti täyttää rakennustoille asetetut olennaiset vaatimukset. Tämä tarkoittaa sitä, että rakennustuotteet ovat sopivia, jos niistä rakennettu talo toimii hyvin ja turvallisesti pitkään.

Rakennustuotetta voidaan käyttää, jos – muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta – sen suorituskky on todennettu suoritustasoilmoituksella (DoP). Kyseessä on tuotteen valmistajan julkaisema asiakirja, joka sisältää tuotteen ominaisuuksille asetetut vaatimukset, erityisesti olennaisinta suorituskkyä koskevat vähimmäisvaatimukset.

DoP on Euroopan unionin asiakirjoja. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus N:o 305/2011 rakennustuotteiden kaupan pitämistä koskevien ehtojen yhdenmukaistamisesta astui voimaan 1. heinäkuuta 2013. Asetuksella säännellään joidenkin rakennustuotteiden jakelua Euroopan unionissa. DoP tiivistää tuotteesta välttämättä tiedettävät ominaisuudet teknisestä näkökulmasta. Se on tuotteelle myönnetty ”passi”, yleisesti tunnettu CE-merkki, joka sallii tuotteelle vapaan liikumisen Euroopan unionin sisällä.

DoP on mainitun EU-asetuksen – josta käytetään myös englanninkielisestä nimityksestä johtuvaa kirjainlyhennettä CPR – mukainen asiakirja, jota EU:n sisämarkkinat sekä tavaroiden vapaa liikkuvuus ja jakelu edellyttävät. Unkarin erityislainsäädäntöön kuuluvassa hallituksen asetuksessa nro 275/2013 rakennustuotteen suunnittelusta ja asennuksesta rakennukseen sekä suorituskyvyn sertifiointin yksityiskohtaisesta sääntelystä todetaan, että rakennustuotetta voidaan käyttää vain, jos sillä on DoP. Tämä asetus on voimassa vain Unkarissa, vaikka vaatimukset ovat samanlaiset monissa EU-maissa.

Kaikki edellä mainittu jo kertoo, kuinka kaikille, niin rakennusprosessiin osallistuville kuin talon tuleville asukkaille, on tärkeää, että suunnitelluilla ja asennetuilla materiaaleilla on DoP.

Lopuksi vielä lyhyt ja yksinkertaistettu tiivistelmä suunnittelu- ja rakennusprosessin vaiheista.

Esimerkki: asiakas haluaa rakennuttaa talon. Asiakkaalla on summittainen tai yleisluonteinen käsitys siitä, miltä rakennuksen tulisi näyttää, sitten suunnittelijan kanssa keskustellaan ja viimeistellään ideoita ns. suunnittelijaohjelmassa. Tämä vaihe on tärkeä, sillä siinä osaava ammattilainen voi auttaa ideoiden muotoilussa ja prosesseja selvittäessä, ts. mitä voidaan tehdä ja kannattaako niin tehdä ja mikä rakentajien mielestä ei ole toteuttavissa.

Tämän jälkeen arkkitehti suunnittelee talon ja pohtii toteutusta vielä useissa vaiheissa. Tähän sisältyy käytettävän rakennustuotteen odotettavissa olevan teknisen suorituskyvyn määrittäminen edellä lueteltujen olennaisten vaatimusten osalta. Huomioon on otettava myös rakennuksen rakentamisesta ja käytöstä aiheutuvat vaikutukset, lakisääteiset vaatimukset ja eettiset säännöt. Kaikki tämä on osa suunnitteluprosessia.

Rakentaja saa käyttää taloon ainoastaan rakennustuotteita, joiden valmistajan suoritustasoilmoituksessa ilmoittama suorituskky vastaa suunnittelijan määrittelemää odotettua teknistä suorituskkyä. Lopuksi kaikki prosessit dokumentoidaan suoritustasoilmoituksilla.

## 4.4 Talotekniikkajärjestelmät – lämmitys, viilennys, ilmanvaihto

Asuinrakennuksia ei nykyään voida kuvitella ilman erilaisia teknisiä talotekniikoita. Suurin osa niistä on niin itsestään selviä, ettemme tule edes ajatelleeksi niitä, kunhan ne vain toimivat. Mitä nämä järjestelmät sitten ovat? Yksinkertaisesti sanottuna kaikki laitteet, jotka liittyvät putkiin tai johdotuksiin rakennuksen sisällä. Niitä ovat sähköjohdot, maakaasu- ja muut putket, hormisto ja kaikki liittyvät laitteet ja tarvikkeet (kattila, ilmanvaihto, termostaatti, lämpöpatterit jne.).

Talotekniikkajärjestelmillä on monenlaisia tehtäviä. Ne varmistavat riittävän asuinmukavuuden, kuten lämmityksen talvella ja viilennyksen kesällä, kuuman ja kylmän veden saannin, jäteveden poiston ja yhä useammin myös ilmanvaihdon. Lisäksi nämä järjestelmät varmistavat, että sähkönsyöttö verkosta rakennuksen sähkölaitteisiin tapahtuu oikein, tai voimme jopa tuottaa omaa energiaa aurinkopaneeleilla, aurinkokeräimillä ja vastaavilla. Muita melko yleisiä järjestelmiä ovat hälytys- ja kulunvalvontajärjestelmät, hissit ja – paljon harvemmin tosin – keskuspolynimurit ja automaattiset suojausjärjestelmät.

Ympäristön näkökulmasta nämä laitteet tuotetaan samalla tavalla kuin rakennusmateriaalit, ja lopulta ne kaikki päätyvät jätteeksi, varsin nopeastikin, jos ne lakkaavat toimimasta. Vielä merkityksellisempää on niiden käytön vaatima energiankulutus, joka ei ole vain kallista vaan myös saastuttavimpia teollisuudenaloja.

Erilaiset talotekniikkajärjestelmät kuvataan tämän käsikirjan luvussa 6.1.

# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

## KÄSIKIRJA

5

**Energiatietoinen arkkitehtuuri –  
passiiviset ratkaisut**



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# 5

## Energiatietoinen arkkitehtuuri – passiiviset ratkaisut

Rakennusten lämmitys- ja viilennysenergian kysyntää voidaan vähentää passiivisilla ratkaisuilla. Toisin kuin aktiivisissa menetelmissä, näissä ratkaisuissa käytetään vain rakennuselementtejä ja auringon energiaa, muihin energialähteisiin ei tarvitse turvautua. Energiatieteellinen askel kohti vähän energiaa käyttävää taloa: säästetty energia on halvinta. Aktiivisten uusiutuvien energialähteiden asentaminen kannattaa vain, jos kysyntää jo pienennetään passiivisin keinoin.

Koko elinkaarta tarkasteltaessa passiivisten toimenpiteiden eduksi katsotaan myös se, että niiden toteutunut vaikutus on yleensä hyvin pieni tai jopa nolla – materiaalien tuotannon ja valmistuksen aiheuttamat – samalla kun ne myötävaikuttavat rakennuksen operatiivisen energiantarpeen pienenemiseen. Suotuisalla rakennemuodolla tai hyvin valitulla suunnalla, esimerkiksi, ei ole toteutuneita lisävaikutuksia, lämmöneristyksellä taas on suhteellisen pieni vaikutus. (ks. lisätietoa luvusta 4.3).

Passiivisten ratkaisujen sovellettavuus riippuu ilmastosta. Ilmastoluokitusjärjestelmiä on useitakin, mutta käytämme selkeää ja käytännöllistä lämmitys- tai viilennystarpeeseen perustuvaa eurooppalaista luokitusta:

- Kylmä (paljon lämmitystä vaativa ilmasto), esim. Suomi
- Keskiverto (lämmitystä ja viilennystä vaativa [sekä - että] ilmasto), esim. Unkari
- Lämmin (viilennystä vaativa ilmasto), esim. Etelä-Italia





Jokaisella rakennuksella on lämpövoittoa. Koska lämpövoitto kattaa tietyn lämpöhäviösuhteen, lämmitysjärjestelmää ei tarvitse käynnistää välittömästi, jos päivittäinen keskilämpötila ulkona laskee alle 20 asteen. Unkarissa, esimerkiksi, keskivertorakennuksessa suurin osa lämmitysjärjestelmistä alkaa toimia, kun ulkolämpötila on ollut 12 °C kolmena peräkkäisenä päivänä, mikä on normaalitilanne lokakuun puolivälissä, koska aurinkoenergia ja sisäinen lämpövoitto peittävät lämpötilaeron. Hyvin suunnitellussa, vähän energiaa käyttävässä rakennuksessa lämpövoitto kattaa paljon suuremman lämpöhäviösuhteen, mikä johtaa lyhyempään lämmityskauteen ja pienempään lämmitysenergian tarpeeseen. Tämä voidaan saavuttaa kaksoisstrategialla: pienennetään lämpöhäviötä ja käytetään mahdollisimman paljon aurinkoenergiaa. Molemmat ovat merkitykseltään tärkeitä energiatehokkaan rakennuksen suunnittelussa.

Seuraavissa luvuissa esitetään passiiviset lämmitys- ja viilennysratkaisut.

### Rakennuksen lämpötasapaino

Kun rakennus vaatii lämmitystä, lämpöhäviö johtuu siirtymisestä ja ilmanvaihdosta, tasapainon positiivinen puoli taas on auringon säteilyn ja sisäisen lämpövoiton summa:

- Siirtymishäviötä tapahtuu, kun lämpö johtuu ja siirtyy rakennusta ympäröivien rakenteiden ja lämpösiltojen kautta.
- Ilmanvaihtohäviötä aiheutuu, kun lämmin sisäilma korvautuu kylmemmällä ulkoilmalla.
- Aurinkoenergiaa syntyy Auringon säteilystä, jota tulee rakennukseen läpinäkyvien elementtien (ja läpinäkymättömien, himmeiden elementtien) kautta.
- Sisäinen lämpövoitto on lämmöntuottoa sellaisista sisäisistä lähteistä, joiden päätarkoitus ei ole lämmitys, kuten ihmisistä sekä laitteista ja varusteista johtuva lämpö.
- Todelliseen lämpötasapainoon vaikuttaa myös rakennuksen osien massaan varastoituneen lämmön muutos: lämpöä joko imeytyy tai vapautuu olosuhteista riippuen. Varastoituneen lämmön muutos on nolla pidemmällä aikavälillä, jos muutos on jaksollista.
- Jos häviö ylittää voiton, puuttuva energia saadaan lämmitysjärjestelmästä.

Energiatasapaino on näiden laskennallinen summa.

## 5.2 Passiiviset lämmitysratkaisut

Passiivisilla lämmitysratkaisuilla vähennetään lämmitysenergian tarvetta, mikä on erityisen tärkeää ilmastossa, jossa lämmitys on jatkuvaa. Näissä ilmastoissa vallitsevia ovat ”puolustavat” strategiat: ikkunakoot pidetään pieninä lämpöhäviön vähentämiseksi. Energiansäästöt ja lasiteknologian nopea kehitys viime vuosikymmeninä ovat johtaneet aurinkoarkkitehtuuriin: rakennuksissa on nyt Auringon energiaa hyödyntäviä suuria, tarkasti suunnattuja lasijulkisivuja ja suuren määrän lämpöä varastoivia raskaita rakenteita. Kun keskivertoa olevan perinteisen rakennuksen lämmitysenergian tarve on Euroopassa n. 200 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa, vähän energiaa käyttävällä rakennuksella se on n. 50–70 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa ja erittäin vähän energiaa käyttävällä rakennuksella (passiivitalo) niin-kin vähän kuin 15 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa<sup>41</sup>. Seuraavissa osioissa esitetään yhteen-veto strategioista, joilla lämmitysenergian tarvetta pienennetään lämpöhäviötä leikkaamalla ja lämpövoittoa suurentamalla.

*Kansanark-  
kitehtuuri on  
perinteisesti  
suosinut pieniä  
ikkunoita<sup>42</sup>*



41 Lähde: [https://passiv.de/former\\_conferences/Passivhaus\\_D/Aufsatz\\_Passivhaus\\_1997.htm](https://passiv.de/former_conferences/Passivhaus_D/Aufsatz_Passivhaus_1997.htm) (viimeisin tarkistus huhtikuussa 2021)

42 Lähde: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Szal\\_paraszth%C3%A1z%2Budvar.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Szal_paraszth%C3%A1z%2Budvar.jpg) (viimeisin tarkistus huhtikuussa 2021)

## a. Lämpöhäviön pienentäminen

---

Tärkeimmät keinot rakennuksen lämpöhäviön pienentämiseksi: muoto, lämmöneristys ja ilmatiivis vaippa. Yksinkertainen, mutta olennaisen tärkeä keino pienentää lämpöhäviötä: sisälämpötilaa ei aseteta liian korkeaksi. Sisälämpötilan lasku yhdellä asteella antaa 6–10 %:n säästön lämmitysenergian tarpeessa tyypillisessä asuinrakennuksessa keskivertoilmastossa<sup>43</sup>. Asuinmukavuus kuitenkin edellyttää riittävän korkeaa sisälämpötilaa.

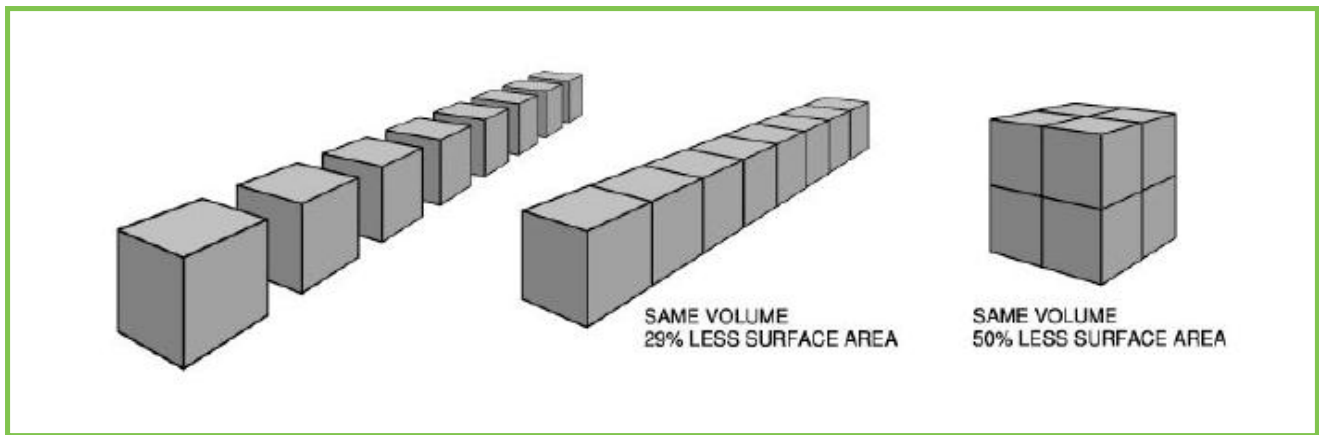
### Rakennuksen muoto

**Muodolla on merkitystä.** Rakennuksen energian laatu määritetään suurimmalta osaltaan jo arkkitehdin piirustuslaudalla. Kompaktissa rakennuksessa lämpöhäviö on pienempi kuin moniulotteisessa. Rakennuksen muotoa voidaan luonnehtia ns. pinta-tilavuussuhteella ( $A/V$ ), jolla tarkoitetaan lämmitetyn sisätilan ulkotilasta erottavan rakennuksen vaipan pinta-alaa jaettuna lämmitetyllä tilavuudella. Pieni pinta-tilavuussuhde on hyödyllinen, koska ulkopinnan kanssa kosketuksessa oleva pinta-ala on pienempi jokaisen tilavuusyksikön suhteen. Ihanteellisin rakennus on muodoltaan pallo. Käytännön syistä kupolin muotoiset rakennukset ovat harvinaisia, mutta ilman tarpeettomia ulokkeita oleva kuutio on myös hyödyllinen muoto. Pohjapiirrosta laadittaessa on kuitenkin otettava huomioon, että sisätiloihin pitää päästä riittävästi päivänvaloa ja luonnollisen ilmanvaihdon on voitava toimia. Keski-Euroopassa, esimerkiksi, suurin syvyys, jonka auringonpaiste läpäisee talvella ikkunasta on n. 6 m<sup>44</sup>. Hieman pitkänomaiset suorakulmaiset muodot toimivat hyvin sekä lämmön vähentämisen että aurinkoenergian osalta.

---

43 Lähde: <https://www.energy.gov/energysaver/thermostats> (viimeisin tarkistus huhtikuussa 2021)

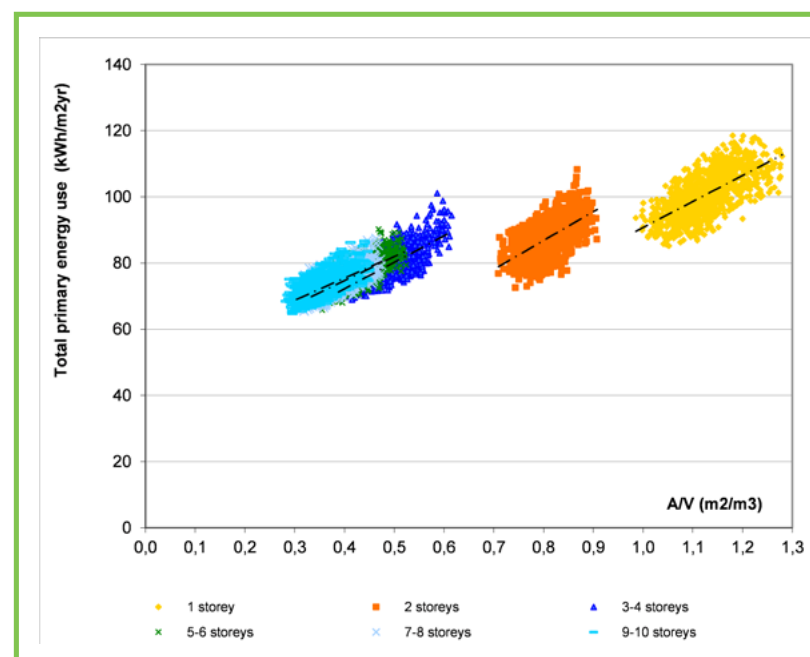
44 Zöld, András; Szalay, Zsuzsa; Csoknyai, Tamás: Energiatudatos építészet 2.0



*Ensimmäiseen tapaukseen verrattuna toisella järjestelyllä on sama tilavuus, mutta 29 % vähemmän pinta-alaa, kolmannella taas 50 % vähemmän pinta-alaa*

**Koolla on merkitystä.** Vaikka pinta-alan kasvu on neliö, tilavuuden kasvu on kuutio, joten suuremmilla rakennuksilla on pienempi pinta-alan ja tilavuuden suhde. Suurella monen perheen kerrostalolla on paljon pienempi energiantarve lattianeliötä kohti kuin omakotitalossa, jolla on sama eristystaso! Alla on esimerkki rakennuksen erityisestä (primääri) energiantarpeesta, jokainen piste edustaa yhtä rakennusta (tähän energiaan sisältyy tilan ja käyttöveden lämmitys kerrottuna ns. primäärienergiakertoimella, joka kuvaa energiankantajan muuntotehokkuutta). Esimerkin rakennukset ovat samanlaiset eristystasoltaan, lämpösilloiltaan, ilmatiiviydeltään, talotekniikkajärjestelmiltään jne., ainoa poikkeus on rakennusten koko ja muoto. Keltaiset pisteet edustavat yksikerroksista rakennusta, jonka keskimääräinen energiantarve on 100, kun taas suurten, 10 kerroksisten, rakennusten energiantarve voi olla niinkin pieni kuin 75 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Saman luokan rakennusten välillä on myös suuri ero: kompaktin omakotitalon energiantarve on noin 20 kWh/m<sup>2</sup> vähemmän vuodessa kuin moniulotteisen.

*Kuva 10: Kokonaisenergiantarve (primääri) rakennuksissa, joilla on samanlaiset eristystasot, mutta kerrosten lukumäärä ja muoto ovat erilaiset*<sup>45</sup>



**Tilalla on merkitystä.** Tehokas tilankäyttö lisää myös energiansäästöä. Kompakteinkin, hyvin eristetty mutta ylisuuri omakotitalo kuluttaa energiaa, ja tilansäästö tuo mukanaan myös energiansäästön. Talon kokoa mietittäessä ratkaisevaa on perheen todellinen tilantarve. Tämä on monitahoinen asia, jota on tarkasteltava monesta näkökulmasta. Huomioon on otettava esim. asumiseen liittyvät oikeudet ja subjektiiviset näkökohdat. Rakennuksen koko vaikuttaa myös sen tarvitseman maan määrään, mikä on myös ympäristöindikaattori.

**Suunnalla on merkitystä.** Rakennuksen suuntaa määritettäessä huomioon pitää ottaa vallitsevat tuulet, ja sen tulisi olla suotuisa myös aurinkoenergian hyödyntämiselle (ks. luku 5.2.b). Pohjapiirroksen laatimisessa ja kaavoituksessa Aurinko on määräävä tekijä: puskuritilojen, joissa lämpötila voi olla matalampi, kuten varastotilat, ruokakomerot tai kylpyhuone, voivat olla pohjoisen puolella, olohuoneeseen taas pitää tulla auringonvaloa. Sekä lämmitystä että viilennystä vaativassa ilmastossa kaksi terassia tai parveketta on hyvä ratkaisu: toinen etelään ja toinen pohjoiseen.

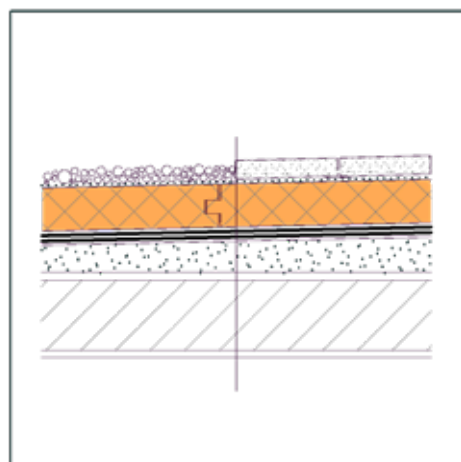
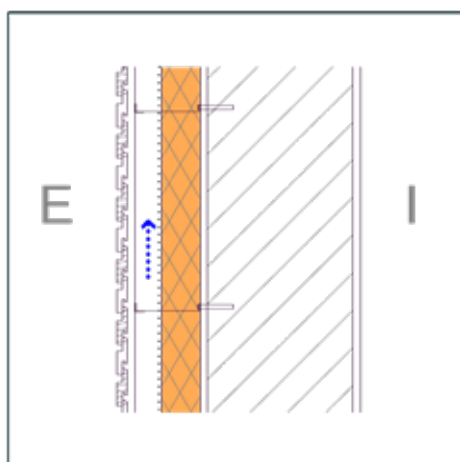
## Lämmöneristys

Lämmön siirtymisestä johtuvaa häviötä pienennetään tehokkaimmin korkeatasoisella lämmöneristyksellä. Vaikka lämmöneristeiden valmistus aiheuttaa myös päästöjä ja energiantarvetta, tavanomaisten materiaalien osalta saavutettu energiansäästö ylittää toteutuneen energiankulutuksen kuitenkin jo muutamassa vuodessa (ks. luku 4.3.). Eristys johtaa energiansäästöön, lisäksi se takaa hyvän lämpömukavuuden ja suojaa rakennetta. Eristyksen sivuvaikutuksena sisäpintojen lämpötilat ovat korkeammat huonosti eristettyyn rakenteeseen verrattuna. Tämä vaikuttaa ns. käyttölämpötilaan, joka on seurausta ilman lämpötilasta ja ympäröivien pintojen säteilylämpötilasta. Tämä on se lämpötila, joka huoneessa aistitaan ja jolla lämpömukavuutta kuvataan. Koska säteilylämpötila on korkea, ilman lämpötila voi olla matalampi saman lämpömukavuuden saavuttamiseksi, mikä lisää energiansäästöä.



*Selluloosaeristeen  
puhallusta ullakolla*

*Ulkoseinän  
ja tasakaton  
eristys<sup>46</sup>*



Lämmönläpäisykyky (U-arvo) osoittaa, kuinka paljon lämpöä siirtyy 1 m<sup>2</sup>:n talorakenteen läpi, jos näiden kahden ulkopinnan välillä on lämpötilaero, W/m<sup>2</sup>K. Mitä pienempi U-arvo, sitä parempi eristys. Tyypilliset numeeriset arvot ovat melko pieniä: jos U-arvo on 1 tai suurempi, se on osoitus huonosti eristetystä rakenteesta, hyvin eristettyjen elementtien U-arvot ovat 0,1–0,3 W/m<sup>2</sup>K. Esimerkiksi Unkarissa uusien ulkoseinien U-arvon on oltava alle 0,24 W/m<sup>2</sup>K, mikä vastaa 14–16 cm:n eristyspaksuutta tavanomaisella eristysmateriaalilla.

Erittäin tärkeä indikaattori talorakenteiden eristyskapasiteetista on ns. U-arvo tai lämmönläpäisykyky.



Ikkunoiden U-arvot ovat tyypillisesti suurempia kuin läpinäkymättömillä elementeillä (nykyaikaisilla ikkunoilla 0,7–1,6 W/m<sup>2</sup>K), mutta ei pidä unohtaa, että ikkunat vaikuttavat paitsi lämpöhäviöihin myös lämpövoittoihin: lasitus välittää aurinkoenergiaa huoneeseen, mikä pienentää lämmitysenergian tarvetta (ks. luku 5.2.b). Esimerkiksi etelään antavan ikkunan talvinen energiasaldo on keskivertoilmastossa positiivinen: tämä tarkoittaa sitä, että lasien läpi siirtyvän energian määrä on suurempi kuin ikkunan läpi lämmityskaudella menetetyn kokonaislämmön. Ikkunaa valittaessa on tärkeää kiinnittää huomiota siihen, että monet valmistajat ilmoittavat vain lasin U-arvon, mikä on yleensä parempi kuin kehyksen U-arvo. Koko ikkunan U-arvo on kehyksen ja lasituksen pintapainotettu keskiarvo. Kylmässä ilmastossa vaaditaan kolminkertaiset lasit erikoispinnoitteilla ja kaasutäytteellä, lämpimässä ilmastossa voi hyvinkin riittää kaksi lasia.

*Puuikkunat kahdella tai kolmella lasilla*



## Lämpötiilet

Pintojen lämmöneristys on olennaisen tärkeää, mutta aivan erityistä huomiota pitää kiinnittää rakennuksen yksityiskohtiin. Jokainen rajapinta ja talorakennelämenttejä koskeva muutos voi kasvattaa lämpöhäviötä. Tällöin puhutaan lämpösilloista. Jokaisesta rakennuksesta löytyy yksinkertainen lämpösilta: seinien nurkat. Kun nurkkaa katsoo sisäpuolelta, näkee vain viivan. Ulkopuolella tätä viivaa vastaa suuri pinta, joten ”viivan” lämpöhäviö on paljon suurempi kuin tavallisella pinnalla. Tästä lämpösillasta käytetään nimitystä ”geometrinen lämpösilta”. Geometrisiä lämpösilloja on jokaisessa rakennuksessa, ja niitä on käytännössä mahdotonta välttää. Muun tyyppiset lämpösillat voivat johtua



materiaalimuutoksesta, esim. kantavat raudoitetut betonipilarit tiiliseinässä tai raudoitetun betonilaatan liittyminen tiiliseinään. Jopa kattotuolin paarteet ovat lämpösilloja verrattuna lämmitetyn ullakon täyttöeristykseen, sillä puun eristyskapasiteetti on n. kolme kertaa pienempi kuin eristeen. Tämän tyyppisiin lämpösiltoihin on tärkeää asentaa lisäeristys, ei vain lämpöhäviön minimoimiseksi vaan myös sisäpintojen lämpötilan alenemisen estämiseksi. Jos

sisäpintojen lämpötila laskee alle kriittisen arvon, kondensoitumisen ja homeen kasvun riski suurenee merkittävästi.



*Homeen kasvu ikkunanvaihdon jälkeen, mikä johtuu lämpösilloista ja riittämättömästä tuuleutuksesta<sup>47</sup>*

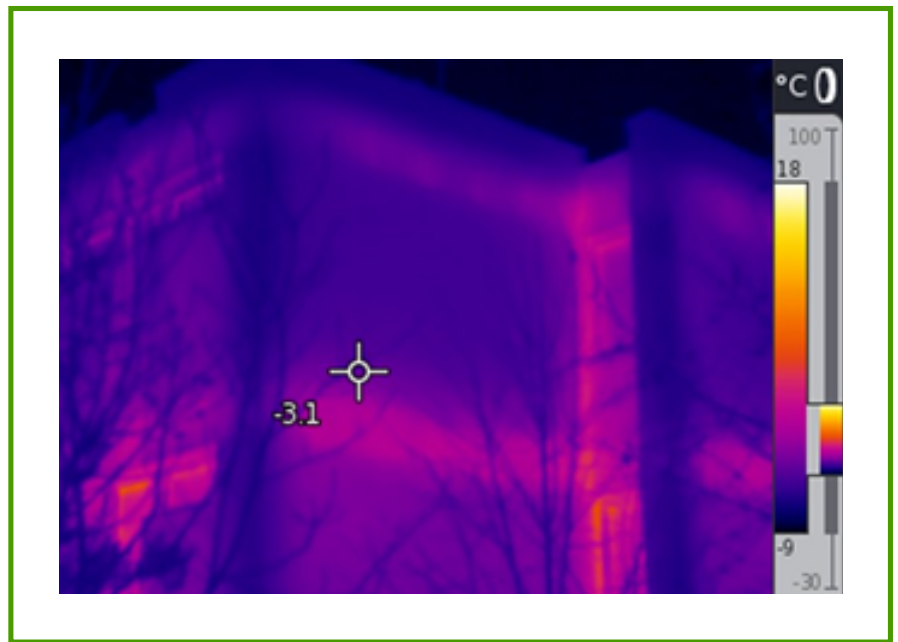
Lämpösiltojen käsittely on erityisen haastavaa, kun olemassa olevia rakennuksia kunnostetaan, sillä joidenkin rakennusosien

ja liitoskohtien eristäminen on usein vaikeaa. Esimerkiksi maanpintaa vasten olevan laatan eristäminen tarkoittaisi, että lattiarakenne on rakennettava kokonaan uudelleen, ja muutos pohjakerroksessa vaikuttaisi kaikkiin vieressä oleviin rakenteisiin. Tällöin ympärismuurit eristämällä maaperän lämpöhäviötä saadaan pienennettyä tehokkaasti, mutta se vaatii paljon pohjatöitä. Pienetkin puutteet eristekerroksessa voivat aiheuttaa merkittäviä menetyksiä. Eristys esim. on käännettävä sisään peittämään pystysuora karmi ikkunan reunassa, vaikka ikkunan kehys rajoittaisi sen paksuutta. Paras tulos saadaan, jos ikkunat asennetaan siten, että ne liittyvät pinnan eristykseen tai ne ovat eristyksen tasolla. Eristekerroksen puutteet saadaan selville infrapunalämpökuvauksella.

---

<sup>47</sup> Lähde: Martin Marosvölgyi

*Lämpösillat havaitaan  
infrapunalämpökuvauksella<sup>48</sup>*



## Ilmatiiviys

Terveellinen ja mukava asuminen edellyttää raitista ilmaa. Ilmanvaihto ja ilman sisäänsuotautuminen ovat kuitenkin eri asioita. Ilmanvaihto on tarkoituksellista ilman liikuttamista hajujen ja epäpuhtauksien poistamiseksi, ja se voidaan toteuttaa avaamalla ikkunat tai mekaaninen ilmanvaihtojärjestelmä. Ilman sisäänsuotautuminen on toisaalta ilman tahatonta vaihtumista sisä- ja ulkotilojen välillä rakenteen halkeamien kautta. Hallitsemattomaan lämpöhäviöön johtavana se ei ole toivottavaa. Ilman sisäänsuotautumisen minimoimiseksi rakennus tarvitsee vaipan.

Yleensä tässä sovelletaan ”kynäsääntöä”: rakennuksen poikkileikkauksessa ilmatiivistä vaippaa pitäisi pystyä seuraamaan kynää nostamatta. Tiiviissä muuraus- tai betonirakenteessa on helpompaa täyttää ilmatiiviyden vaatimukset, koska rakennuksen vaippa voidaan sulkea sisäpuolisella tasoitteella. Kevyisiin rakenteisiin, kuten puurunkoseinään tai kaltevaan kattoon, pitää asentaa ilmatiiviit kalvot. Tässäkin on kiinnitettävä erityistä huomiota yksityiskohtiin: jopa pienet reiät, kuten pistorasiat tai putkien läpiviennit, voivat aiheuttaa erittäin suuria ilmapuotoja. Kosteaa sisäilma voi tunkeutua näiden reikien läpi rakenteeseen ja aiheuttaa vakavia vaurioita. Vaikka nykyaikaiset ikkunat ovat yleensä hyvin ilmatiiviitä, ikkunoiden liitokset ovat tyypillisiä heikkoja kohtia: seinän ja ikkunan välinen liitos on tiivistettävä ilmatiiviillä teipillä.

---

48 Lähde: Zsuzsa Szalay

Välttämättömän raikkaan ilman saanti voidaan hyvin ilmatiiviissä rakennuksissa toteuttaa hallitusti. Jos ilmanvaihto tapahtuu ikkuna-aukon kautta, asunto on tuuletettava hyvin vähintään kaksi kertaa päivässä tai useamminkin, käytöstä riippuen. Märkätiloissa voidaan käyttää kosteusohjattuja virtausaukkoja, jotka avautuvat automaattisesti, jos vallitseva kosteus ylittää tietyn tason. Ilmanvaihto voidaan järjestää myös keinotekoisesti. Jos myös lämmöntalteenottoyksikkö on asennettuna, lämpöhäviö pienenee tällöin merkittävästi. (ks. luku 6.1).

### Painekoe

Rakennuksen ilmatiiviys voidaan testata painekokeella, jossa puhallin luo paine-eron sisä- ja ulkopuolen välille. Rakennuksen ilmatiiviys, joka ilmaistaan ilmamuu- toksilla per tunti 50 pascalin paine-erolla (ACH50 tai n50), voidaan laskea ilmavir- ran nopeudesta. Vanhojen rakennusten arvo voi olla n50 yli 10 ja tyyppillisillä uudisrakennuksilla 2–5, passiivitaloille vaatimus on 0,6 h<sup>-1</sup>. Joissain maissa tämä testi on pakollinen uudisrakennuksille, koska se auttaa suodattamaan rakennus- virheet.

## **b. Lämpövoiton kasvu**

Lämpövoitto pienentää lämmitysenergian tarvetta. Pääasialliset lämmöntuotantotyytit ovat aurinkoenergia ja asukkaiden, laitteiden ja varusteiden tuottama sisäinen lämpövoitto. Koska laitteiden käyttö kuluttaa sähköä, sitä ei pidä käyttää pelkästään lämmitykseen, kannattavaa olisi ostaa energiatehokas kone, jolla on korkea hyötysuhde. Toisaalta ”ilmainen” aurinkoenergia voi vaikuttaa merkittävästi lämmitykseen.

### **Aurinkoenergia**

Jokainen ikkunallinen rakennus käyttää aurinkoenergiaa passiivisesti. Aurinkoenergian saanti riippuu luonnollisesti pinnan suunnasta. Pohjoisella pallonpuoliskolla eteläpuoleiset pinnat, joiden kaltevuus vastaa suunnilleen leveysastetta, vastaanottavat suurimman mahdollisen määrän Auringon

säteilystä. Unkarissa, esimerkiksi, etelänpuoleisella pinnalla, jonka kaltevuus on  $45^\circ$ , kokonaissäteily on n.  $450 \text{ kWh/m}^2$  lämmityskaudella, pystysuoralla pinnalla taas n.  $400$  etelän-, n.  $200$  idän-/lännen- ja n.  $100 \text{ kWh/m}^2$  pohjoisenpuoleisella pinnalla. Koska lämpövoitto lämmityskaudella ylittää lämpöhäviön nykyaikaisella etelänpuoleisella ikkunalla, korkea ikkunasuhde hyödyttää etelänpuoleisella julkisivulla, mutta kesällä sinne on järjestettävä varjoa ylikuumenemisriskin pienentämiseksi. (ks. luku 5.3.a)

### Kasvihuoneilmiö

Jotta voitaisiin ymmärtää, miten aurinkoenergia edesauttaa lämmitystä, pitää ensin muistaa, mikä kasvihuoneilmiö on. Auringon energia välittyy ilmakehän läpi, ja osa tästä energiasta imeytyy Maan pintaan. Lämpö säteilee maanpinnasta kohti avaruutta, mutta osa tästä lämmöstä ei läpäise kasvihuonekaasuja vaan jää lämmittämään maapalloa. Miksi näin tapahtuu? Kasvihuonekaasut välittävät suurimman osan Auringosta tulevasta lyhytaaltoisesta säteilystä, mutta estävät suurimman osan maapallosta lähtöisin olevasta pitkäaaltosäteilystä. Sama ilmiö voidaan havaita rakennuksen mittakaavassa: suurin osa aurinkoenergiasta välittyy lasituksen läpi, tämän jälkeen pinnat heijastavat, imevät ja säteilevät sen uudelleen, kunnes se lämmittää koko huoneen. Se kuitenkin jää huoneeseen, koska lasituksella, kuten kasvihuonekaasuilla, on lyhytaaltosäteilylle erittäin korkea aurinkoenergian läpäisykerroin, tämä läpäisykyky kuitenkin heikkenee dramaattisesti huonepintojen säteilemien pitkien aaltojen suhteen. Aurinkoenergian läpäisykerroimen suuruus lasitukselle ilmoitetaan g-arvona.

### **Terminen massa**

Terminen massa auttaa vähentämään lämpötilan vaihteluja rakennuksen sisällä. Tämä on hyödyllistä sekä talvella että kesällä. Talvella terminen massa imee päivän aikana Auringon säteilyä, joka sitten vapautuu myöhemmin lämpötilan laskettua. Tämä johtaa aurinkoenergian suurempaan hyödyntämisasteeseen, siten sillä on tärkeä tehtävä passiivisissa aurinkolämmitysjärjestelmissä. Tällöin kapasiteetiltaan pienemmänkin lämmitysjärjestelmän asentaminen riittää. Suuri terminen massa on etu jatkuvasti käytössä olevissa rakennuksissa, kuten asuintaloissa, mutta se voi olla haitallinen harvoin käytettävissä loma-asunnoissa, joissa rakenteen lämmittäminen kestää kauemmin. Termisen massan merkitys kesällä selitetään luvussa 5.2.

Terminen massa on rakennusmateriaalien tiheyden ja ominaislämpökapasiteetin funktio. (lämpökapasiteetti kuvaa tietylle materiaalimassalle syötettävää lämpömäärää sen lämpötilan yksikön muutoksen aikaansaamiseksi.) Raskailla materiaaleilla, kuten betonilla, tiilellä ja kivellä, on suuri terminen massa. Näiden materiaalien tuotanto vaatii tyypillisesti melko energiaintensiivistä menettelyä, mikä on otettava huomioon niiden koko elinkaaren suorituskykyä arvioitaessa. Rakennuksen tehollinen terminen massa riippuu rakennuselementtien sisäpintojen lähellä olevista materiaaleista. Yhdessä päivässä imeytynyt lämpö ei tunkeudu syvempiin kerroksiin: todellinen syvyys yhden päivän jaksolle on n. 10 cm. Lähellä sisäpintaa olevat eristävät kerrokset katkaisevat kuitenkin takana olevan massan. Esimerkiksi sisäinen eristys tai jopa matto tai välikatto voi vaikuttaa haitallisesti termiseen massaan.

Hyvin eristetyissä rakennuksissa termisen massan tehtävä ei ole kovin selvä, koska rakennuksen reaktioaika ulkoisiin muutoksiin on suorassa suhteessa lämpökapasiteettiin ja epäsuorassa suhteessa lämmönsiirtokerrotimeen. Koska lämmönsiirtokerroin pienenee huomattavasti hyvin eristetyissä rakennuksissa, ne reagoivat hitaasti kaikkiin säämuutoksiin (ns. aikavakio on korkea).

## c. Innovatiiviset passiiviset lämmitysratkaisut

---

Innovatiivisia passiivisia aurinkoratkaisuja on useita. Jotkut niistä ovat olleet tunnettuja jo 30–40 vuotta, mutta suurin osa on edelleen tutkimusvaiheessa ja käyttö vielä rajallista.

### **Viherhuone**

Viherhuone on lämmitetyn rakennusvaipan ulkopuolella, eteläsivulla, oleva lasitettu tila, jossa ei ole minkäänlaista lämmityslaitetta. Viherhuone kerää auringonpaisteella lämpöä ja lämpenee kasvihuoneilmiön ansiosta. Lämpö

välittyy sisälle yhteisen seinän läpi ja avattavien ilmanvaihtoaukkojen kautta. Lämmön varastointikapasiteettia voidaan lisätä erillisellä tilalla, johon viherhuoneesta tuleva lämmitetty ilma kanavoidaan mekaanisesti ja josta lämpö myöhemmin siirtyy säteilemällä ja johtumalla. Kun auringonpaistetta ei ole, viherhuone toimii puskuritulana, pienentää lämpöhäviötä ja suojaa rakennusta tuulelta ja sateelta. Suotuisissa sääolosuhteissa sitä voi käyttää asuintilana. Koska viherhuone voi kesällä ylikuumentua helposti, se tarvitsee suojan paahteelta. Tuuletusaukkojen sijoittaminen ulkotilaan viherhuoneen ylä- ja alaosaan auttaa poistamaan lämpöä ilmanvaihdolla.

### **Trombe-seinä**

Trombe-seinä on etelänpuoleinen, tummaksi maalattu, raskasrakenteinen Auringon säteilyä imevä seinä. Ulkopuolelta seinä on peitetty lasituksella, jonka takana on pieni ilmarako, se toimii kasvihuoneen kaltaisesti. Auringon säteilystä saatava lämpö varastoituu seinään, josta se sitten välittyy takana olevaan huoneeseen säteilemällä ja hallitulla ilmanvaihdolla pienten aukkojen kautta. Tuuletusaukkojen toiminta riippuu vuoden- ja kellonajasta: talvella aukot ovat auki päivällä, jotta Auringon säteilyllä lämmitetty ilma voi siirtyä huoneeseen, ja yöllä ne ovat kiinni tilan jäähtymisen välttämiseksi. Rakenteen ylikuumentuminen kesällä voidaan estää sopivalla suojauksella.

*Trombe-seinä Ranskassa<sup>49</sup>*



49 Lähde: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trombe\\_Wall\\_by\\_Felix\\_and\\_Michel.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trombe_Wall_by_Felix_and_Michel.jpg)



*Julkisivun uudistamiseen liittyvä läpinäkyvä  
eristys (Villa Tannheim, Freiburg)<sup>50</sup>*



### Läpinäkyvä eristys

Läpinäkyvässä eristyksessä yhdistyvät lasin ja läpinäkyvän eristyksen toiminnot: sillä on hyvä eristyskapasiteetti, mutta se voi myös välittää aurinkoenergiaa ja päivänvaloa. Tämä eristys on tyypillisesti lasia tai muovia, muoto hunajakkeno tai putkilo. Läpinäkyviä eristemateriaaleja on jo käytössä mm. ikkunoissa, seinissä ja aurinkokeräimissä. Niitä voidaan myös yhdistää Trombe-seinään.

### Faasimuutosmateriaalit

Faasimuutosmateriaalit auttavat kasvattamaan rakennuksen termistä massaa. Näillä materiaaleilla on alhainen sulamislämpötila, lähellä ihmisen lämpömukavuusrajaa. Kun lämpötila nousee, materiaali muuttuu kiinteästä nestemäiseksi, ja tämä reaktio imee lämpöä. Myöhemmin, lämpötilan laskiessa yöllä, materiaali muuttuu nestemäisestä kiinteäksi, jolloin lämpö vapautuu.

Näitä aineita on jo kaupallisesti saatavissa tuotteissa, esim. tasoitteissa ja kipsilevyissä, mutta niiden käyttö ei ole vielä kovin yleistä.



*Trombe-seinä faasimuutosmateriaalilla  
(Ebnet-Kappel, Sveitsi)<sup>51</sup>*

<sup>50</sup> Lähde: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Villa\\_Tannheim\\_in\\_Freiburg-Vauban,\\_Sitz\\_der\\_International\\_Solar\\_Energy\\_Society\\_\(ISES\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Villa_Tannheim_in_Freiburg-Vauban,_Sitz_der_International_Solar_Energy_Society_(ISES).jpg)

<sup>51</sup> Lähde: <https://www.schwarz-architekten.com/project/solarhaus-iii/>



### **Aurinkopaneeliseinä**

Aurinkopaneeliseinä on etelänpuoleinen, tummilla metallisilla reikälevyillä päällystetty seinä. Levyjen takana on tuuletettu ilmakerros, joka nousee lämmentyään Auringon säteilystä. Järjestelmä on kytketty rakennuksen LVI-järjestelmään, ja ilmanvaihtotuulettimet vetävät rakennukseen lämpimän ilman ja jakavat sen ilmakehän kautta. Tämä on suhteellisen yksinkertainen ja halpa tekniikka, jota voidaan käyttää menestyksekkäästi esim. teollisuusrakennuksissa.

## **5.3 Passiiviset viilennysratkaisut**

Passiiviset viilennysratkaisut voivat vähentää merkittävästi tai eliminoida jopa kokonaan rakennuksen viilennyksen vaatiman energiantarpeen. Viilennyskuormitusta on mahdollista keventää tai se voidaan poistaa kokonaan passiivisin keinoin, tiivistelmä tästä seuraavissa luvuissa.

### **a. Kuormituksen keventäminen**

Vaikka auringonpaiste on toivottavaa talvella, rakennus on suojattava siltä ulkolämpötilan noustua hyvin korkeaksi viilennystä vaativassa ja sekä lämmitystä että viilennystä vaativassa ilmastossa. Paahteelta suojaava varjostus voidaan aikaansaada kasvillisuudella, rakennuselementein, auringonvarjostimin tai erikoislasein.

#### **Kasvillisuus/viherseinä**

Ajatuksella istutetut puut voivat auttaa sisälämpötilan hallitsemisessa. Aina vihreitä havupuita suositellaan vain pohjoispuolelle suojaamaan rakennusta tuulelta. Eteläpuolella lehtipuut suojaavat hyvin paahteelta. Ne varjostavat rakennusta kesäkuukausina, jolloin lämpötila on korkeimmillaan, ja talvella lehtien pudottua ne eivät estä toivottua auringonpaistetta pääsemästä sisälle. Kasvillisuus tarjoaa myös haihdutusviilennystä (ks. luku 5.3.c).

Kasveja voi istuttaa myös itse rakennukseen, kuten julkisivuun, katolle tai jopa rakennuksen sisälle. Vihreällä julkisivulla on yleensä erillinen alusrakenne, johon kasvit kiinnittyvät. Lehdet varjostavat julkisivua ja, jos kasveja kastellaan säännöllisesti, tarjoavat myös haihdutusviilennystä. Viherkatoilla, joissa on paksu maakerros ja suuremmat kasvit (intensiivinen viherkatto), on sama vaikutus, mutta vaikka maakerroksen paksuus on rajallinen ja kasvit ovat pienempiä (ekstensiivinen viherkatto), se keventää termisen massansa ansiosta lämpökuormitusta.

*Viherseinä (Lontoo)<sup>52</sup>*

### Aurinkosuojaus

Tarkkaan harkitut varjostavat elementit ovat erittäin tehokkaita. Etelään antavissa ikkunoissa voidaan käyttää vaakaelementtejä, kuten katon ulkonemia tai ikkunan yläpuolisia parvekkeita.



Auringon liike ja lämpötilan muutos eivät ole keskenään täysin linjassa kesällä, koska Aurinko on korkeimmillaan kesäkuussa, mutta lämpö voimakkainta yleensä heinä-/elokuussa. Siksi aurinkosuojaus pitäisi suunnitella siten, että se toimii elokuussakin. Ylityksillä on se etu, että ne eivät estä päivänvaloa vaan päästävät sen rakennukseen kesälläkin. Itään ja länteen antavissa ikkunoissa vaakasuorat ylitykset eivät ole kovin tehokkaita, koska auringonvalo tulee matalista kulmista aamulla ja iltapäivällä. Pystysuuntaiset kaihtimet tai auringonvarjostimet toimivat tällöin paremmin. Varjostimilla on se etu, että ne eivät estä kokonaan auringonvaloa, ja siksi luonnonvalo riittää.

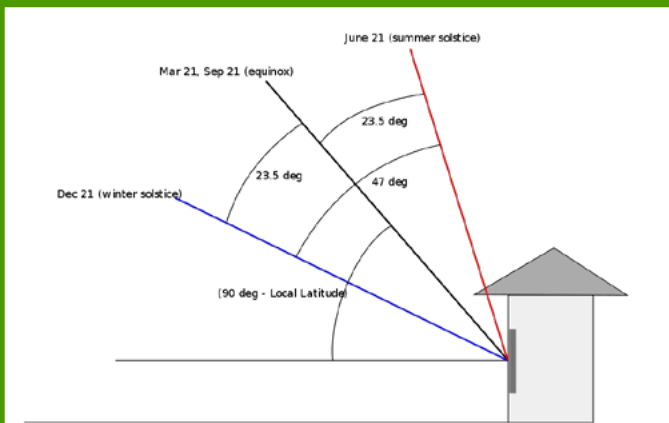
## Ylityksen pituuden suunnittelu

Ylityksen pituus on suunniteltava siten, että suoja on riittävä kesällä, kun Aurinko paahtaa korkealta, mutta matalammista kulmista talvella tuleva auringonvalo ei esty. Esim. Unkarissa leveysasteella 47° pohjoista leveyttä Auringon sijainti on keskipäivällä:

päiväntasauspisteessä (21. maaliskuuta / 21. syyskuuta):  $(90^\circ - \text{leveysaste}) = 43^\circ$

päivänseisauspisteessä kesällä (21. kesäkuuta):  $(90^\circ - \text{leveysaste} + 23,5^\circ) = 66^\circ$

päivänseisauspisteessä talvella (21. joulukuuta):  $(90^\circ - \text{leveysaste} - 23,5^\circ) = 20^\circ$



Kuvan lähde: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar\\_altitude.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_altitude.svg)

Ikkunoiden suojaamiseksi on useantyyppisiä auringonvarjostimia: luukut, sälekaihtimet, verhot, markiisit, rullaverhot... Ulkopuolelle asennetut varjostimet ovat yleensä tehokkaampia, sillä ne pysäyttävät auringonvalon jo ennen kuin se ehtii ikkunaan. Lasin läpi välittynyt ja sisäpuolella olevaan aurinkosuojaan imeytynyt lämpö on jo huoneen sisällä ja lämmittää tilaa. Sisäpuolelle asennetut suojat ovat tehokkaita vain, jos niiden ikkunaa päin olevan pinnan heijastavuuskyky on suuri. Saatavilla on myös lasien väliin asen-

nettuja säädettäviä aurinkosuojia. Nämä aurinkosuojat ovat varsin tehokkaita ja myös suojassa tuulen vaikutuksilta. Avattavilla ja suljettavilla aurinkosuojilla on se etu, että niiden käyttö voidaan mukauttaa Auringon sijainnin muutoksiin päivällä ja läpi vuoden. Auringonvarjostimet toimivat hyvin myös häikäisyä vastaan. Vähennyskerroin, joka ilmaisee huoneeseen tulevan aurinkoenergian prosenttiosuuden, esitetään alla olevassa taulukossa joillekin liikuteltaville auringonvarjostimille.

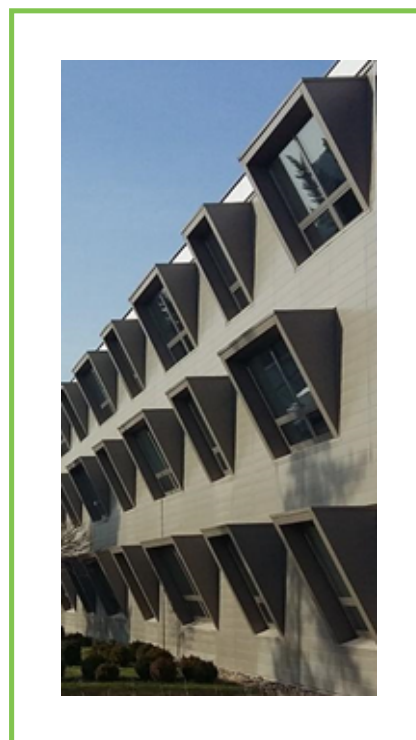
Auringonvarjostimien yleinen haittapuoli on, että suurin osa niistä vähentää myös tulevan valon määrää, mistä saattaa seurata sähkövalaistuksen lisääntynyt tarve. Säleiköllä varustetut ikkunaluukut on hyvä ratkaisu, joka auringonpaahteelta suojaamisen ohella mahdollistaa valaistuksen, visuaalisen yhteyden ulkotilaan ja ilmanvaihdon.

Auringonvarjostin	Vähennyskerroin	
	sisäpuolella	ulkopuolella
Rullakaihdin	-	0,1
Sälekaihdin, vaalea	0,45	0,15
Sälekaihdin, tumma	0,80	0,35
Kangaskaihdin, vaalea	0,55	0,35
Kangaskaihdin, tumma	0,85	0,6
Alumiinipäällysteiset kankaat	0,2	0,1
Verhot, vaaleat	0,8	-
Verhot, tummat	0,95	-

Kuva 11: Vähennyskertoimet joillekin liikuteltaville auringonvarjostimille<sup>53</sup>

## Erikoislasitus

Myös lasi itsessään voi tarjota aurinkosuojauksen. Saatavana on laaja valikoima lasituksia eri kalvoilla ja pinnoitteilla. Lasituksen tärkeimmät ominaisuudet ovat aurinkoenergian läpäisykyky (g-arvo tai SHGC) ja näkyvän valon läpäisysuhde (VLT). Korkea VLT-arvo on aina toivottavaa, korkea g-arvo taas on suositeltavampi talvella ja pieni g-arvo kesällä. Normaali lasitus ei pysty sopeutumaan muuttuviin olosuhteisiin, siksi asuinrakennukseen soveltuu lasituksen ja hallittavien auringonvarjostimien yhdistelmä paremmin kuin ei-säädettävä aurinkosuojalasi, joka voi myös muuttaa valon väriä.



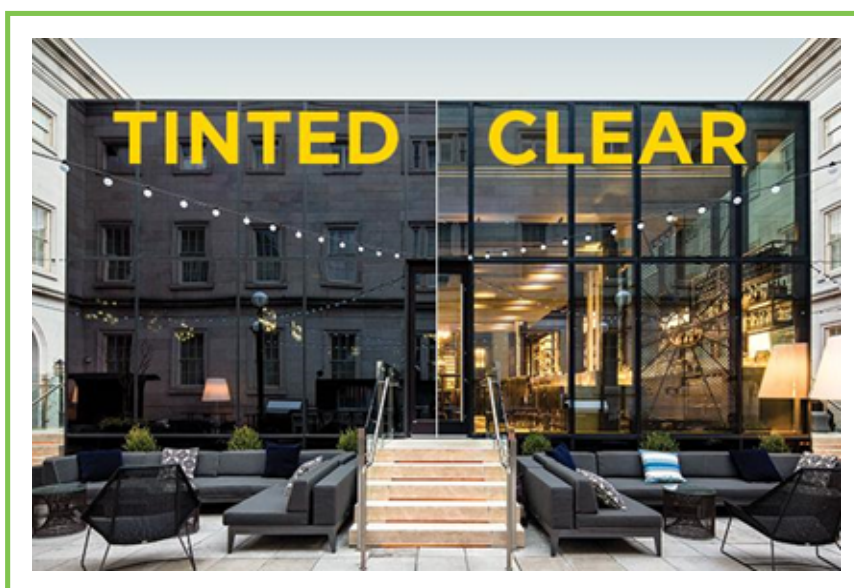
Aurinkosuojaus kaltevissa ikkunoissa (ÉMI, Szentendre, Unkari)<sup>54</sup>

<sup>53</sup> Lähde: MSZ EN ISO 13790: 2008

<sup>54</sup> Lähde: Zsófia Deme Bélafi

Saatavilla on myös joitain innovatiivisia, mutta melko kalliita erikoislasitekniikoita, jotka voivat muuttaa ominaisuuksiaan dynaamisesti ulkona vallitsevien olosuhteiden mukaan. Fotokromaattinen lasi tummenee auringonvalossa automaattisesti tummuvien aurinkolasien tapaan. Valon mukaan säätövinä ne kuitenkin tummenevat myös kylmänä mutta aurinkoisena päivänä, jolloin lämpövoitto olisi tervetullutta. Termokromaattinen lasi reagoi lämpöön, ja voimakkaalla auringonpaisteella lasin sävy tummenee. Termotrooppiset järjestelmät muuttavat valonsirontaominaisuuksiaan lämpötilan mukaan. Elektrokrominen lasi muuttaa ominaisuuksien valon osuessa siihen. Niiden etuna on, että niitä voidaan ohjata myös manuaalisesti.

*Elektrokrominen lasitus  
(Washington) <sup>55</sup>*



## **Terminen massa**

Kesällä terminen massa johtaa lämpötilahuippujen laskuun ja aikaviiveeseen ulkoihuippuun verrattuna. Terminen massa kerää päivän aikana Auringon lämpöä ja sisäisiä lämpövoittoja ja vapauttaa lämpöä ulos luonnollisella tuuletuksella, kun ulkolämpötila laskee sisäistä lämpötilaa alhaisemmaksi. Lisätietoa tästä luvussa 5.2.b.

---

<sup>55</sup> Lähde: <https://www.sageglass.com/en/article/what-electrochromic-glass>



## b. Lämpökuormituksen poistaminen

### Ilmanvaihto/ilmastus

Termiseen massaan varastoitunut lämpökuormitus ja lämpö voidaan poistaa tehokkaimmin ilmanvaihdolla, kun ulkolämpötila on sisälämpötilaa matalampi. Kesällä niin on yleensä yöllä. Ilmanvaihtoa voidaan nopeuttaa ristituuletusta lisäämällä siten, että avataan ikkunat eri julkisivuissa sekä sisäovet. Kuumimpina hetkinä päivästä ilmanvaihto on hyvä pitää minimissään, jotta ei synny lämmön lisäkuormitusta. Ilman liikuttamiseen voidaan käyttää yksinkertaisia tuulettimia sen sijaan, että päästetään kuumaa ilmaa sisälle.

Tuuletus eri rakennusosien sisällä auttaa keventämään niihin kohdistuvaa lämpökuormitusta. Ulkojulkisivuverhouksen tai kattopäällysteen takana oleva tuuletettu ilmakerros toimii sateelta suojaavana ”sateenvarjona” ja paahteelta suojaavana ”aurinkovarjona”. Lämmennyt ilma liikkuu nopeammin ilmaraossa, ja tämä tehostettu luonnollinen ilmanvaihto poistaa lämpöä ilmakerroksen suuntaiselta pinnalta.

## c. Innovatiiviset, passiiviset viilennysratkaisut

### Haihdutusviilennys



Lähi-idän kuumissa ja kuivissa ilmastoissa ja Välimeren alueen arkkitehtuurissa ulkoilma on perinteisesti viilennetty haihdutusmenetelmällä. Ilman on oltava kosketuksessa suureen määrään vettä, esim. suihkulähteeseen tai vesialtaaseen. Syntyvässä prosessissa ilman lämmittämä vesi alkaa haihtua, ja ilman lämpötila laskee ilmassa olevan lämmön määrän muuttumatta. Tämäntyyppinen viilennys lisää ilman suhteellista kosteutta, joten se toimii hyvin vain silloin kun ulkoilma on riittävän kuivaa.

*Haihdutusviilennyksen toteuttavat kasvit ja suihkulähteet (Alhambra, Granada)<sup>56</sup>*

56 Lähde: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alhambra\\_Generalife\\_fountains.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Alhambra_Generalife_fountains.jpg)

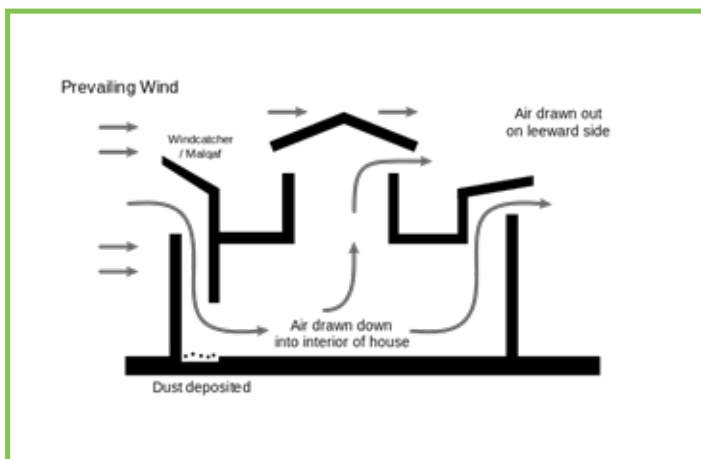
## Tuulensieppaajat

Tuulensieppaajia tai tuulitorneja on perinteisesti rakennettu ja käytetty kuumissa ja kuivissa maissa tai joissa ilman kosteus on suuri, esim. Lähi-idässä ja Egyptissä. Niiden tärkein tehtävä on parantaa luonnollista ilmanvaihtoa ja tarjota viilennystä johtamalla ulkoilmaa rakennukseen. Tuulitornin paikka on katolla ylimpänä, missä tuulen nopeudet ovat suurimmat, tornin aukot ovat vallitsevien tuulten suuntaiset. Ilma voidaan kierrättää kellarin tai vesipintojen läpi, jolloin se ehtii viiletä ennen asuinhuoneisiin saapumista. Lämpimenoa voidaan parantaa asentamalla torniin Venturi-levy. Venturi-ilmiössä virtaavan

fluidin nopeus suurenee ja paine pienenee, kun se kulkee kavennetun putken läpi.

*Kuva 12:*

*Tuuli pakotetaan alaspäin tuulen puolella, ja se poistuu suojan puolelle tuulensieppaajaparin kautta<sup>57</sup>*



*Luonnollista ilmanvaihtoa ja passiivista viilennystä parantamaan tähtäävän unkarilaisen nest+-hankkeen Venturi-levy<sup>58</sup>*



57 Lähde: <https://www.wikiwand.com/en/Windcatcher>

58 Lähde: [http://www.sde2019.hu/hungarian\\_nestplus.html](http://www.sde2019.hu/hungarian_nestplus.html)



## Aurinkohormi

Aurinkohormi tarjoaa luonnollisen ilmanvaihdon ja passiivisen viilennyksen. Kyseessä on tummaksi maalattu hormi, jonka pinnassa on lasitus etelän puolella, aurinkohormi sijaitsee rakennuksen ulkopuolella mutta on yhteydessä rakennukseen. Altistuttuaan Auringon säteilylle aurinkohormissa oleva ilma lämpenee, syntynyt suuri lämpötilaero saa ilman nousemaan ja poistumaan hormista (hormivaikutus), sisällä se vie ulkoilmaa rakennuksen läpi ja aikaansaa siellä vetoa. Myös portaikko tai monikerroksinen atrium voi toimia aurinkohormin tapaan.

## Viitteet ja lisälukemista

- John R. Goulding (Author), J. Owen Lewis (Author), T. C. Steemers (Editor): Energy Conscious Design: A Primer for Architects, B T Batsford Ltd; Revised Edition (1993)
- Christian Schittich (Editor) Solar Architecture, Birkhäuser Architecture; 1st edition (November 24, 2003)
- Zöld, András ; Szalay, Zsuzsa ; Csoknyai, Tamás: Energiatudatos építészet 2.0, Budapest, Magyarország : TERC Kereskedelmi és Szolgáltató Kft. (2016) , 320 p. ISBN: 9786155445347 OSZK
- <https://www.passipedia.org/>
- [https://energyeducation.ca/encyclopedia/Main\\_Page](https://energyeducation.ca/encyclopedia/Main_Page)
- <https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Home>
- <https://www.greenspec.co.uk/>

# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

## KÄSIKIRJA

6

**Aktiiviset ratkaisut**



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# 6

## Aktiiviset ratkaisut

Talotekniikkajärjestelmä koostuu kaikista rakennuksen mekaanisista, kaasu-, sähkö-, saniteetti-, lämmitys-, ilmastointi-, ilmanvaihto-, hissi-, putkisto-, turva-, tietoliikenne- ja muista palvelujärjestelmistä.

Sähkön ja kaasun kulutusta voidaan pienentää pääasiassa kolmella tavalla:

- ▶ Suunnittelu- ja rakennusvaiheiden passiivisilla ratkaisuilla pyritään pienimpään mahdolliseen energiankulutukseen.
- ▶ Käytettävät laitteet ja kodinkoneet ovat energiaa säästäviä, ja niitä käytetään taloudellisesti ja ympäristötietoisesti.
- ▶ Asennettavat ja käytettävät energialähteet ovat uusiutuvia.

Kahta viimeksi mainittua voidaan kutsua talotekniikkajärjestelmiksi. Nämä eivät ole toisiaan poissulkevia ratkaisuja; parasta on hyödyntää kaikkia kolmea vaihtoehtoa.

Seuraavassa luvussa annetaan lyhyt yleiskatsaus yleisimmistä rakennusteknisistä järjestelmistä ympäristövaikutuksineen.

## 6.1

### Lämmitys, viilennys, ilmanvaihto

#### a. Lämmitysjärjestelmät

Lämmitysjärjestelmä on mekanismi, jonka tuottamalla lämpöenergialla talon lämpötila pidetään hyväksyttävällä tasolla. Se on usein osa LVI-järjestelmää (lämmitys, viemäröinti + jätevesi + käyttö- ja lämmitysvesi, ilmanvaihto). Järjestelmä voi olla keskuslämmitysjärjestelmä tai jokaiseen yksittäiseen huoneeseen lämmön jakava.

Lämmitysjärjestelmä koostuu aina kahdesta osasta, jotka ovat lämmönlähde ja lämmönerotin. Keskuslämmitysjärjestelmässä nämä kaksi osaa on erotettu toisistaan. Keskuslämmitysjärjestelmässä lämpöä tuotetaan yleensä keskitetysti kaasukattilalla tai lämpöpumpulla. Tuotettu lämpö siirretään sitten kuumana vetenä putkissa yksittäisten huoneiden lämpöpattereihin tai lattian alla oleviin putkiin.

Lämmönerottimille pattereiden rakenne on yleensä yksinkertaisempi ja siksi nopeampi ja halvempi kuin pintalämmitystä käytettäessä. Lattialämmityksen kustannukset ovat paljon korkeammat; sillä voidaan kuitenkin lämmittää paljon suurempi pinta-ala. Toisaalta se on lämmitysjärjestelmänä mukavampi, koska lämpötilan vaihtelu on vähäisempää. Käyttökustannukset ovat myös alhaisemmat, koska lämmönkehittimille (kattilat, lämpöpumput) riittää lämpötilaltaan matalampikin vesi.

Uusissa omakotitaloissa yleisimpiä lämmönkehittäjiä ovat lauhduttavat kaasukattilat, lämpöpumput ja puukaasutus tai rinnakkaiskattilat.

Yleisimpiä lämmönkehittäjiä ovat ehkä lauhduttavat maakaasukattilat, joiden hyötysuhde uusille standardien mukaisille laitteille on vähintään 86 %. Se käyttää poistokaasun lämmitysjärjestelmästä palaavan jäähtyneen veden esilämmitämiseen. Mitä viileämpää pattereista palaava vesi, sitä parempi on sen tehokkuus. Siksi lauhdutuskattilat toimivat paremmin pintalämmityksessä, kuten lattia-, seinä- tai kattolämmityksessä. Jos tämä ei ole mahdollista, on ainakin pyrittävä asentamaan patterit, joiden pinta-ala on tarvittavaa suurempi, jotta paluulämpötila saadaan matalammaksi ja lämmitys siten taloudellisemmaksi.

Rinnakkaiskattila voi olla taloudellinen valinta maaseudulla, jossa polttopuita on saatavilla edullisesti. Nämä kattilat ovat kuitenkin poistumassa käytöstä, koska niitä ei useinkaan osata käyttää oikein. Kosteiden puiden tai kotitalousjätteen polttamisen yhteydessä vapautuu erittäin haitallisia epäpuhtauksia. Oikein toimiakseen puukaasuttimet vaativat erityisen kuivia polttopuita. Nämä kattilat tuottavat kuumaa lämmitysvettä, mikä toimii erinomaisesti tavanomaisten lämpöpattereiden kanssa. Pintalämmitykseen käytettävä vesi on sekoitettava paluuveteen, joten hyötysuhde heikkenee. Siksi välipuskurisäiliön asentaminen lämmönkehittimen ja lämmönlähteen väliin on ehdottoman välttämätöntä.

Taloon kunnostavien tai uudisrakennuksen hankkimista suunnittelevien keskuudessa kiinnostus sähkökattiloihin on kasvamassa. Ne eivät vaadi monimutkaisia lupaprosesseja maakaasukäyttöön, eivätkä ne muodosta savukaasua, joka pitäisi poistaa, ja ne soveltuvat myös patterilämmitykseen. Merkittävin haittapuoli kuitenkin on sähkön kalleus energianlähteenä.

Lisäksi on olemassa lämmitysjärjestelmiä, joissa sekä lämmönkehitin että lämmöntuottoyksikkö sijaitsevat yhden yksikön sisällä, esim. lämmittimillä varustetut ilmastointilaitteet tai öljyllä täytetyt sähkökäyttöiset patterilämmittimet. Nämä ovat yleisempiä paikoissa, joissa lämmöntarve on pientä tai ajoittaista, kuten kesämökeillä tai leutotalvisilla seuduilla. Avotakka ja lämpöpuhaltimet toimivat yleensä vain täydentävinä yksiköinä.

Viime aikoina markkinoille on myös tullut edullisia lämmityskaapeleita, lämmityskalvoja ja infrapunapaneeleja. Sähköä lämmitykseen käyttävän on maksettava energiastaan paljon korkeampi hinta kuin maakaasua tai puuta käyttävän. Toisaalta käyttökustannukset voivat olla kilpailukykyisiä, kun järjestelmä yhdistetään sähköä tuottaviin uusiutuviin energiajärjestelmiin, jollaisia on esim. aurinkosähkö.

Lämpöpumput toimivat myös sähköllä, mutta ovat 3–4 kertaa tehokkaampia kuin muut sähkölämmitysvaihtoehdot. Tämä johtuu siitä, että lämpöpumput keräävät lämpöä maaperästä tai ilmasta ja keskittävät sen sisätiloissa käytettäväksi.

### **Kaasukäyttöiset kondenssikattilat**

Maakaasukattilat ovat yleisimpiä lämmitysjärjestelmiä lähes kaikissa Euroopan maissa. Nykyisin käytetään vain tehokkaimpia kondenssikattiloita. Erittäin hyvän lämmöneristyksensä ansiosta ratkaisu on taloudellisimpia, se on myös mukava käytössä ja päästöjen osalta parhaimpiin kuuluva valinta. Järjestelmä on kustannuksiltaan alhainen ja luotettava, muut lämmitysjärjestelmät ovat lähinnä vain taloudellisia, jos kaasukattilan asennus ei jostain syystä ole mahdollista tai vaatii erittäin kalliit järjestelyt (esim. uuden hormin). Maakaasu ei kuitenkaan ole uusiutuva energialähde, ja suurimmaksi osaksi sitä on tuotava

Euroopan ulkopuolelta, mitkä ovat vakavia haittapuolia. Sen hiilijalanjälki on suurempi kuin puuta käyttävien järjestelmien tai lämpöpumppujärjestelmien. Kaasun hinnan mahdollista nousua odotettaessa ja ilmastonsuojelusyistä yhä useammat valitsevat sen sijaan jonkin muun lämmitysjärjestelmän. Kaasun palaminen on kuitenkin suhteellisen puhdasta perinteiseen hiili- tai puupolttoon verrattuna, koska hiukkasia ja typpi- tai rikkioksidia ei synny suuria määriä.

### ***Ympäristövaikutukset elinkaaren aikana***

Tuotanto ja asennus eivät sisällä vain kattilan valmistusta ja asennusta vaan myös muut toimintaan tarvittavat laitteet, kuten hormin, palamisilman syötön jne. Silti niistä koituu vain hyvin pieniä ympäristövaikutuksia käyttövaiheeseen verrattuna. Käyttövaihe sisältää maakaasun talteenoton, kuljetuksen ja polttamisen, kunnossapidon ja osien mahdollisen vaihdon. Ympäristön kannalta tärkein osa on maakaasun palaminen itsessään, koska se synnyttää suuria hiilidioksidipäästöjä. Yksi kuutiometri poltettua maakaasua vapauttaa n. 2 kg hiilidioksidia. Maakaasu on myös saatava koteihin, ja osa siitä vuotaa väistämättä ilmakehään louhinnan ja kuljetuksen aikana. Kyse on isosta ongelmasta, koska maakaasun pääkomponentteihin kuuluva metaani on kasvihuonevaikutukseltaan n. kolmekymmentä kertaa vahvempi kaasu kuin hiilidioksidi. Käytöstä poistettujen laitteiden hävittäminen ei aiheuta suurta vaaraa ympäristölle: useimmat kattilat ja muut apulaitteet koostuvat helposti kierrätettävistä materiaaleista, enimmäkseen metalleista.

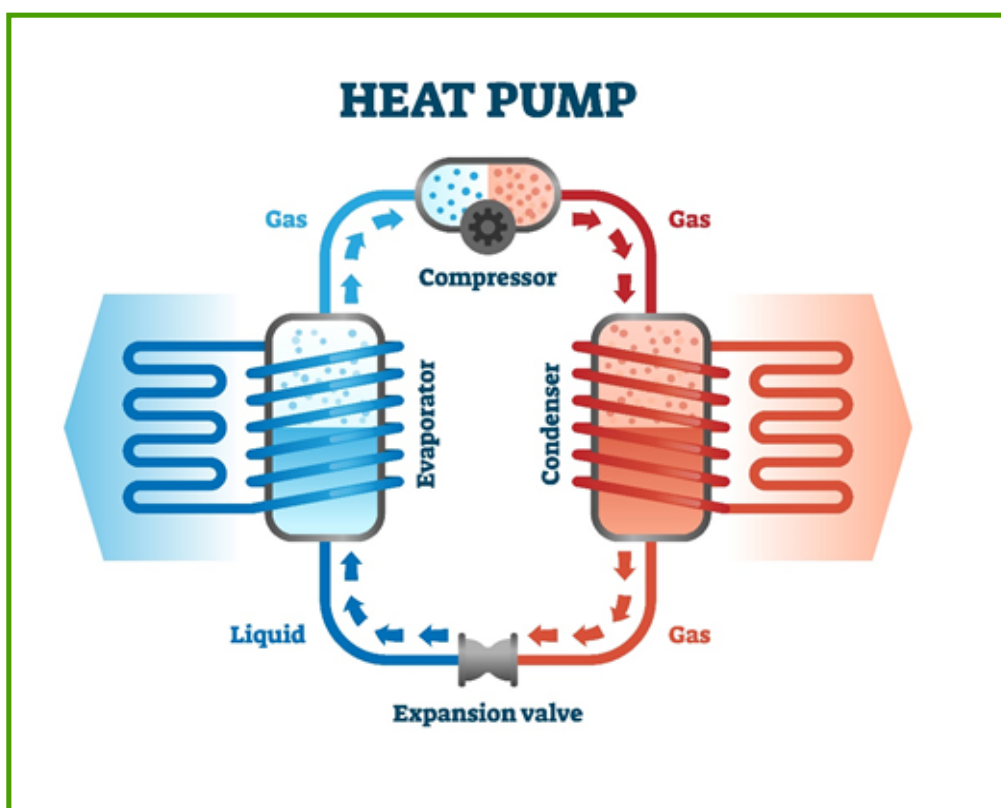
### ***Lämpöpumppu/huoneilmastointilaitte***

Lämpöpumppu on kone, joka imee lämpöä kylmemmästä tilasta ja siirtää sen lämpimämpään. Näin toimivat kotien jääkaapit ja huoneilmastointilaitteet. Lämmitykseen käytettävä lämpöpumppu toimii ”käänteisenä” jääkaappina: se imee lämpöä ulkoa ja siirtää sen sisätiloihin.

Suunnittelusta riippuen joitain lämpöpumppuja voidaan käyttää vain lämmitykseen, mutta on myös tyyppejä, jotka soveltuvat viilennykseen kesällä ja myös käyttöveden lämmitämiseen.

Lämpöpumpussa nestemäinen jäähdytysaine haihtuu lämmönvaihtimessa samalla kun se imee lämpöä ympäristöstä (esim. maahan laskettujen putkien vedestä tai ulkoilmasta). Sen jälkeen se vapauttaa lämmön tiivistyessään ja palaa nestemäiseen tilaan. Sitten sykli käynnistyy aina uudestaan.

Kuva 29:  
Lämpöpumppu  
kaaviokuva

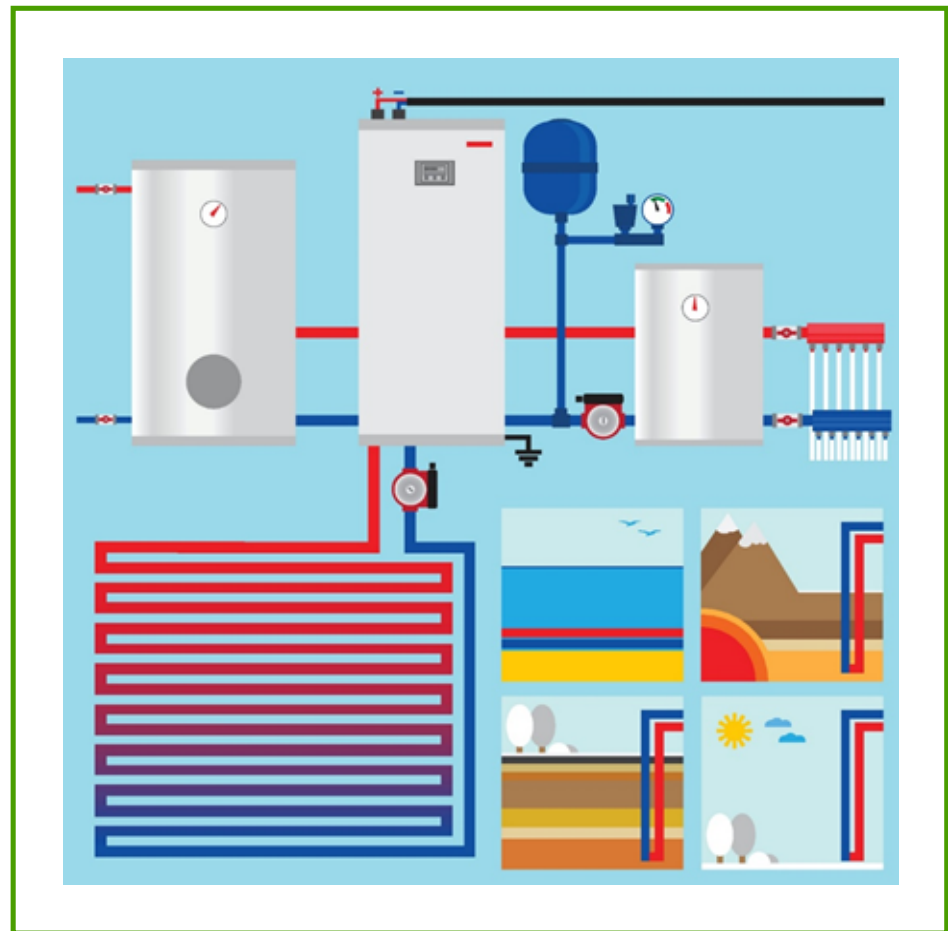


Lämmönlähde voi olla ulkoilma, maaperä tai, jos saatavilla, jopa pintavesi, kuten joki tai järvi. Vesilämpöpumppujen yhteinen piirre on kyky hyödyntää pohjaveden tai pintaveden lämpöä, ja lämmitetty väliaine on myös vettä. Vastaavasti maa-vesi-järjestelmät imevät lämpöä maaperästä ja ilma-vesilämpöpumput ulkoilmasta. Lämmitetty väliaine voi olla vettä, jos kuuma vesi syötetään keskuslämmitysjärjestelmään, tai lämpötila voidaan asettaa suoraan puhaltamalla kuumaa ilmaa huoneisiin. Tässä jälkimmäisessä tapauksessa puhutaan ilma-, vesi-ilma- tai maa-ilma-järjestelmistä.

Lämpöpumppuja erotetaan useita tyyppejä lämmönpoiston sijainnin ja väliaineen mukaan. Tyyppejä on kolme: joko ilmasta, vedestä tai maaperästä lämpöä keräävä. Talon ulkopuolella kerätty lämpö keskitetään sisätiloihin käytettäväksi. Tyypeistä yleisin on ilmalämpöpumppu, joka siirtää lämpöä talon ja ulkoilman välillä.



*Kuva 30: Tyypillisen lämpöpumppujärjestelmän havainnollistus. Sisältää puskurivaraston, paineventtiilin ja sähköpumpun. Lämpönlähde vaihtelee järjestelmän tyypistä riippuen.*



Ilma-vesijärjestelmät ovat nykyisin yleisimmät, mikä johtuu niiden suhteellisen alhaisista perustamiskustannuksista.

Toimiakseen lämpöpumppu tarvitsee sähköä. Kaikille markkinoilla oleville lämpöpumpuille annetaan COP-arvo (lämpökerroin), joka kertoo, kuinka paljon lämpöenergiaa saadaan yhdellä sähköyksiköllä. COP-arvo ei ole vakio koko vuodelle, sillä mitä suurempaan lämpötilaeroon sen on päästävä, sitä huonompi hyötysuhteesta tulee. Esimerkiksi maa-anturijärjestelmät kuluttavat talvella vähemmän kuin ilmalämpöpumppu, jolla on sama lämpöteho, koska maaperän syvemmät kerrokset eivät koskaan jäähdy yhtä paljon kuin ympäröivä ilma. Vastaavasti hyötysuhde on suurempi, jos matalampi lämpötila riittää kunnolliseen lämmitykseen, kuten lattialämmityksessä.

Siksi on parempi katsoa SCOP-arvoa (kausisuorituskykykerroin), joka kertoo hyötysuhteen koko lämmityskaudelle. Tieto löytyy lämpöpumppujen energiatehokkuustarrasta yhdessä SEER-arvon (vuotuinen energiatehokkuuskerroin) kanssa, jos lämpöpumppu pystyy myös viilentämään. Molemmat arvot ovat erittäin tärkeitä lämpöpumpun ominaisuuksia, koska mitä suuremmat luvut, sitä parempi koneiden hyötysuhde on. Lämpöpumppujen tuotanto on erittäin merkityksellistä myös mineraalivarojen ehtymisen kannalta, sillä nämä koneet sisältävät suuren määrän ruostumatonta terästä, kuparia ja muita arvokkaita materiaaleja.

## ***Lämpöpumppujen ympäristövaikutukset***

### **Tuotanto ja asennus**

Lämpöpumppujen ja kylmäaineen tuotanto on materiaali- ja energiavaltainen prosessi, johon voi sisältyä jopa puolet kaikkien tuotteiden elinkaarenaikaisista ympäristövaikutuksista. Enemmän materiaaleja käyttävien ja enemmän asennustyötä vaativien pohjavesijärjestelmien tuotanto ja asennus on haitallisempaa ympäristölle kuin ilma-vesilämpöpumput, mutta ne kuormittavat sitä vähemmän käytössä, koska sähkönkulutus on vähäisempää.

### **Käyttö**

Vaikka lämpöpumppuja käytettäessä ei synny savua, niiden sähkökäyttö aiheuttaa silti välillisiä päästöjä. Nämä päästöt eivät välttämättä ole kovin näkyviä, mutta sähköenergiaa on silti tuotettava tavalla tai toisella. Välilliset päästöt ovat suurimpia maissa, joissa suurin osa sähköstä tulee fossiilisista polttoaineista (kuten kivihiili tai maakaasu). Tällöin kaasukattilan käytön kokonaisympäristökuormitus voi olla pienempi kuin lämpöpumpulla. Jos sen sijaan suuri osa sähköstä tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä, kuten aurinko-, tuuli- tai vesivoimalla, lämpöpumppu tuottaa päästöjä paljon vähemmän kuin kaasukattila. Tästä syystä lämpöpumput voidaan, jos se on taloudellisesti mahdollista, aivan hyvin liittää aurinkosähköjärjestelmiin, jotka tarjoavat uusiutuvaa energiaa lait-

teen toimintaa varten. Koska uusiutuvien energialähteiden osuuden odotetaan tulevaisuudessa kasvavan kaikkialla lämpöpumppujen hyötysuhteen samanaikaisesti parantuessa, siitä tulee varmasti yksi ympäristötietoisimmista lämmitysmenetelmistä.

### **Kylmäainevuoto**

Kaikissa lämpöpumpuissa on 1–2 kg erityistä kylmäainetta. Kylmäaine vuotaa hiljalleen vuosien mittaan, joten sitä joutuu ehkä lisäämään. Valitettavasti nämä kylmäaineet ovat niin voimakkaita kasvihuonekaasuja, että vain muutama kilo vuotanutta ainetta vastaa satoja tai tuhansia kiloja hiilidioksidia. Koska keskimäärin puolet kylmäaineesta vuotaa laitteen käyttöiän aikana, seurauksena on erittäin merkittäviä ympäristövaikutuksia, jopa neljännes koko hiilijalanjäljestä.

### **Purkaminen ja jätteenhallinta**

Lämpöpumppu on lähes täysin kierrätettävää materiaalia. Poikkeuksia ovat muoviputket ja liittimet, jotka joko poltetaan tai hävitetään muulla tapaa elinkaarensa lopussa. Koska kylmäainetta saattaa purkamisen ja hävittämisen yhteydessä vuotaa, näitä toimenpiteitä voivat tehdä vain siihen luvan saaneet yritykset.

### **Lähteet**

1. Viral P. Shah, David Col Debella, Robert J. Ries (2007): Life cycle assessment of residential heating and cooling systems in four regions in the United States (asuntojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien elinkaariarviointi neljällä alueella Yhdysvalloissa).
2. Simona Marinelli, Francesco Lolli, Rita Gamberini, Bianca Rimini, Life Cycle Thinking (LCT) applied to residential heat pump systems (asuinrakennusten lämpöpumppujärjestelmiin sovellettava elinkaariajattelu): A critical review, Energy and Buildings (kriittinen katsaus, energia ja rakennukset), Volume 185, 2019, Pages 210-223, ISSN 0378-7788, <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.12.035>.

## Puukaasukattilat

Puukaasukattilat tuottavat lämpöä rakeistettua biomassaa, kuten sahanpurua ja muuta puujätettä, polttamalla, suunnittelusta riippuen. Muihin lämmitysjärjestelmiin verrattuna haittoja voi olla, sillä pellettien laatu vaihtelee, ja joissain tapauksissa sen hallittavuus on vaikeampaa kuin muiden lämmitysjärjestelmien. Kattilan jatkuva täyttö pelleillä ja poltosta syntyvän tuhkan hävittäminen voidaan myös kokea hankalaksi. Ympäristön kannalta merkittävä etu on polttoaineen hiilipitoisuuden kasviperäisyys, ts. hiiltä pääsee ilmaan vain niin paljon kuin kasviin on sitoutunut sen elinaikana. Näin ollen pellettien poltto vaikuttaa ilmastonmuutokseen paljon vähemmän kuin maakaasun poltto. Sitä ei kuitenkaan voida kutsua ”ilmastoneutraaliksi”, sillä polttopuun hankintaan, pellettien tuotantoon ja kuljetukseen liittyy päästöjä. Lisäksi biomassan polton seurauksena metsistä ja muilta maatalousalueilta poistuu arvokkaita ravinteita. Pellettien poltto tuottaa myös muita ilman epäpuhtauksia: savupöly, rikkioksidit, typpioksidit, suolahappo jne. Nämä päästöt ovat merkittäviä, koska ne tapahtuvat asuinalueilla ja vaikuttavat siten haitallisesti ihmisten terveyteen. Toisaalta perinteiseen puunpolttoon verrattuna sillä on parempi hyötysuhde ja pienemmät päästöt, järjestelmänä se on myös hallittavampi ja mukavampi.

## Sähkölämmitys

Suora sähkölämmitys on myös mahdollista, vaikka useimmiten se asennetaan vain muiden lämmitysjärjestelmien lisäksi. Tämä johtuu siitä, että käyttökustannukset voivat olla kolmin- tai nelinkertaiset muihin lämmitysmenetelmiin verrattuna. Sitä on kuitenkin helppo säätää, se on kätevä, investointikustannukset ovat alhaiset ja rakentaminen yksinkertaista, jos verkosta saa riittävästi tehoa. Huollontarve on minimaalinen. Sitä käytetään usein päälämmityskauden ulkopuolella, esim. loppukeväästä, jolloin tarvitaan vain kohtalaista lisälämmitystä. Lauhkeassa ilmastossa ja hyvin eristetyissä taloissa se voi aivan hyvin tyydyttää koko lämmöntarpeen.

Sähkölämmitysjärjestelmiä on monenlaisia: infrapunapaneelit, öljyllä täytetyt lämpöpatterit, lämmityskalvot ja lämmityskaapelit lattia- ja seinälämmitykseen, kuumailmapuhaltimet, sähkökattilat ja -uunit jne.

Etuna näissä kaikissa on, että käyttöpaikassa ei muodostu haitallisia ilman epäpuhtauksia. Sähkön tuotantoon liittyy päästöjä, mutta ne tapahtuvat kaukana asuinalueista ja ovat yleensä tiukasti valvottuja. Näin ollen ympäristövaikutukset määräytyvät suurelta osin sähkön tuotannossa. Lämmityslaitteiden tuotannolla itsessään ja jätteenhallinnalla ei sen sijaan ole juurikaan merkitystä. Valitun järjestelmän tyypillä (esim. jäähdytin, infrapunapaneeli jne.) ei myöskään yleensä ole merkitystä, käytetyn sähkön määrä ja lähde ovat paljon tärkeämpiä.

### **Kaukolämpö**

Nykyaikaiset kaukolämpöjärjestelmät saattavat olla ympäristöystävällisimpiä ratkaisuja tiheästi asutuissa kaupunkiympäristöissä. Sen tärkein ympäristöetu on erilaiset lämpöä toimittavat energialähteet, kuten voimalaitosten hukkalämpö, jätteen- tai maakaasun poltto tai jopa maalämpö- ja aurinkoenergia.

Toinen tärkeä etu on se, että suuria keskuslämmityslaitoksia voidaan hallita ja niiden päästöjä vähentää helpommin kuin monia pieniä yksittäisiä kattiloita.

Tästä syystä monet Euroopan suurkaupungit kehittävät voimakkaasti kaukolämpöjärjestelmiään. Aivan kuten sähkön, myös kaukolämmön ympäristövaikutukset määräytyvät lämmön lähteen perusteella.

### **Yhteenveto**

Kaikkien kuvattujen lämmitysjärjestelmien pääominaisuus on lämmöntuotantolaitteiden (kattila, lämpöpumppu jne.) valmistuksen lähes merkityksettömät ympäristövaikutukset. Tärkeämpää on, kuinka paljon lämpöä käytöllä pitäisi tuottaa ja mistä lähteestä. Puun ja pellettien poltto on hyödyllistä ilmastonsuojelun kannalta, mutta valitettavasti se vaikuttaa suuresti ilman saastumiseen paikallisesti. Soveliaampaa olisikin käyttää niitä kaukolämmön tuotannossa, koska savukaasujen puhdistaminen kunnolla suurissa lämpölaitoksissa on paljon helpompaa.

Maakaasun osalta tilanne on päinvastainen: paljon puhtaammin palavana se vaikuttaa vain vähän ilman pilaantumiseen, mutta se on uusiutumaton luonnonvara ja sen elinkaari käsittää merkittäviä hiilidioksidipäästöjä.

Sähkölämmityksen käyttö on suhteellisen kallista ja hyödyllistä vain, jos sähkö tulee pääasiassa uusiutuvista lähteistä. Lämpöpumput muuntavat sähkön erittäin tehokkaasti lämmöksi, mutta valitettavasti se kompensoituu kylmäai-nepäästöillä, joten ne ovat muiden energialähteiden kanssa ympäristövaikutuk-siltaan kilpailukykyisiä vain, jos käytetty sähkö tuotetaan suurelta osin uusiutu-villa energialähteillä.

Tärkeää onkin muistaa – paras energiamuoto on se, jota ei tarvitse tuottaa.

## **b. Ilmanvaihto**

Kun asuinrakennuksia nykyisin kunnostetaan ja uudistetaan, ovet ja ikkunat yleensä vaihdetaan, katto ja julkisivu eristetään, ja vanha lämmitysjärjestelmä-kin saatetaan päivittää. Ilmanvaihdosta puhutaan kuitenkin vähän, ja usein se unohdetaan kokonaan.

Vanhat puuovet ja -ikkunat päästävät ilmaa myös ollessaan suljettuina, mikä tarjoaa jonkinlaisen ilmanvaihdon. Uudet ovet ja ikkunat ovat sen sijaan täysin tiiviit. Siksi rakennusta kunnostettaessa ilmanvaihtoon on kiinnitettävä enem-män huomiota.

Lisäksi tiedetään, että nykyään ihmiset oleskelevat sisätiloissa paljon enemmän kuin entisaikoina. Työskentelyyn, lepoon ja vapaaseen oleskeluun käytetystä ajasta 90 % vietetään sisätiloissa, suljetuissa rakennuksissa, joissa olevaa ilmaa tietysti myös hengitetään. Siksi hengitetyn ilman laadun on oltava hyvä. Jos rakennuksen ilmanvaihto ei ole hyvä – jos ikkunat esim. ovat uusia, mutta niitä ei avata usein –, ilman kosteus ja epäpuhtaudet voivat lisääntyä huomattavasti sisätiloissa.

Asukkaiden tavoista riippuen keskimääräisessä asunnossa syntyviä epäpuh-tauksia voivat olla:

- ▶ vesihöyry uloshengityksestä, keittiötoiminnoista, uimisesta jne.
- ▶ hiilidioksidi uloshengityksestä
- ▶ muut kaasut ja höyryt (esim. tupakointi)
- ▶ muut palamistuotteet, esim. kaasuliesi,
- ▶ orgaanisten aineiden hajoamistuotteet, rakennuksen haihtumistuotteet, materiaalit,
- ▶ pöly, suspendoitunut aine, siitepöly,
- ▶ virukset, bakteerit, sienet ja niiden itiöt
- ▶ hajut keittiöstä ja wc-tiloista.

Kosteus on olennainen osa ilmanlaatua. Terveelle aikuiselle optimaalinen kosteus on 40–60 %. Hengittämällä ilmaan vapautuu höyryn lisäksi melko suuri määrä hiilidioksidia. Sisäilmaa voidaan pitää hyvänä, jos hiilidioksiditaso ei ylitä lukemaa 1 ppm (miljoonasosaa).

Sisätiloissa on aina sieni-itiöitä, olosuhteista riippumatta. Jos muut ehdot täyttyvät (ilma ei vaihdu, seinänurkka tai muu lämpösilta jäähtyy kastepisteen alapuolelle, tiivistymistä esiintyy, sisätilojen suhteellinen kosteus ylittää 75 % – huomattavan suuri sisäisen kosteuden kehittyminen), hometta tulee väistämättä. Riittävällä ilmanvaihdolla sitä voidaan kuitenkin vähentää.

Standardien mukaan istuvan tai kevyttä fyysistä työtä tekevän levossa olevan henkilön raittiin ilman tarve on vähintään 30 m<sup>3</sup>/h. Tarve voi olla suurempikin, jos työ on keskiraskasta tai raskasta. Keskiverrolle ilmanvaihdolle – jossa ikkuna avataan muutamaksi minuutiksi kaksi tai kolme kertaa päivässä – laskettu keskiarvo vastaa ilmankiertoa 4 m<sup>3</sup>/h. On helppo nähdä, että uusilla ovilla ja ikkunoilla ei ole mahdollista päästä riittävään määrään raitista ilmaa vain ikkunat avaamalla – varsinkaan, jos huoneessa on useita ihmisiä. Siksi uusia ja kunnostettuja rakennuksia on nykyisin tuuletettava enemmän, ja mekaaninen ilmanvaihto onkin levinnyt yhä laajemmalle.

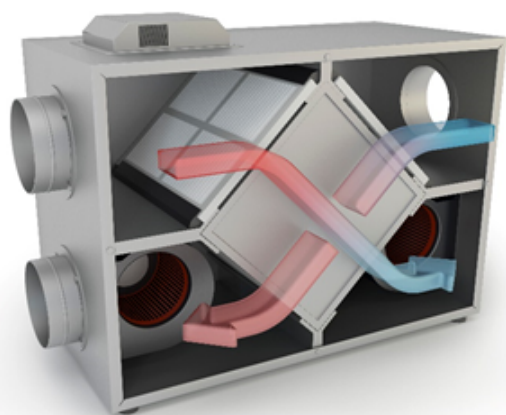


Toinen mekaanisen ilmanvaihdon puolesta puhuva seikka on, että pelkästään ikkunat avaamalla sisäilman laatua ei useinkaan pystytä parantamaan, koska ulkoilma on erittäin saastunutta. Lisäksi yhä useammalla meistä on allergioita, astmaa ja muita hengitystiesairauksia, jolloin ulkoilmaa ei voi noin vain suoraan päästää sisätiloihin.

Yksi mahdollinen tuuletustapa on ilmanvaihtojärjestelmällä varustetun ilmakanavaverkon rakentaminen. Kanavajärjestelmähän käyttävät kanavia. Jos talossa jo on ilmanvaihtojärjestelmä tai talo on vasta rakenteilla, sitä kannattaa harkita.

Toisaalta kanavattomat sovellukset vaativat vain minimaalisen määrän rakentamista, sillä ulkoilman tuuletusluukun ja sisäilmapuhaltimen liittämiseksi seinän läpi tarvitaan vain kolmen tuuman reikä. Kanavaton järjestelmä asennetaan usein lisäjärjestelmäksi, kun ilmanvaihto voidaan luoda huonekohtaisesti erikseen.

Raittiin ilman mekaaniset ilmanvaihtojärjestelmät tarjoavat vain välttämättömimmän ilmanvaihdon ja suodatuksen, mutta tulos on merkittävä kylmällä säällä tapahtuva lämpöhäviö huomioon ottaen. Tästä syystä ns. energian talteen ottavat ilmanvaihtojärjestelmät (ERV) ovat nykyisin hyvin suosittuja. Niissä lämmönvaihdin lämmittää tulevan viileän ulkoilman lämpimällä sisäilmalla, jolloin lämpöhäviö jää paljon pienemmäksi.



*Lämmöntalteenottolaite*

### *Ilmanvaihdon ympäristövaikutukset*

Ilmanvaihtojärjestelmien tuotanto ja hävittäminen ovat yleensä vähämerkityksisiä käytön tarvitseman energian määrään verrattuna. Ainoa poikkeus on mineraalivarojen ehtyminen, koska tuulettimet sisältävät arvokkaita metalleja, kuten kuparia, alumiinia ja ruostumatonta terästä.

Käytönaikainen energiankulutus on merkittävin osuus. Kuluva energia on kahdenlaista: laitteiden sähkönkulutus ja ilmanvaihdon aikana tapahtuvan lämpöhäviön kompensoinnin vaatima lämpöenergia. Vaikka esim. ikkunoita ei avata sähkön avulla, lämpö- tai viilennyshäviötä tapahtuu silti, ja se on korvattava. Energian talteenottojärjestelmissä lämpöhäviöt ovat pienemmät, mutta vastineeksi lämmönvaihtimien toimintaan on investoitava ylimääräistä sähköä.

## 6.2 Valaistus

Asunnon valaistuksen suunnittelu riippuu suuresti asukkaiden tottumuksista. Monet meistä haluavat itse päättää sisätilojen valaistuksen tyylistä ja sillä aikaansaataavasta tunnelmasta. Tätä luovuutta kysyvää ja kauniin lopputuloksen antavaa tehtävää ei haluta antaa kenelle tahansa. Valaistusasiantuntija tai sisustussuunnittelija osaa kuitenkin antaa hyviä neuvoja huoneiston kaikki tilat käsittävästä optimaalisesta valaistuksesta (ei liikaa mutta ei myöskään liian vähän). Seuraavassa joitain vinkkejä ympäristöystävälliseen valaistukseen.

Eurooppalaisen kotitalouden sähkönkulutuksesta keskimäärin 14 % käytetään valaistukseen. Tämä on huomattava taakka ympäristölle. Jos sitä voidaan keventää nykyaikaisilla valonlähteillä ja oikealla suunnittelulla, se hyödyttää asukkaita taloudellisesti, samalla myös talosta johtuvia ympäristövaikutuksia voidaan vähentää.

## Joitain oikean valonlähteen valinnassa hyödyttäviä valaistusjärjestelmäsuureita.

Tässä annettavat määritelmät eivät ole tarkkoja oppikirjamääritelmiä, koska ne on mahdollista löytää muutamalla napsautuksella. Tarkoitus on vain tarjota ostajalle apua tietoon perustuvan ostopäätöksen tekemiseksi.

- Valovirta
- Hyötysuhde
- Keskimääräinen käyttöikä
- Värilämpötila
- Värintoistoindeksi ( $R_A$ )



	Hehkulamppu	CFL (energian säästölamppu)	LED (loistediodi)
Hyötysuhde [lm/W]	10-15	50-70	80-200
Käyttöikä [tuntia]	1000	8-12000	10-50000

Kuva 13: LED (loistediodi)<sup>59</sup>

### Valovirta:

Kaikki valonlähteen aikaansaama säteily, joka voidaan havaita näkyvänä valona. Laskennassa otetaan huomioon myös ihmissilmän herkkyys näkyvän spektrin keskialueella (keltainen–vihreä). Yksikkö: lumen [lm] (75 watin hehkulamppu tuottaa noin 1000 lumenia.) (Spektri: valkoinen valo erotetaan värin tai aallonpituuden mukaan.)

#### Hyötysuhde:

Lamppu muuntaa sähköenergian hyödylliseksi valonsäteilyksi ja loput lämmöksi, joskus näkymättömäksi ultraviolett- (UV) tai infrapunasäteilyksi (IR). Hyötysuhde tarkoittaa, miten paljon valovirtaa 1 W antaa lamppuun. Tämä on tärkein ominaisuus elinkaaren käyttövaiheessa.

#### Keskimääräinen käyttöikä:

Se on myös taloudellisesti ja ympäristön kannalta tärkeä. Käsitettä ”ikä” tarkasteltaessa pitää tietää, että LED-lamput eivät mene rikki yhtäkkiä, niiden valovirta vain pienenee hitaasti. Käyttöiänodotteen määritelmä on, että valovirta pienenee 70 prosenttiin alkuperäisestä, sen merkintä on L70. LED-lamppujen käyttöikä lyhenee merkittävästi, jos niitä käytetään korkeissa lämpötiloissa.

Lamppujen vertailun pitää perustua määrälliseen funktioon, mikä tarkoittaa myös ”miten pitkäksi aikaa” funktio tarjotaan. Jos esim. pitää valita 10 000 tunnin energiansäästölamppu ja 20 000 tunnin LED-lamppu, kahden energiansäästölamppun hintaa ja tuotantokuormitusta pitää verrata LED-lamppun vastaaviin. Jos tarkastellaan LED-lamppujen käyttöikää, joka on 20 000 tuntia, silloin tuona aikana on ostettava n. 20 hehkulamppua, ja niiden energiankulutus on noin 10 kertaa suurempi kuin LED-lamppun. Siksi EU:n alueella ei voi enää ostaa hehkulamppua.

#### Väriämpötila (T<sub>cc</sub>):

Yksinkertaistetusti sanottuna: kun materiaali kuumenee, se lähettää valoa korkeammassa lämpötilassa ja sen väri muuttuu lämpötilan mukaan. Aluksi väri on punainen, ja kun lämpötila nousee tarpeeksi korkeaksi, sininen. Lämpötilan kuvaamiseen voidaan käyttää valkoista sävyä, jolla valonlähteet loistavat.

- lämmin valkoinen ( $T < 3\,300\text{ K}$ )
- neutraali valkoinen ( $3\,300\text{ K} < T < 5\,500\text{ K}$ )
- kylmä valkoinen ( $T > 5\,500\text{ K}$ ) Tästä käytetään myös nimitystä ”päivänvalo”, koska Auringon väriämpötila on noin 6 000 K.

Sisätiloihin suositellaan lämpimän valkoista ja kylpyhuoneeseen ja työtiloihin neutraalin valkoista. Erityisen ärsyttäväksi koetaan väriämpötilaltaan erilaisten valonlähteiden käyttäminen samassa tilassa.

Värintoistoindeksi (RA): Värintoistoindeksi kertoo, miten tarkasti valonlähde toistaa tai vääristää luonnonvalossa havaittavia värejä. Hehkulamput ovat tässä parhaita (RA = 100), mutta asuintiloihin riittää jo, kun RA-arvo on yli 80. LED-lampuilla paremman värintoiston hintana on hieman alhaisempi hyötysuhde.

Edellä lueteltuja ominaisuuksia on sovellettava valonlähteisiin, jotka löytyvät taulukon hehkulamppuruudusta. Valojen sijoittelu huoneistossa on tehtävä hyvin ja harkiten, silloin lopputuloksesta saa parhaan hyödyn, valaistussuunnitelmaan sisällytettäviä kohtia ovat yleis- ja paikallisvalaistus, suora ja epäsuora valaistus sekä valonlähteiden säädettävyys (himmennys). Kyse on toisin sanoen oikean valaistusvoimakkuuden toteutumisesta. Valaistussuunnitelman laatimiseen kannattaa käyttää asiantuntijaa, sillä huono valaistus väsyttää silmiä kohutuuttomasti ja heikentää mukavuuden tunnetta. Liiallinen valaistus voi olla ärsyttävää, mutta aivan ehdottomasti se on energian tuhlausta ja taakka ympäristölle.

*Pakkaustiedot. (Hyötysuhde on:  
1100lm/12W=91lm/W)*



## Valaistusvoimakkuus

Valotiheys on silmillä havaittavaa, se tarkoittaa valonsäteitä, jotka projisoituvat tietyssä kohteesta havainnoivan silmän suuntaan. Tämän mittaaminen ja hallinta tietyssä tilassa on melko vaikeaa, joten valaistusolosuhteet sisätiloissa määritetään mittaamalla esineisiin lankeavan valon määrä. Kyse on valaistusvoimakkuudesta, eli valovirrasta pinta-alayksikköä kohti ( $\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lux} [\text{lx}]$ ). Eri alueille on annettu tästä valaistusstandardeja ja suosituksia – rinnakkain useiden muiden valaistus suureiden kanssa. Suositukset huoneistolle voisivat olla esimerkiksi: 100–300 luksia olohuoneessa, 300–500 luksia lukemiseen, 750–1000 luksia keittiön työtasoihin tai tarkkuutta vaativaan työhön. Annettujen tasojen lisäksi myös valaistuksen yhdenmukaisuus on erittäin tärkeää. Hyvä ja taloudellinen valaistus voisi olla yleis- ja paikallisvalaistuksen yhdistelmä: esim. olohuoneessa yleisvalaistus ja lukulamppu, keittiössä vastavalo, pöydällä oma valaisimensa jne. Yhdenmukai-

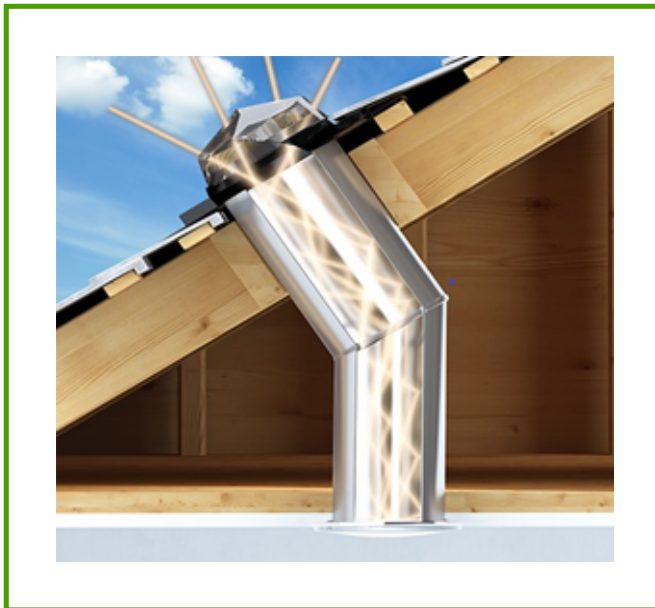
suus on helpompaa saavuttaa, jos käytössä on epäsuora valaistus, jos siihen päästään usealla pienitehoisella valonlähteellä ja jos seinien heijastavuus on suurempi. Hyvällä valaistuksella esineiden yksityiskohdat näkyvät tarkemmin, työskentely on tehokkaampaa ja silmiä väsyttää vähemmän. Valaistusvoimakkuus ei ole automaattista, se riippuu lamppujen valovirrasta, valonlähteiden valonjaosta, pintojen heijastavuudesta ja luonnonvalosta. Siksi valaistussuunnitelman laatimiseen kannattaa käyttää asiantuntijaa, sillä huono valaistus väsyttää silmiä kohtuuttomasti ja heikentää mukavuuden tunnetta. Liiallinen valaistus voi olla ärsyttävää, mutta aivan ehdottomasti se on energian tuhlausta ja taakka ympäristölle.

## **Valaistus 101**

### **Päivänvalo**

Päivänvalo on halvin ja vähiten ympäristöä vahingoittava valaistus. Jos sisään tulvivaa luonnonvaloa on mahdollista käyttää oikein suunnattuna ja sekä heijastavia että varjostavia pintoja hyväksikäyttäen, säästöt voivat olla merkittäviä. Aurinkoisella ja valoisalla huoneistolla on positiivinen vaikutus mielialaan, jopa työskentelykykyyn. Liika valo kuitenkin häikäisee, joten valoa on voitava säätää ja siltä on voitava suojautua tarvittaessa. On myös syytä muistaa, että ikkunoiden lämpöeristys on 2–3 kertaa heikompi kuin seinien, suuret ikkunat lisäävät valoa, mutta lämmitysenergian tarve saattaa niiden vuoksi kasvaa.

Kuvassa esitetyn ratkaisun avulla luonnonvaloa voidaan tuoda rakennusten vähemmän valaistuihin tiloihin jopa muutama taso alaspäin. Hormin kautta tulevalle auringonvalolle, jota sisäseinät heijastavat, lämmönhäviö on vähäisempää. Hintansa vuoksi sitä käytetään tällä hetkellä enemmänkin julkisissa rakennuksissa, mutta uusissa huoneistoissa siitä voi olla apua, jos työtila tai keittiö pitää sijoittaa varjoisammalle pohjoisenpuolelle. Tämänhetkinen 500–1000 euron hinta ei todennäköisesti pienennä merkittävästi sähkölaskua, mutta keventynyt ympäristökuormitus ja edellä mainittu järjestelyvapaus tekevät siitä kiinnostavan vaihtoehdon.

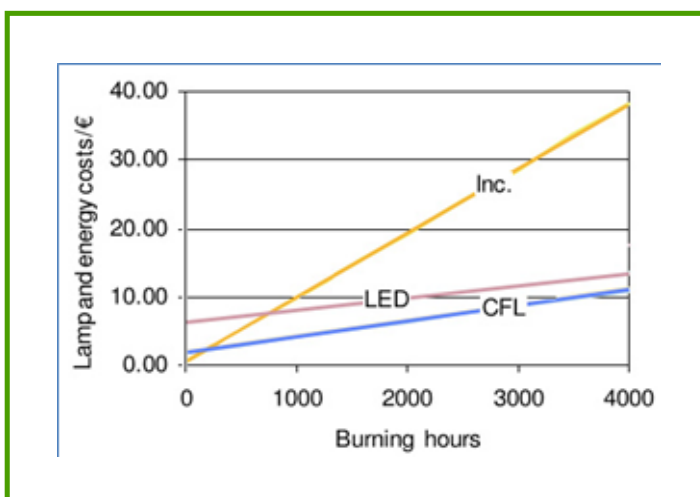


*Aurinkohormi, osa katolla*

## Valonlähteet

Asuintilan valaistukseen on tarjolla kolmenlaisia lamppuja: hehkulamppu, energiansäästölamppu ja LED-lamppu. Hehkulamppuja ei ole enää lupa myydä EU:n alueella taloudellisista, teknisistä ja ympäristöllisistä syistä. Energiansäästölamppujen tehokkuus on jo huomattavasti parempi, mutta enempää kehitystä ei niiden osalta ole enää odotettavissa, ja niiden markkinointi kielletään lähitulevaisuudessa elohopeahöyrysisältönsä (Hg) vuoksi. Ainoa jäljelle jäävä vaihtoehto on LED-lamppu, joten uutta valaistusta suunnittelevan ei siis kannata harkitakaan mitään muuta. Tämä on siinä mielessä harvinainen tilanne, että ympäristötavoitteiden osalta ei tarvitse tehdä kompromisseja: LED-lamppu on

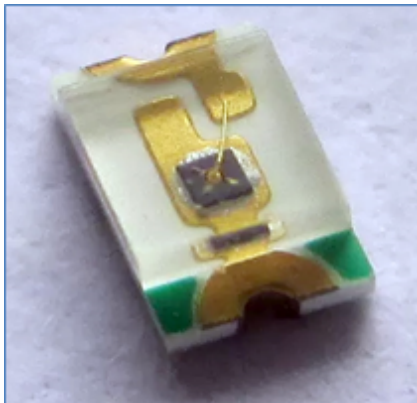
paitsi ympäristöystävällisin myös taloudellisesta ja teknisestä näkökulmasta paras. Se antaa suunnittelijoille enemmän vapautta toteuttaa kauniita, kiinnostavia ja ainutlaatuisia ratkaisuja.



*Kuva 14: 500 lm:n valonlähteen hankinta- ja käyttökustannukset ajan funktiona. (1 kWh  $\approx$  0,2 €)<sup>60</sup>*



Edellä esitetyn vahvistamiseksi yläkaavio näyttää valaistuskustannusten kehityksen ajan mittaan. Hehkulamppu on ostettaessa halpa mutta kasvattaa jatkossa energialaskua. Kahden muun valonlähteen aloitushinta on korkeampi, mutta pienemmän kulutuksen ansiosta kokonaiskustannukset muutamassa sadassa tunnissa ovat pienemmät kuin hehkulampulla. LED-lampun ja energiansäästö-lampun vaihtoaika riippuu LED-lampun hyötysuhteesta. Nykyisillä 150 lm/W-lampuilla se on odotettavissa vasta muutaman tuhannen tunnin kuluttua.

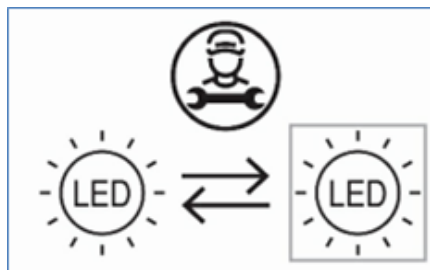


LED-lamppu itsessään on muutaman mm:n diodi, ja niitä yhdistämällä saadaan tehokas valonlähde. Diodit toimivat matalajännitteisellä (12–24–48 V) tasavirralla. Se voidaan liittää verkkojännitteeseen virtalähteen kautta. LED-virtalähteitä on erillisiä ja integroituja. Joten LED-lamppujen ympäristövaikutuksia laskettaessa myös virtalähde pitää sisällyttää laskelmiin.



### Jälkiasennettavat lamput

Nämä lamput ovat ulkonäöltään ja käytöltään samanlaisia kuin perinteiset hehkulamput, ne voidaan kiertää kiinni paikalleen, ja niiden valovirta on samanlainen kuin 25–100 W:n hehkulampuissa. Myös virtalähde kiinnitetään pistorasiaan. Tämä on sekä piirin että lämmöntuoton suhteen heikompi ratkaisu, joten näiden lamppujen hyötysuhde ja käyttöikä ovat myös pienemmät hyvään LED-valaistukseen verrattuna. Hyötysuhde on käytännössä 80–110 lm/W ja käyttöikä 10–20 000 tuntia. Tämän lampun etuna on, että se voidaan kiertää kiinni vanhoihin kattokruunuihin ja pistorasioihin, eikä se vaadi lisäinvestointeja.



## Integroitu LED-lamppu

Uuden valonlähteen potentiaalia voidaan parhaiten hyödyntää, jos valaisin, LED-paneeli, käyttöelektroniikka ja jäähdytys suunnitellaan yhdessä ja toteutetaan yhtenä yksikkönä. Tällä viitataan muotoiluun, nyt on jo saatavissa paljon kauniita, tyylikkäitä ja toimivia hyötysuhteeltaan 130–180 lm/W ja käyttöiältään 50 000 tuntia olevia ratkaisuja. Tämä ratkaisu on suunniteltu 20–30 vuodeksi, joten käytettävien materiaalien on oltava jalompia ja aikaa ja korroosiota kestäviä, mikä tekee siitä kalliimman. Haittapuoli on korjaamisen vaikeus, komponentteja ei useinkaan voi vaihtaa. Valitettavasti myynissä olleissa tyypeissä on ilmennyt paljon vikoja. Monet huonosti suunnitellut ja huolimattomasti toteutetut muutamassa viikossa tai kuukaudessa hajoavat polkumyyntituotteet eivät ole korjattavissa. Periaatteessa paneeli tai virtalähde ovat vaihdettavissa, mutta valmistajia on äärimmäisen vaikeaa saada suostutelluiksi käyttämään vakiokomponentteja. EU suosittelee, että pakkauksissa vaihdettavuus osoitettaisiin kuvakkeilla tai vastaavilla.

## LED-nauhat

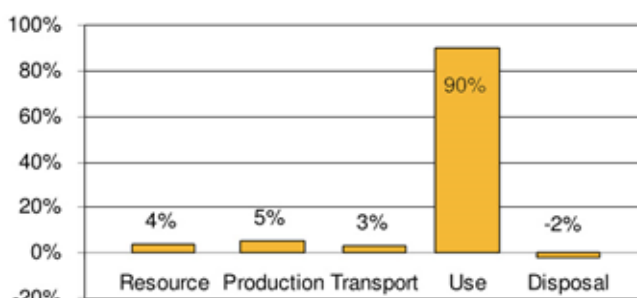


Ihanteellisia huoneiden epäsuoraan valaistukseen ja työtiloihin. Värillisillä nauhoilla voi toteuttaa yksilöllisiä koristevalaistuksia. Sähköä harrastuksenaan pitävät voivat ottaa sen myös haasteena. Pitkäaikaiseen käyttöön tarvitaan muovipäällysteinen alumiinikisko, joten sen ympäristövaikutukset on myös lisättävä virtalähteen ja LED-nauhan kuormitukseen.

## Valaistus ja ympäristö

Useimpien valonlähteiden ympäristövaikutukset ovat merkittäviä elinkaaren aikana. Koska lamput ovat keveitä, tuotanto, kuljetus ja elinkaaren loppu (jätteenkäsittely, kierrätys) tuskin ylittävät edes 10 prosenttiin kokonaiskuormasta.

*Kuva 15: Jälkiasennettavan LED-valaistuksen kasvihuonekaasupäästöt lamppujen elinkaaren päävaiheissa. Muut vaikutusluokat (esim. rehevöityminen, ekotoksisuus, luonnonvarojen ehtyminen jne.) antavat myös samanlaisia tuloksia.<sup>61</sup>*



Mitä kuluttaja voi tehdä valaistuksen ympäristövaikutusten pienentämiseksi?

## Valonlähdevertailu

LED-tekniikka on edelleen nopeassa kehitysvaiheessa, tehokkuus, käyttöikä ja stabiliteetti tulevat paranemaan vielä merkittävästi. Vaikka uudet tuotteet ovatkin kalliimpia, ne ovat edellä mainituilta osiltaan entistä parempia. Lamppua ostettaessa ehdottoman tärkeää on kiinnittää huomiota valovirtaan, tehokkuuteen, värilämpötilaan ja käyttöikään. Edellä mainitut parametrit löytyvät yleensä jälkiasennettavien lamppujen pakkauslaatikosta, harvemmin integroituista LED-lampuista.

## Käyttö

Asuntoihin suunnitellaan yleensä ensisijaisesti yleisvalaistus, paikallisvalaistus vain tarvittaessa. Vähällä käytöllä olevat valonlähteet eivät ole ongelma, sillä tuotantoa paljon enemmän ympäristökuormitusta aiheuttaa käyttö. Yleisvalaistuksen on oltava himmennettävä/säädettävä. Valaistuksen hallittavuus on toisaalta tärkeää, koska erilaiset tehtävät vaativat niihin sopivat valaistustasot, ja toisaalta kullakin asukkaalla on valaistuksen suhteen yksilölliset tarpeensa. Vanhemmalla iällä korkeampi valaistustaso tarjoaa saman

<sup>61</sup> Source: György Gröller

visuaalisen mukavuuden. Noin 40-vuotiaana valaistustason on oltava kaksinkertainen ja yli 60 vuotiaana kolminkertainen nuorempien tarvitsemaan verrattuna.

Valovirran säätö voidaan ratkaista erikseen himmennettävillä kytkimillä (esim. kiertonupilla), mutta valaistuksen automaattisesti valaistusolosuhteiden ja läsnäolon mukaan säätäviä ohjausjärjestelmiä on myös olemassa. Tunnetuin niistä on DALI-järjestelmä (digitaalinen valaistuksenohjausjärjestelmä). Sen voi sisällyttää älytalon ratkaisuihin. Tämän ja vastaavien järjestelmien avulla asunnon valaistusta voidaan säätää etänä tai luonnonvalon funktiona tai tietyn ohjelman mukaan. Asennus vaatii ylimääräisiä johdotuksia ja himmennettäviä valonlähteitä, mikä on yleensä merkitty pakkaukseen.

LED-valaistus on pitkäikäinen, jos lampun ei anneta ylikuumentua. Siksi LED-sirut on asennettu hyvin lämpöä johtavalle pinnalle, eivätkä ne ole missään ahtaassa paikassa, jossa ilma ei vaihdu.

Käyttövaiheen ympäristövaikutukset riippuvat suurelta osin kulutettavan sähkön lähteistä. Jos fossiilisten polttoaineiden osuus on suuri, kuormitus on suurempi samalla kulutuksella. Siksi energiantarpeesta on hyödyllistä kattaa mahdollisimman suuri osa aurinkoenergialla tai jollain muulla vihreällä energialla.

## **Paluuvaikutus**

LED-valaistukseen siirtyminen voi myös vähentää ympäristövaikutuksia ja valaistuskustannuksia 30–50 %. Halvemmat käyttökustannukset voivat johtaa huolimattomampaan käyttöön: valot on helpompi jättää päälle tyhjiin huoneisiin tai valaista tiloja liikaa, mikä voi mitätöidä parempien valonlähteiden tuomat ympäristöhyödyt. Tietoisien käytön hyödyllisyyttä lisäävät hyvä suunnittelu ja automaattinen ohjaus. Sitten on vain huolehdittava siitä, että näin säästyneitä rahoja ei käytetä mihinkään ympäristölle haitalliseen toimintaan (tästä käytetään nimitystä epäsuora paluuvaikutus).

## Elinkaaren loppu

EU:n sähkö- ja elektroniikkalaiteromudirektiivin mukaan käytetyt valonlähteet luokitellaan kerättäväksi sähkölaiteromuksi (paitsi hehkulamput). Siksi on hyvin tärkeää, että lamput palautetaan niille tarkoitettuun keräyspisteeseen. Nykypäivän tekniikka mahdollistaa LED-lamppujen metalliosien, erityisesti alumiinin, sekä lasi- ja muoviosien erottelun. Toistaiseksi fosforit ja puolijohdemateriaalit otetaan talteen. Energiansäästölamput ovat käytössä vielä muutaman vuoden, vaikkei niitä vuoden 2021 jälkeen ole enää myynnissä EU:n alueella. Elohopeapitoisuutensa vuoksi niitä on entistä tärkeämpää käsitellä käyttöiän loputtua ainoastaan tehtävään valtuutetuissa kierrätyslaitoksissa.

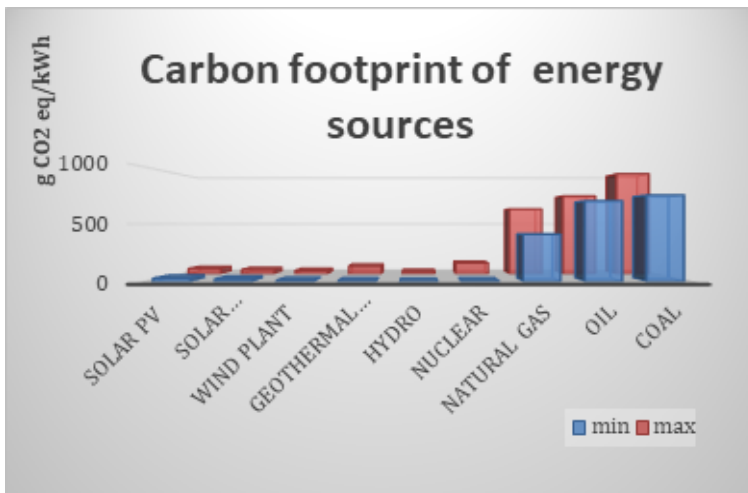


*Globaali paluuvaikutus*

## 6.3 Uusiutuvat energialähteet

Sähkön tarjonta sekä kansallisella että yleiseurooppalaisella tasolla koostuu uusiutuvista ja uusiutumattomista energialähteistä. Useimmissa maissa maakaasun, öljyn ja kivihiilen osuus on edelleen lähes 50 %. Kuten kaaviosta voidaan nähdä – ja on hyvin tiedossa – niiden vaikutus ilmastoon on suuruusluokaltaan merkittävämpi kuin uusiutuvien energialähteiden, ja suuntaus on samanlainen muissa ympäristövaikutusluokissa. Jos voimme omalta osaltamme irrottautua tästä, se on huomattava askel kohti ympäristöystävällistä, hiilineutraalia asumista.





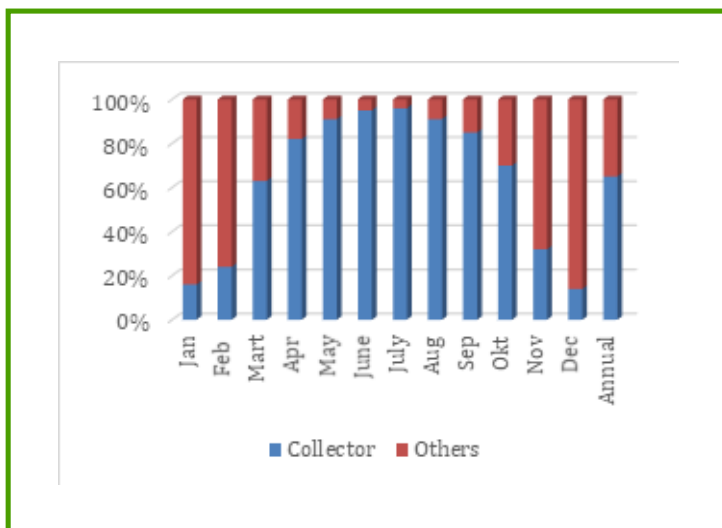
Taulukko 16: Energialähteiden hiilijalanjälki<sup>62</sup>

Asuinrakennukseen aurinkopaneelit, aurinkokeräimet ja maalämpöä käyttävät lämpöpumput ovat mahdollisia ja sopivia ratkaisuja, niiden ominaisuudet tiivistettynä seuraavassa.

## a. Aurinkokeräin

Aurinkokeräimet/-paneelit muuntavat Auringon säteilyenergian lämpöenergiaksi, jota voidaan käyttää asuinrakennuksissa kuuman veden ja lämmön tuottamiseen. Yksinkertaisessa asennuksessa lämpöenergiaa voi saada taloudellisesti ja hyvällä hyötysuhteella. Haittapuoli tässä on pienempi energiantuotto talvella, kun asuntoja halutaan myös lämmittää eikä kesän aikana syntyvää ylijäämää voida varastoida. Tässä yhteydessä esille nousee myös kokoluokkaan liittyvä ongelma: paneeleita ei kannata asentaa enempää kuin kesän käyttöveden tarve edellyttää, koska tuotettua lämpöenergiaa ei voi hyödyntää. Talvella tältä ratkaisulta ei siis ole odotettavissa apua lämmitykseen. Jotkut saattavat pystyä hyödyntämään tätä kesäenergian ylijäämää uima-altaan lämmittämiseen, mutta tässä yhteydessä ei nyt ryhdytä analysoimaan tällaisen skenaarion ympäristövaikutuksia.

62 Lähde: György Gröller



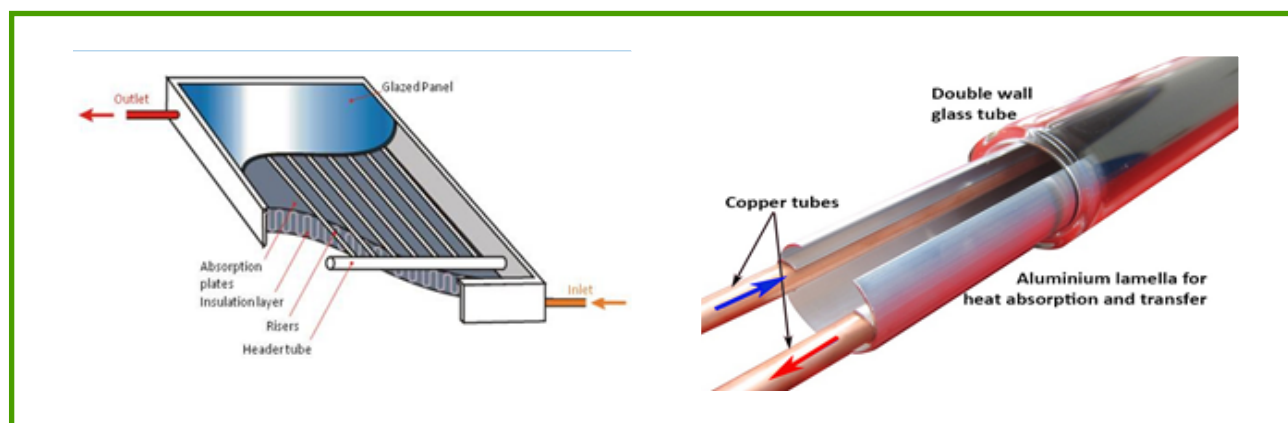
Kuva 17:

Lämpimän käyttöveden tuotantoon tarvittavien energialähteiden yhden vuoden jakautuminen<sup>63</sup>

Olennaista rakenteessa on säteilyenergian välittyminen putkistossa kiertävään jäätyminenestonesteeseen pinnan kautta (absorbaattori) hyvällä imukyvyllä (absorbaattori). Tällöin kattilassa oleva käyttövesi lämpenee lämmönvaihtimen kautta. Lämminvesi voidaan tuottaa samalla tavalla. Aina tulee tietysti myös pidempiä jaksoja, jolloin auringonpaistetta ei ole, joten lisälämmitystä tarvitaan molemmissa vaihtoehdoissa. Järjestelmän tehokkuus riippuu suurelta osin siitä, kuinka suuri johtumislämpöohäviö voi päästä talon järjestelmään ja mikä vaikutus sillä on imeytyvän energian määrään. Ratkaiseva ero näiden kahden perustyyppin välillä on myös niiden lämmöneristyskyky.

### Tasokerääjä:

Peitinlasin alla on nestetäytteisiä putkia, jotka ovat kiinteässä kosketuksessa absorbaattoriin, joka – hyvän lämmönsiirron varmistamiseksi – on tummaa pinnoitettua metallia (kupari tai alumiini). Tämän tason alapuolella on paksumpi lämmöneristyskerros, joka estää nestettä jäähtymästä.



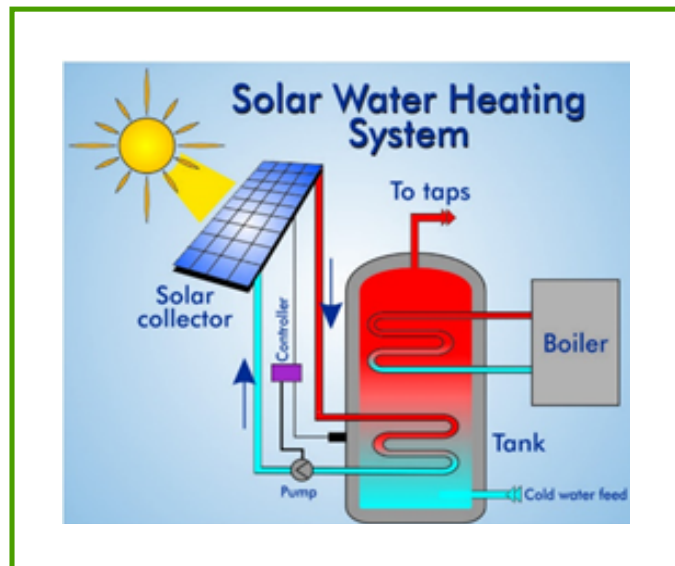
Kuva 18: Tasokerääjän ja tyhjiöputkikeräinten rakenne



### Tyhjiöputkikeräin:

Siinä lämmönsiirtoneste virtaa kaksiseinämäisen lasiputken (vaippaputki) sisällä, ja absorbaattori sijaitsee sen sisällä. Tämän rakenteen lämmöneristys on parempi kuin tasokerääjillä, joten se voi lämmittää vettä tehokkaasti myös talvella. Tyhjiöputkikeräimen hinta on myös korkeampi, investoinnilla voi laskea olevan hintaa arviolta puolitoista kertaa enemmän, mutta hinta on paljolti rakennuskohtainen.

Molemmissa tyypeissä uloin suojakerros on lasia, mutta se on kovaa borosilikaattilasia, jolla on erittäin hyvä mekaaninen kestävyys, hyvä valonläpäisykykyjaerinomainen lämmön- ja säteilynkestävyys, joten sen voi hyvinkin odottaa suojaavan keräintä 20–30 vuoden ajan.



Kuva 41:  
Aurinkolämmitysjärjestelmä

Molemmat tyypit muuntavat aurinkoenergiaa hyvällä hyötysuhteella, vaikka tehokkuutta ei voikaan tälle ratkaisulle antaa yhtä tarkasti kuin esim. aurinkokennoille, koska se on hyvin riippuvainen ulkolämpötilasta, auringonsäteiden tulokulmasta jne. Jotkut valmistajat lupaavat hyötysuhteeksi 80–90 %, mikä pätee varmasti optimaalisissa olosuhteissa, mutta kellon- ja vuodenajasta riippuen se voi laskea jopa 30 % (valitettavasti se toimii vähemmän tehokkaasti talvella, jolloin energiaa on huonosti satavissa).

Yhden asukkaan arvioidaan käyttävän kuumaa vettä 50–60 litraa päivässä. Lämpöenergiaa siihen kuluu 2,5 kWh. Yhden neliön kokoisen aurinkokeräimen tuotoksella voidaan käyttää päivittäin puolen vuoden ajan kesällä 2–3 kWh ja tal-

vella 0,5–1,5 kWh aurinkoenergiaa. Siten 1–1,5 neliön (per henkilö) kokoisella aurinkokeräimellä voidaan tuottaa merkittävä osa tarvittavasta kuuman veden määrästä.

Omakotitaloon on suositeltavaa asentaa 2–3 aurinkokeräintä kuuman veden tuottamiseen ja 4–5 aurinkokeräintä suurempaan vedenkulutukseen. Jos sitä täydennetään lämmityksellä, keräimen kokoluokaksi voidaan laskea riittävän 2–3 m<sup>2</sup>/henkilö. Tarvittavan kuumavesisäiliön tilavuudeksi riittänee 200–500 litraa. Suurempi ja hyvin eristetty kuumavesisäiliö on suotava keräinten päivän aikana tuottaman kuuman veden varastointiin illan ja aamun kulutukseen.

Kotitalouksiin parhaiten soveltuvien keräinten keskihinta on 300–900 euroa, kokoluokasta ja valmistajasta riippuen. Koko järjestelmän kustannukset ovat 900–1800 euroa ilman asennuskuluja.

## **Ympäristöarviointi**

Keräinten ympäristötase on selvästi positiivinen. Seuraavassa kuvaus keräimen elinkaaresta:

- ▶ Raaka-aineet: rauta/teräs, kupari, alumiini, lasi. Niiden tuotannolla on merkittävä vaikutus ympäristöön, mutta ei sen enempää kuin tavanomaisilla teollisuustuotteilla. Mitään harvinaisia maa- ja jalometalleja tai erityisen myrkyllisiä aineita ei onneksi tarvita. Mahdollisuuksia muiden, ympäristöystävällisempien, korvaajien löytämiseksi ei juurikaan ole.
- ▶ Valmistus: Komponenttien tuotantotekniikat eivät sisällä mitään sellaisia erityisiä vaiheita, joilla olisi vakavia ympäristövaikutuksia. Elementit vaikuttavat järjestelmän kuormitukseen suunnilleen suhteessa painoonsa, joten kaksi merkittävintä vaikutusta ovat aurinkopaneeli ja vesisäiliö, vähemmässä määrin ohjauselektroniikka, putkisto, kiertopumppu ja mekaaniset kiinnittimet.
- ▶ Kuljetus, pakkaukset: Suuri osa kuljetuksista tulee Kaukoidästä, joten kotimaisen, Euroopassa valmistetun, tuotteen valitseminen hyödyttää myös ympäristöä.

- ▶ **Käyttö:** Käytössä on otettava huomioon kiertovesipumpun kuluttama sähköenergia, joka on 10–45 W, kuormituksesta riippuen.
- ▶ **Elinkaaren loppu:** Käyttöiän lopussa käytännössä kaikki komponentit voidaan kierrättää, jos ne puretaan erikseen. Ne eivät sisällä vaarallisia aineita, ohjainta ja pumppua lukuun ottamatta, jotka on kerättävä erikseen E-jätteenä (sähkö ja elektroniikka), mutta suurin osa voidaan myös hyödyntää.



**AP:**

*Happamoitumispotentiaali*

**EP:**

*Rehevöitymispotentiaali*

**GWP:**

*Lämmityspotentiaali*

**ODP:**

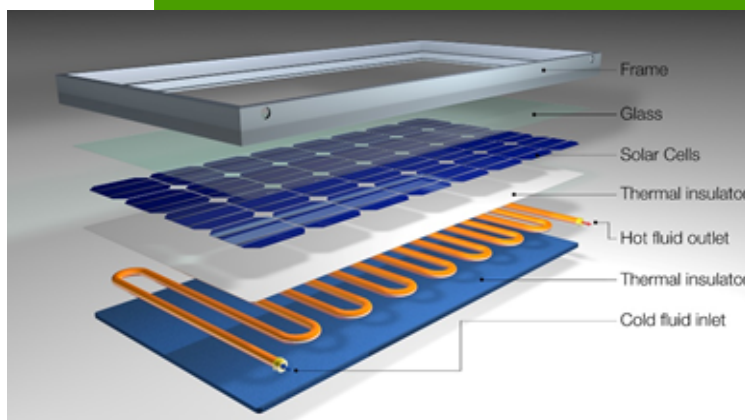
*Otsonituhopotentiaali*

Kuva 19: Elinkaaren eri vaiheiden ympäristövaikutukset neljän vaikutuskategorian valossa. Vertailua voidaan tulkita vain muutamassa sarakkeessa, tässä nähdään, kuinka kukin vaihe myötävaikuttaa yleiseen ympäristövaikutukseen.<sup>64</sup>

## Joitain kehityssuuntia

**Seuraavassa esitellään kaksi ratkaisua, jotka entisestään parantavat keräinten käytettävyyttä ja ympäristöarvoja.**

• **Hybridi aurinkokeräinjärjestelmä:** aurinkokennot voivat käyttää vain tietyn määrän auringonsäteilyä, ne heijastavat pienemmän osan ja välittävät merkittävän osan. Tämä toinen osa voidaan tallentaa aurinkokeräimellä, millä on kaksinkertainen etu: toisaalta yhdellä ja samalla pinnalla voidaan



tuottaa enemmän energiaa, sekä lämpöä että sähköä yhdessä, jotta vältytään muunnoshäviöiltä; toisaalta keräin jäähdyttää aurinkokennoa, joka puolijohdinlaitteena toimii paremmin matalammissa lämpötiloissa. Näitä laitteita on saatavana markkinoilla, mutta ne ovat vielä melko kalliita.

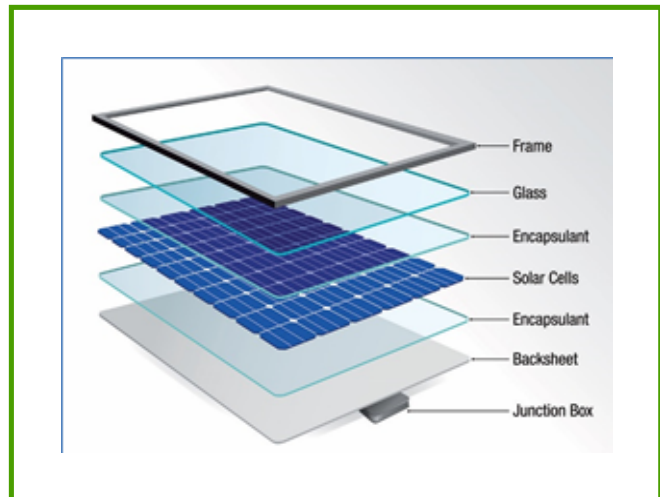
• **Aurinkokeräimen jäähdytysjärjestelmän käyttö.** Kesäaikaisen energiankulutuksen nopean kasvun tiedetään johtuvan suurelta osin ilmastointilaitteista. Ulkoyksikön jäähdytysneste lämmitetään sähköllä, joka on peräisin useimmista nykypäivän laitteista. Tämä voidaan tehdä samalla tavalla aurinkokeräimen lämmönvaihtimella, mikä pienentää sähkönkulutuksen murto-osaksi. Toinen tähän liittyvä etu on energian tuottaminen lähes ilmastointitarpeiden kanssa synkronoituna. Keräimellä ei siis vain tuoteta kuumaa vettä, siitä myös jäähdytetään suuri osa kesällä, ja tätä osaa voidaan käyttää suuremmassa määrin lämmittämiseen talvella. Saatavuus markkinoilla ei ole vielä hyvä, mutta taitavammat käyttäjät voivat valmistaa sen kotonaankin.

[https://www.youtube.com/watch?v=wzcfYVZ7G3w&pp=wgIECgII-AQ%3D%3D&feature=push-fr&attr\\_tag=0GqRi6YEmvqgXHLX%3A6](https://www.youtube.com/watch?v=wzcfYVZ7G3w&pp=wgIECgII-AQ%3D%3D&feature=push-fr&attr_tag=0GqRi6YEmvqgXHLX%3A6)

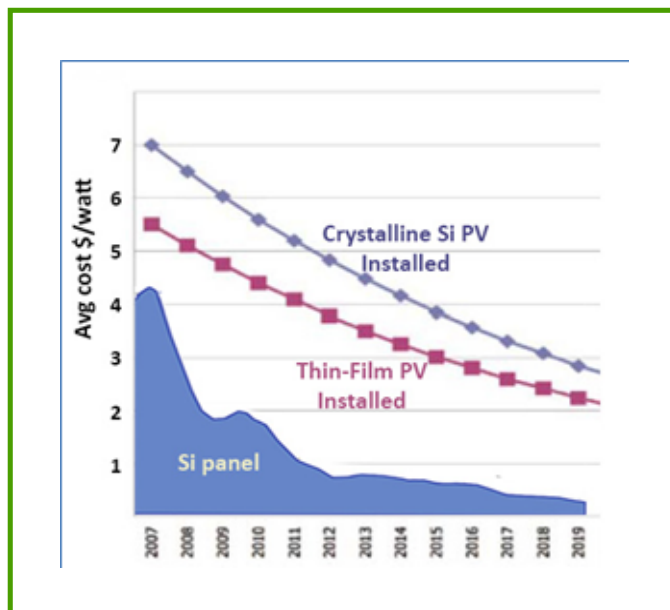
## b. Aurinkopaneeli

Aurinkopaneeli tuottaa sähköä suoraan ja on suosituin ja tutkituin uusiutuva energialähde. Useat puolijohdemateriaalit kykenevät ns. aurinkosähkövaikutukseen (PV). Monet niistä ovat saatavana myös markkinoilla tuotteina, laajimmalle levinneitä variaatioita on neljä. Tärkeitä tuotetyyppejä ovat:

*Kuva 20:  
Kiteistä piitä olevan  
aurinkosähköpaneelin rakenne*



- ▶ **Yksikiteinen piikiekko** (yksikiteinen pii), tehokkain (18–20 %) ja myös kallein. Soveltuu asuinrakennuksiin.
- ▶ **Monikiteinen pii** (polypii), vain muutaman prosentin verran pienempi hyötysuhde, ja siihen suhteutettuna halvempi hinta.
- ▶ **Ohutkalvokennot:** niihin voidaan käyttää useita materiaaleja
  - ▶ **amorfinen pii (a-Si), mikrokiteinen ( $\mu$ -Si)**
  - ▶ Muita puolijohdeyhdisteitä: **kadmiumtelluridi (CdTe), kupari-indium-selenidi (CIS) ja kupari-indium-gallium-selenidi (CIGS)**. Niiden hyötysuhde voi olla 8–16 %, mutta esim.  $\mu$ -Si voi olla jopa 20 %, niiden käyttöikä on kuitenkin lyhyempi kuin kiteistä piitä olevien paneelien. Siksi niitä näkeekin yleensä suuremmissa aurinkopuistoissa.



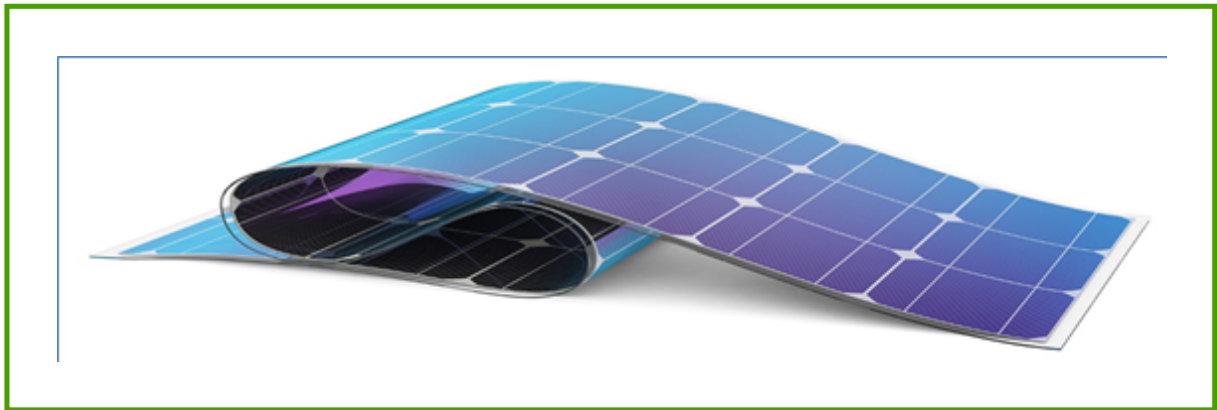
Kuva 21: Aurinkokennojen hintojen lasku viimeksi kuluneen vuosikymmenen aikana<sup>65</sup>

Viime vuosikymmeninä on ollut kaksi pääkehityssuuntaa. Toinen niistä on piitekniologian parantaminen ja yksinkertaistaminen, minkä seurauksena paneelien hinta on laskenut voimakkaasti, käyttöikä pidentynyt ja tehokkuus hieman parantunut. Toinen on uusien, halvempien tai tehokkaampien materiaalien kehittäminen. Ensimmäisen kehityssuunnan menestys on suurelta osin hieman hidastanut toista. Lupaavia ehdokkaita kyllä jo on, mutta tuotteet eivät ole vakavasti markkinakilpailukykyisiä. Seuraavassa mielenkiintoisimmat jo markkinoilla olevat:

- **Väriherkistetty aurinkokenno:** käytettäväksi aallonpituusalueeksi voi valita vaikkapa infrapunaa, joten se läpäisee suurimman osan näkyvästä valosta ja voidaan asentaa ikkunaan.
- **Polymeerinen/orgaaninen aurinkokenno:** kevyt, joustava, kannettava, hyötysuhde on suhteellisen vähäinen (5–10 %), mutta paneelit eivät silti ole halvempia.
- **Perovskiitti:** kehittämistä on vasta muutama vuosi takana, tuloksia on tullut nopeasti, hyötysuhde jo yli 20 % (mitattu laboratoriossa).

Kaikilla kolmella on taipuisat alustat, kerrokseen voidaan soveltaa halvempia painomenetelmiä, mikä antaa enemmän joustavuutta sekä tekniikkaan että käyttöön. Toistaiseksi niiden markkinaosuus on vasta muutama prosentti.

<sup>65</sup> Lähde: György Gröller



*Kuva 22: Aurinkokenno taipuisalla alustalla*

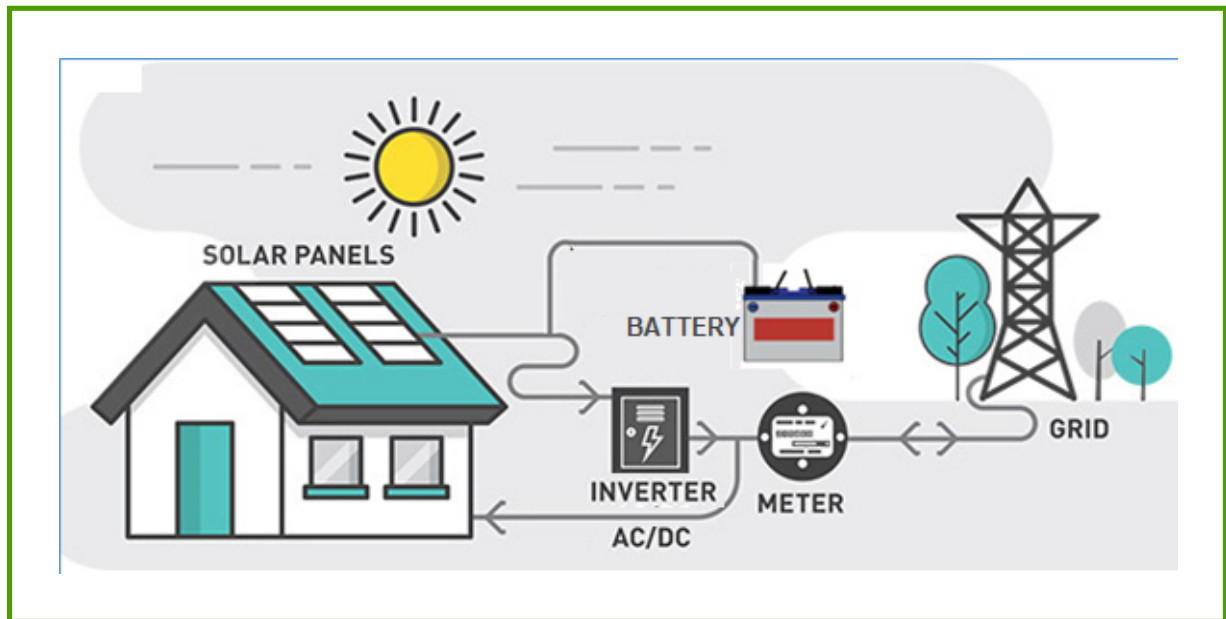
### **Kotitalouden aurinkojärjestelmän elementit**

Tässä hieman laajennetussa luettelossa esitellään järjestelmän toimintaan tarvittavat lisäelementit, ensisijaisesti sen vuoksi, että voidaan nähdä, mitä muuta aurinkopaneelien ympäristöarvioinnissa on otettava huomioon. Lisätietoa järjestelmän elementeistä löytyy täältä:

**Paneelit:** Elementtikennosta saatavat jännite ja virta ovat myös hyvin pieniä. Siksi useita kytketään sarjoiksi, jotka sitten puolestaan kytketään rinnakkain, ja tästä rakentuu erillinen asennusyksikkö, paneeli. Paneelin vakiokoko on 1,5–2 m<sup>2</sup>, paino 17–20 kg. Paino tulee pääasiassa lasi- ja metallirungosta, pii itsessään painaa vain muutamia kymmeniä grammoja.

**Vaihtosuuntaaja:** Aurinkokennolla on noin 30–70 V:n tasavirta (DC), jonka vaihtosuuntaaja muuntaa standardiksi 230 V:n vaihtojännitteeksi (AC). Siksi sitä voidaan käyttää kodinkoneissa ja toimittaa ylijäämä verkkoon. Suorituskyvyltään ja kooltaan sen on vastattava koko järjestelmän suorituskykyä. Vaihtosuuntaaja on myös järjestelmän keskusyksikkö, joka yleensä sisältää mittausyksikön ja tarjoaa mahdollisuuden päästä tietoihin etänä.





*Kuva 23: Kotitalouden aurinkojärjestelmän elementit*

**Mittari:** Jos aurinkojärjestelmä on kytketty verkkoon, viety ja tuotu virta on mitattava. Usein on myös tarpeen kirjautua, jotta voidaan osoittaa, mihin aikaan päivästä palaute tapahtui.

**Akku:** Käyttämätön tuotettu sähkö voidaan varastoida akkuihin. Verkkojärjestelmässä tämä on vaihtoehtoista, mutta saaristojärjestelmissä välttämätöntä.

**Kiinnittimet/kiinnitys:** Kattoon kiinnittämiseen tarvitaan rautaisia tai alumiinisia mekaanisia elementtejä. Tasakattoja varten mukana on kalteva teline ja betonipaino. Kaikkien näiden materiaalien pitää kestää n. 30 vuotta.

### ***Aurinkopaneelien ympäristöarviointi***

Seuraavassa tarkastellaan aurinkopaneelien elinkaarta ja ympäristökuormitusta, joka on syytä mainita kussakin vaiheessa.

- **Raaka-aineiden tuotanto:** Pii on valmistettu kvartsihiekkasta. Sitä on hyvin saatavissa, mutta erittäin puhtaan piin tuotanto vaatii paljon energiaa ja erityisiä, usein haitallisia, kemikaaleja. Ohutkalvoaurinko-

kennomateriaaleista kadmium (Cd) on erittäin myrkyllistä, ja telluuria (Te) ja indiumia (In) on maapallolla hyvin rajalliset määrät. Nämä kaikki aiheuttavat merkittävää ympäristökuormitusta eri vaikutusluokissa. Vaikka kennojen massa on vain muutama prosentti kokonaismassasta, sen vaikutus koko järjestelmän ympäristövaikutuksiin on suurin. Lisäksi valtaosa paneeleista valmistetaan Kiinassa, jossa tuotantoon tarvittavat energialähteet ovat pääosin hiili ja öljy.

- **Kuparia ja hopeaa** käytetään **sähköliitäntöihin**, tinaa ja lyijyä juotoksiin (lyijyjuotokset ovat poikkeuksellisesti sallittuja tällä alueella luotettavan pitkäaikaisen toiminnan varmistamiseksi). Metalleihin, erityisesti jalometalleihin, liittyvä kaivostoiminta ja metallurgia aiheuttavat ympäristövahinkoja. Lyijy on haitallista terveydelle ja ekosysteemille, joten sen käyttö useimmissa sähkö- ja elektroniikkatuotteissa on kielletty.

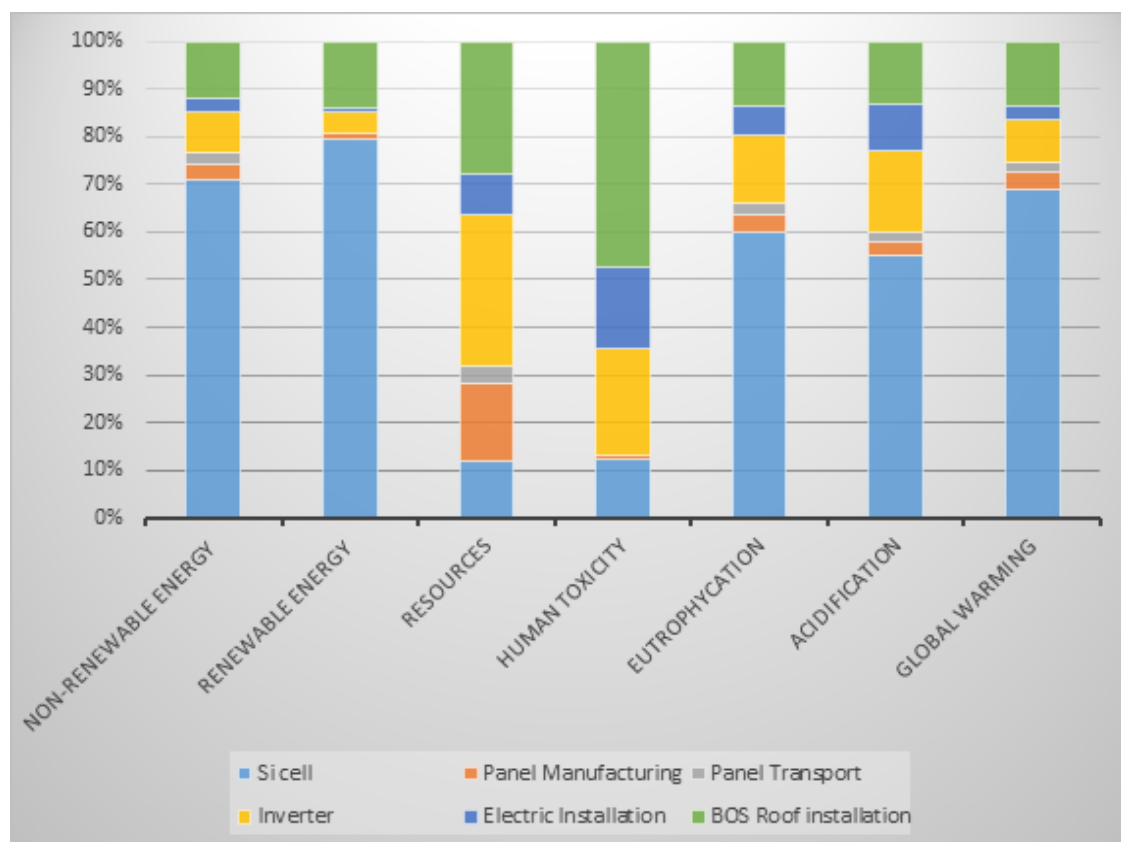
Vaihtosuuntaaja ja muut elektroniset komponentit: Tärkeimmät ympäristökuormitukset ovat PCB-yhdisteet, kuparijohtimet, jalometallit ja muuntajien rautaytimen harvinaiset maametallit.

Suurin osa **mekaanisista rakenteista** on alumiinia, jonka tuotannolla on myös merkittävä ympäristövaikutus, mutta se on hyvin kierrätettävää.

- **Kuljetus, pakkaaminen, jakelu:** Näiden osuutta kokonaiskuormituksesta pidetään merkityksettömänä. Todellisuudessa osuus ei ehkä kuitenkaan ole mitenkään vähäpätöinen, sillä Eurooppaan tulee joka vuosi miljoonia paneeleja, joiden kuljettaminen vaatii huomattavaa polttoaineenkulutusta ja aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä ja saastuttaa meriä. Tätä ei kuitenkaan pidä laskea nimenomaan aurinkopaneeleihin liittyväksi ongelmaksi, vaan se johtuu maailmantalouden nykyisestä rakenteesta.

- ▶ **Käyttö:** Käyttöikä on n. 30 vuotta, jonka aikana aurinkopaneeleita ei tarvitse huoltaa käytännössä lainkaan, pintoja voi mahdollisesti pyyhkiä, ympäristövaikutukset ovat joka tapauksessa merkityksettömät.
- ▶ **Elinkaaren loppu, kierrätys, hävittäminen:** Piiaurinkokennojen käyttöiän odotetaan oleva 25–30 vuotta, ohutkalvopaneelien 10–15 vuotta. Näille kahdelle tyyppille kehitetyt kierrätysmenetelmät poikkeavat hieman toisistaan. Kaikissa niissä metalliosien ja tukirakenteen kierrätystä voidaan pitää yksinkertaisena, kierrätys on käytännössä mahdollista hoitaa kokonaan. Paneelia itsessään on paljon vaikeampaa käsitellä, koska sen kerrosrakenne, joka on liimattu yhteen tarkoituksella saada se kestämään 30–40 vuotta, pitää purkaa. Lasi on lähes täysin kierrätettävää, johdin sekä kontakti- ja juotosmetallit (Al, Cu, Ag, Pb, Sn) voidaan erotella. Piitä taloudellisessa mielessä hyödyntävää uudelleenkäyttöteknologiaa ei ole olemassa, ei myöskään ympäristönsuojelullisesta näkökulmasta, mutta ensimmäisten paneelien purkaminen onkin vasta alkamassa. Kierrätykseen on useita mahdollisuuksia, tässä piin puhtaus on ratkaiseva tekijä. Nykyisin tämä on tärkeä tutkimusaihe. Yksi mielenkiintoinen ratkaisu voi olla se, että Li-kennojen anodissa se parantaa akun kapasiteettia. Kierrätystekniikkaa on saatavana myös ohutkalvokennoissa oleville puolijohde-materiaaleille.

<https://www.pv-magazine.com/2020/05/27/solar-panel-recycling-turning-ticking-time-bombs-into-opportunities/>



Kuva 24: Kiteistä piitä olevan aurinkojärjestelmän elementtien ympäristökuormitus seitsemässä eri vaikutusluokassa. Suurin vaikutus on piikennon tuotannolla, seuraavina vaihtosuuntaaja ja tukirakenne. (BOS: järjestelmän tasapaino) Tässä esitystilassa vertailuja voidaan tehdä vain kussakin teholuokassa, ei luokkien välillä, koska jokainen normalisoidaan 100 prosenttiin.<sup>66</sup>

## Tärkeät tekniset, ympäristölliset ja taloudelliset ominaisuudet

- Teho, hyötysuhde
- Spektrinen herkkyys
- Käyttöikä
- Energian takaisinmaksuaika, kustannusten takaisinmaksuaika

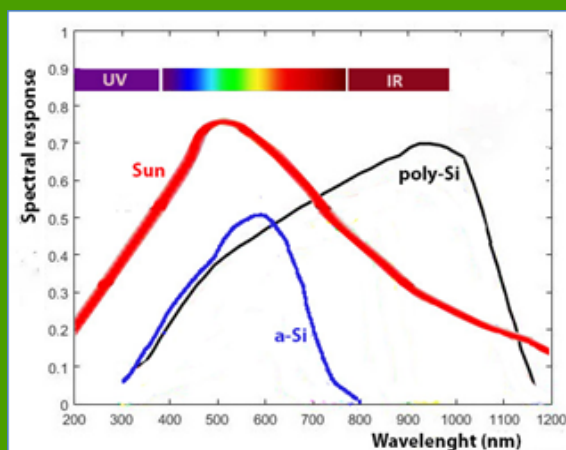
<sup>66</sup> Lähde: György Gröller

**Teho, hyötysuhde:** Paneelien suorituskyky mitataan vakio-olosuhteissa, jolloin saadaan huipputeho ( $W_p$ ). Vaihtelu on luokkaa 260–400  $W_p$ , mikä ei riitä asunnon virtalähteeksi. Siksi useita paneeleja kytketään yhteen järjestelmäksi (sekä sarja- että rinnakkaisliitانتänä, tehot lisätään yhdeksi). Nykyinen järjestelmän tuotos riippuu useista tekijöistä:

- kennon materiaali, joka määrittää hyötysuhteen,
- säteilyn voimakkuus ja sen tulokulma,
- lämpötila (korkeampi matalissa lämpötiloissa),
- teknisten ratkaisujen menestys hyötysuhteen parantamiseksi.

Asennettava järjestelmä voidaan skaalata suorituskyvyn ja keskimääräisen päivittäisen säteilyn perusteella. Se laskemalla aurinkopaneeleille voidaan varmistaa odotettu vuotuinen kulutus. Siten aurinkoisten päivien ylituotanto ja verkosta muina aikoina otettu energia tulevat olemaan lähes samat. Vaihtosuuntaajan olisi hyvä olla 30–50 % ylisuuri, jos järjestelmän kapasiteettia nimittäin halutaan laajentaa myöhemmin, vaihtosuuntaajaa ei silloin tarvitse vaihtaa.

**Hyötysuhde** lasketaan tavalliseen tapaan: lähetetty sähköteho / absorboitu säteilyteho. Erityinen tekijä tässä on hyödyllisen energian saaminen vapaasta ja rajoittamattomasta lähteestä, joten hyötysuhde päättää, kuinka paljon pinta-alaa vaaditusta tuotoksesta voidaan saada. Jos paneeli on halvempi (ja sen tuotanto ei ole ympäristölle kovin haitallista), hieman alhaisempi hyötysuhde ei ole ongelma, myös sen voi valita huoletta. Siksi se oli hyvä kehityssuunta viimeisten 10 vuoden aikana päätavoitteen ollessa hinnan alentaminen. Hinta onkin laskenut kolmannekseen, hyötysuhde sen sijaan on kasvanut vain muutamalla prosentilla (kolminkertaiseen tehokkuuden kasvuun ei ollut realistisia mahdollisuuksia).



**Spektrinen herkkyys:** Tässä käytettävät puolijohdemateriaalit voivat hyödyntää vain tiettyä niille lankeavaa valon aallonpituusalueutta (= spektri) ja muuntaa sen energian sähköenergiaksi. Kuva esittää amorfisen ja kiteisen piin herkkyyskäyrät. Tämän mukaisesti **kiteisten piikennojen** käyttö (herkkyys) on paras välillä 700–1000 nm ja vähenee jo näkyvällä alueella. **Amorfisen piin** herkkyys ohutkerroskennossa on pienempi, mutta se peittää näkyvän alueen paremmin, joten nämä kennot toimivat paremmin pilvisellä säällä. Jos käytettävää spektriä halutaan laajentaa,

voidaan tehdä ns. tandemikkenno, joka käsittää kaksi eri materiaalia olevaa aktiivista kerrosta, joilla on erilainen herkkyys. Laboratorio-oloissa niillä on yletty 45 prosentin hyötysuhteeseen.

**Käyttöikä:** Näiden laitteiden käyttöikä ei yleensä pääty mihinkään kertaluonteiseen vikaantumiseen vaan hyötysuhteen hitaaseen heikkenemiseen. Se tapahtuu puolen prosentin vuosivauhdilla, suorituskyvyn pudottua alle 70–80 prosentin kannattaa miettiä korvaamista, ehkä laajentamista. Valmistusvirheiden tai kolhujen takia paneeli voi vahingoittua aikaisemminkin mutta niin käy hyvin harvoin. Kiteistä piitä olevien paneelien elinkaariodote on 25–30 vuotta, ohutkalvoisilla aurinkokennoilla vain 10–15 vuotta. Vaihtosuuntaajat toimivat tyypillisesti 10–15 vuotta. Jos järjestelmään kuuluu akku, se voidaan vaihtaa 5–15 vuoden kuluttua.

**Energian takaisinmaksuaika (EPBT):** Sovelletaan energiavoittojen ilmaise-  
miseen. Takaisinmaksuaika tässä tarkoittaa, miten pitkässä ajassa aurinkokenno  
”maksaa takaisin” elinkaaren esikäyttövaiheissa käytetyn energian (tähän sisäl-  
tyy myös kaiken ylimääräisen energian kulutus). Tämä on melko rauhoittava  
luku, sillä aurinkokenno on maksanut ”velkansa” takaisin jo n. puolessa toissa  
vuodessa, jonka jälkeen saatu sähkö on puhdasta tuottoa. Samalla periaatteella  
voidaan laskea **kustannusten takaisinmaksuaika**, ts. missä ajassa omistus-  
kustannukset katetaan. Se riippuu monista tekijöistä: nykyinen valtiontuki,  
kotitaloussähkön hinta, päivittäiset tunnit tietyllä alueella, katon suunta, verk-  
koon viedyn ja sieltä tuotavan sähkön määrä. Tällainen arvio voidaan yleensä  
saada asennusyhtiöltä tai se voidaan laskea automaattisilla laskimilla, tulos voi  
olla 5–10 vuotta. Edellä luetelluista muuttujista johtuva epävarmuus on kuiten-  
kin merkittävä.

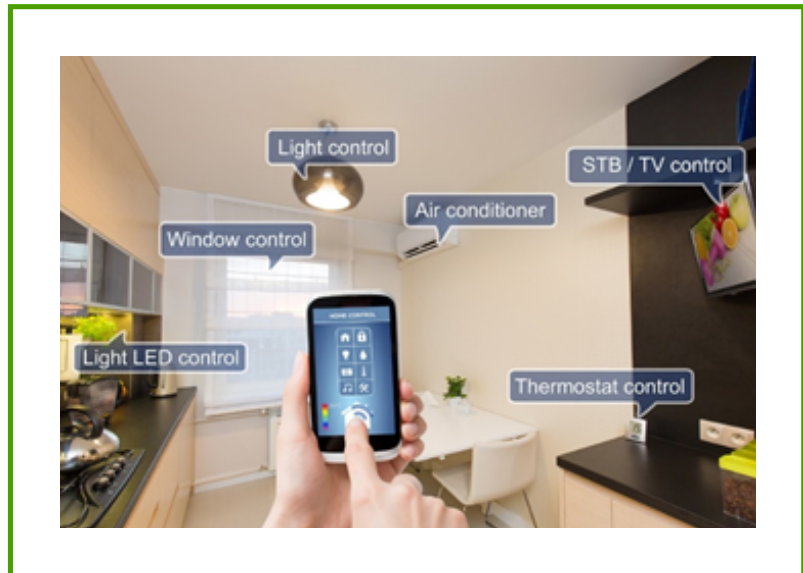
Suositteluvia sivustoja:

<https://www.solarguide.co.uk/solar-panel-payback-time#/> (last visited: 2021  
April)

<https://energyinformative.org/solar-energy-pros-and-cons/> (last visited: 2021  
April)

## 6.4 Älytalo

Nykyisin on mahdollonta kuvitella uutta tai kunnostettua asuntoa ilman minkäätasoista automatisoitua elektronista valvontajärjestelmää. Lähes jokaiselle asunnon toiminnolle on omat mittaus- ja ohjauslaitteistonsa, joita hallitaan integroidulla IT- ja



etävalvontajärjestelmällä. Yksityiskohtainen ympäristöanalyysi niistä menisi tämän käsikirjan ulkopuolelle. Kirjallisuudesta löytyy vain muutama elinkaariviointitutkimus, jotka eivät kylläkään kohdistu kokonaisiin järjestelmiin, ainoastaan joihinkin yksityiskohtiin. Tässä käsikirjassa pyritään kiinnittämään huomiota joihinkin järjestelmien asentamiseen ja käyttöön liittyviin keskeisiin näkökohtiin.

Älytalotekniikassa käytettävät laitteet on tässä tarkastelussa jaettu – melko satumanvaraisesti – kolmeen ryhmään.

- Energianhallintaan käytettävät mittaus- ja ohjausjärjestelmäelementit
- Turvajärjestelmät
- Asumismukavuutta, jopa luksusta, lisäävät ratkaisut



## Energianhallintalaitteet

Seuraavassa laitteita tehtävineen

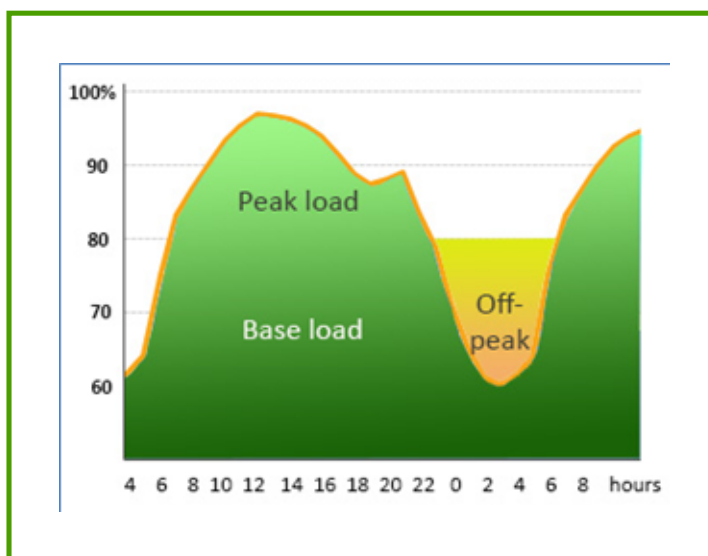
- ▶ Lämpömittarit, lämpötilansäätimet ja kytkimet, joita tarvitaan lämmitys- ja viilennysjärjestelmien ohjaamiseen.
- ▶ Taloon kuuluvien uusiutuvien energialähteiden käytön, varastoinnin ja latauksen hallinta.
- ▶ Kuluttajakohteisesti kytketyt älyliittimet, jotka mittaavat laitteiden kulu- tustietoja (näyttö, varastointi, lähetys) ja kytkevät laitteen päälle / pois päältä vastaanotettujen signaalien perusteella.
- ▶ Valaistusjärjestelmän toiminnan edellyttämät valomittarit, läsnäoloilmai- simet ja valovirtaussäätimet.

Kukin niistä voidaan panna täytäntöön eri vaiheissa, joita voivat olla lämpö- mittareiden asentaminen ja niiden ohjaama lämmitys, älymittareiden käyttö ja niiden antamien tietojen lähettäminen tietokoneelle, lähetettyjen tietojen pro- sessoiminen lämmityksen, viilennyksen, ilmanvaihdon, valaistuksen, suojauk- sen ja muiden toimintojen ohjaamiseksi. Kaikki tämä hoituu internetin kautta, joten asukkaat voivat lähettää kulloistenkin tarpeidensa mukaiset käyttöä kos- kevat ohjeet myös matkapuhelimesta.

Ympäristövaikutusten osalta on odotettavissa, että monien elektronisten laittei- den ja tietokoneiden tuotanto, jatkuva käyttö ja lopulta hävittäminen aiheutta- vat merkittävää energiankulutusta ja ympäristöön kohdistuvia vaikutuksia. Toi- saalta kotitaloudessa näillä järjestelmillä saavutettu säästö energiankulutuksessa on samanarvoinen. Aiheesta tehty elinkaarianalyysi osoittaa, että kuormituksen keventämiseen eri ympäristövaikutusluokissa ylletään vain yksinkertaisimmalla rakenteella saavutetun hyödyn ollessa kokoluokaltaan 2–3 %. Jos rakennetaan täydellinen automaattinen ohjausjärjestelmä antureineen ja seurantalaitteineen, ympäristökuormituksen kasvun voi odottaa olevan 6–16 %. Negatiivista koko- naiskuvaa saadaan hieman parannettua sillä tosiasialla, että kotitalouskulutuk-

sen ollessa suurimmillaan sitä pystytään hallitsemaan älyjärjestelmillä niin, että virransyöttöjärjestelmän kuormituksen vaihtelut saadaan tasattua. Tämä tarkoittaa sitä, että ajankohtana, jolloin kuormitus on vähäisintä, toiminnassa ovat pääasiassa perusvoimalat (esim. ydinvoimalat) vähäisin ympäristövaikutuksin, ruuhka-aikoina myös kaasu-, öljy- ja kivihiilivoimalat on käynnistettävä. Jos siis veden lämmitys, lämmön varastointi, sähköauton lataus, mahdollisesti pyykin- ja astiainpesu voidaan ajastaa ajankohtaan, jolloin kuormitus on vähäisintä, se on sekä ympäristöllisesti että taloudellisesti edullista. Älyjärjestelmät voivat tulla tässä apuun säättämällä toimintoja ajankohtiin, jolloin kuormitus on vähäisintä.

*Kuva 25:  
Virrankulutuksen  
vaihtelut päivän mittaan<sup>67</sup>*



Toinen talon energianhallintaa ja -säästöä tukevien laitteiden korvaamaton etu on, että ne vetävät niiden käyttäjien huomion energiansäästöön. Vuosittaisen 1–1 sähkö- ja kaasulaskun sijaan päivittäisestä kulutuksesta saadaan valtavasti tietoa. Saadut tiedot on syytä analysoida aika ajoin ja pohtia niiden pohjalta, miten asuntoa voisi käyttää kaikkein ekologisimmalla asukkaiden elämäntapaan ja tottumuksiin sekä talon ominaisuuksiin perustuvalla tavalla. Yksi asetettu malli ei ehkä kuitenkaan aina ole se paras. Tärkeää myös on, että analyysiin osallistuvat kaikki asukkaat.

<sup>67</sup> Lähde: Mavir, Portfolio.hu

## **Turvajärjestelmät**

Tähän sisältyvät turvavarusteet, hälytykset, kamerat, virtalähde jne. kustannuksineen ja ympäristövaikutuksineen, lisäksi talon turvajärjestelmää käyttävä turvallisuusyritys tarjoaa etävalvonnan. Mainittujen lisäksi kannattaa asentaa myös palo-, savu- ja hiilimonoksidianturit sekä yöaikaisen liikkumisen turvaavat valot.

Tällä alalla turvallisuusnäkökohdat ovat ymmärrettävästi etusijalla. Ympäristönäkökohdat voi huomioida valinnoissa useiden samanlaisten ominaisuuksien välillä.

## **Mukavuutta ja luksusta lisäävät laitteet**

Tämän alueen laitteet eivät välttämättä ole niitä kaikkein ympäristöystävällisimpiä. Aasukkaat, joilla on tarve ja mahdollisuus ja jotka haluavat soveltaa näiden laitteiden käyttöön ympäristöystävällistä lähestymistapaa, voisivat ratkaista energiansaannin omalla uusiutuvalla lähteellään ja toimittaa käytöstä poistetut laitteensa asianmukaiseen kierrätykseen.

# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

## KÄSIKIRJA

# 7

## Lainsäädäntö



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# 7

## Lainsäädäntö

Tämän luvun tavoitteena on esitellä rakentamiseen ja peruskorjaamiseen liittyvää maakohtaista lainsäädäntöä kaikissa käsikirjan laadintaan osallistuneissa maissa (Unkari, Italia ja Suomi). Käsikirjassa esitellään sen kirjoitusajankohdasta (2020–2021) voimassa ollutta lainsäädäntöä, eivätkä esitetyt tiedot pyri olemaan tyhjentyviä.

### 7.1

## Lainsäädäntö Unkarissa

### a. Rakentamista koskeva lainsäädäntö Unkarissa

**Unkarin** niin kutsuttu **rakennuslaki**<sup>68</sup> määrittää perusvaatimukset, työkalut, oikeudet sekä velvollisuudet rakennetulle ympäristölle ja ympäristön suojelemiselle. Lisäksi laissa määritetään rakentamiseen liittyvät velvollisuudet ja viranomaiset. Kyseessä on yleinen rakentamista koskeva lainsäädäntö.

Rakennuslaki määrittää muun muassa valtion, kuntien ja viranomaisten rakentamiseen ja kaupunkisuunnitteluun liittyvät velvollisuudet sekä kompetenssit (esimerkiksi rakennustöitä koskevat yleiset vaatimukset, rakennuslupien hyväksyminen, rakentamiseen liittyvät viranomaistarkastukset ja rakentamiseen liittyen määrättävät sakkorangaistukset). Lisäksi laissa määrätään muun muassa arkkitehtuuriperinnön suojelusta.

Toinen tärkeä laki on ns. **OTÉK**<sup>69</sup>, jossa säädetään muun muassa alueille sijoitettavista rakennuksista ja rakennelmista, rakentamista ja rakennusten alueella sijoittelua koskevista vaatimuksista, rakennusten ja julkisten verkkojen sijoittelusta sijoittelua koskevista vaatimuksista alueella ja rakennusten rakentamiseen ja alueelle jo rakennettuihin rakennuksiin sovellettavista vaatimuksista.<sup>70</sup>

68 1997 LXXVIII. Laki rakennetun ympäristön toteuttamisesta ja suojelusta

69 253/1997. (XII. 20.) asuinrakentamisen suunnittelusta ja rakennusvaatimuksista annettulaki

70 Lähde: <https://epitesijog.hu/magyarazatok/epitesugyiengedelyezes/140-az-epitesugyi-ig-azgatas-jogszabalyai>

Kunnan- ja valtionviranomaiset toimivat yleisinä rakennusviranomaisina, ja vastaavat myös rakennusvalvonnasta sekä rakennusperinnön suojelusta. Kuntaviranomaiset vastaavat asuinrakentamisen kehittämisestä ja suunnittelusta tavoitteenaan luoda sekä suojella rakennettua ympäristöä.

### Rakennusluvut

Rakennusviranomaisjärjestelmä tuli voimaan 2013 yhtä aikaa rakentamista ja rakennusvalvontaa koskevan lain kanssa. Yllä mainittujen lakien nojalla rakentaminen tapahtuu joko:

- a) ilman rakennuslupaa (laillisesti),
- b) yksinkertaisen ilmoituksen perusteella,
- c) rakennusluvalla,
- d) hyväksytyn ilmoituksen nojalla (koronaviruspandemiaa koskeva lainsäädäntö 2020)

### ***Rakentaminen ilman rakennuslupaa***

1. tammikuuta 2017 alkaen ilman rakennuslupaa tapahtuvaa rakentamista laajennettiin huomattavasti. Käsikirjan kannalta oleellisia ovat seuraavat:

- Rakennuksen muutostyöt, peruskorjaus, restaurointi, modernisointi ja julkisivun muutokset (ei koske suljettuja tai kaksiosaisia rakennuksia, jos toiminta vaikuttaa rakennukseen kytköksissä olevan toisen rakennuksen perustuksiin tai kantaviin rakenteisiin)
- Jo rakennetun rakennuksen tarpeelliset lämpöeristykset, julkisivun ovien ja ikkunoiden vaihtaminen, julkisivun maalaaminen ja julkisivun pintaan tehtävät muutokset
- Uuden savupiipun rakentaminen jo olemassa olevaan rakennukseen.
- Uuden, erillisen ja enintään 6 metriä korkean savupiipun rakentaminen (julkisivun puoleiseen seinään rakennettava tai erillään seisova).
- Katoksen, suojakatoksen tai julkisivuun liitettävän markiisin asentaminen rakennukseen tai sellaisen korjaaminen tai muuttaminen.
- Rakennuksen toiminnallisten yksiköiden määrän muuttaminen.
- Yksityisen pihan, uima-altaan tai pihalammen rakentaminen.
- Aidan, piharakennelman, pihaportaiden, kulkueritin tai rinteiden, pihauunin, kotikäyttöön tarkoitetun savustamon, jää- tai maakellarin, erilaisten pihakasvien tukirakenteiden rakentaminen, muuttaminen tai jo olemassa olevien kunnostaminen.
- Aurinkokennot, ilmanvaihtolaitteet, ilmastointilaitteet ja ukkosenjohdattimet
- Kunnallisteknisten liittymien ja rakennelmien vaihtaminen ja rakentaminen tontin rajojen puitteissa
- Enintään 2 metriä syvän ja tilavuudeltaan 20 m<sup>3</sup> kellarin rakentaminen, peruskorjaus, kunnostaminen tai muuttaminen.

### ***Rakentaminen yksinkertaistetulla ilmoituksella***

Hyötypinta-alaltaan enintään 300 m<sup>2</sup> rakennusten rakentaminen on ollut mahdollista yksinkertaisella ilmoituksella 2016 alkaen.

Rakennusvalvontaviranomainen vastaa yksinkertaisten lupailmoitusten käsittelystä ja vahvistamisesta. Viranomainen tarkastaa ilmoitukset ja ilmoittaa mahdollisista asiakirjojen puutteista rakennuttajalle sekä Unkarin arkkitehti- ja insinöörilokalle 8 päivän kuluessa. Kannattaa huomata, että viranomainen ilmoittaa vain mahdollisista ilmoitukseen liittyvistä puutteista, mutta sei välttämättä tarkasta dokumentaation sisältöä.

### ***Rakennuslupa***

Jos aiottu rakentaminen ylittää yksinkertaistetun ilmoitusmenettelyn rajat, rakentamiselle on haettava rakennuslupa. Pääsääntö on, että rakennuslupan on sisällettävä kaikki tontilla samanaikaisesti suoritettava rakentaminen. Hakemukseen on liitettävä useita erilaisia asiakirjoja.

Rakennusviranomainen tarkastaa paikan päällä tehtävässä tarkastuksessa, että rakennus vastaa lakisääteisiä ja ammattitaitoiselle rakentamiselle asetettuja vaatimuksia sekä esitettyä dokumentaatiota.

Lähde:

<https://epitesijog.hu/8874-2014-oktober-24-teljes-atalakulason-esett-at-az-egyszeru-bejelentes>

<https://epitesijog.hu/8874-2014-oktober-24-teljes-atalakulason-esett-at-az-egyszeru-bejelentes>

## **b. Energiatehokkuusvaatimukset**

Rakennusten vähimmäisenergiatehokkuutta koskevat vaatimukset on määritetty Unkarin TNM-asetuksessa 7/2006 (V.24.)<sup>71</sup>. Vaatimukset ovat pakollisia kaikille uusille rakennuksille, ja lisäksi myös energiaa säästävälle jälkikäteen tehtäville asennuksille on omat vaatimuksensa. Säännöksiä on tiukennettu asteittain viime vuosina, ja uusien rakennusten tulee olla ”lähes nollaenergiarakennuksia”. Vaatimukset voidaan jakaa kuuteen ryhmään:

---

71 7/2006. (V. 24.) Ministeriön asetus rakennusten energiatehokkuudesta



1 Rakennuksen vaipan enimmäislämmönläpäisy määrittää, kuinka paljon eristystä ulkoseiniin, kattoihin ja kellareiden lattioihin yms. tarvitaan. Vaatimukset ovat keskimäärin  $0,17 - 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ , eli keskimäärin eristyksen tulee olla 16-24 cm (katso kohta 5.2).

2 *Lämpöhäviökerroin* kertoo itse rakennuksen energialaadun teknisiä järjestelmiä huomioimatta. Kerroin huomioi koko rakennuksen vaipan lämpöhävikin sekä auringonvalosta talvisin saadun hyödyn. Rakennuksen muodolla, koolla ja ilmansuunnilla on väliä. Yleisesti ottaen suhteellisen kompakti ja oikein tontille sijoitettu rakennus täyttää yleensä nämä vaatimukset vähimmäiseristystä käytettäessä. Vaativat rakennukset, joita ei ole sijoitettu tontille parhaalla mahdollisella tavalla, voivat tarvita lisäeristystä.

3 *Rakennuksen primäärienergian kokonaiskäyttö* sisältää tilojen ja kuumavesijärjestelmien, jäähdytyksen ja koneellisen ilmanvaihdon, jos sellaisia on, ja energiankäytön, mutta ei huomioi asuinrakennuksen kodinkoneita tai valaistusta. Indikaattori ilmoitetaan ei-uudistuvana primaarienergiana, mikä eroaa toimitetusta tai lopullisesta energiankäytöstä, joka näkyy sähkö- tai kaasulaskusta. Primäärienergiana huomioidaan myös energian muuntamisen tehokkuus, ja esimerkiksi sähköön painotuskerroin on Unkarissa 2,5 ja maakaasun vastaava arvo on 1. Lähes nollaenergiataloissa suurin sallittu primaarienergian käyttömäärä on  $100 \text{ kWh/m}^2$  vuodessa.

4 Lämpötilan kesällä tapahtuvaan liialliseen nousuun liittyvä indikaattori kuvaa rakennuksen ylälämpenemistä. Vaatimukset voidaan yleensä täyttää, jos rakennuksen ulkopuolelle tehdään tehokkaasti varjostavat asennukset. Myös öisin tapahtuvalla tuuletuksella on suotuisa vaikutus.

5 *Teknisten rakennusjärjestelmien* vaatimukset määrittävät lämminvesivaraajien, ohjausjärjestelmien yms. laadun.

6 *Uusiutuvan energian vähimmäisosuus* on 25 %. Tämä vaatimus täyttyy yleensä, jos lämmitykseen käytetään ilmalämpöpumppua tai biomassaa polttavaa lämminvesikiertojärjestelmää ja useilla alueilla myös kaukolämpöä. Jos maakaasulla

toimivaa lämmitystä käytetään, vaatimustenmukaisuus voidaan varmistaa asentamalla aurinkokennot tai käyttämällä aurinkosähköä. Vaatimustenmukaisuus voidaan varmistaa myös parannetulla energiatehokkuudella, jos uudistuvan energiankäyttömahdollisuudet ovat rajalliset. Tällöin primäärienergian vuotuinen käyttömäärä voi olla enintään 76 kWh/m<sup>2</sup>. Jos esimerkiksi tiiviisti rakennetussa kaupungissa aurinkoenergian hyödyntämiseen tai biomassan polttamiseen perustuva lämmitys on vain rajallisesti mahdollista tai sitä ei välttämättä voida käyttää lainkaan, energiatehokkuutta voidaan lisätä ottamalla lämpö talteen poistoilmasta tai parantamalla eristystä.

Arkkitehdin ja taloteknisten palvelujen suunnittelijan tulee varmistaa, että rakennus vastaa energiavaatimuksia, ja tämä on todistettava asianmukaisilla laskelmilla. Rakennuksen energiatodistus perustuu tähän laskelmaan, joka laaditaan ennen käyttöluvan myöntämistä rakennukselle. Lähes nollaenergiarakennuksien luokitus on vähintään ”BB”.

Jo rakennettujen rakennusten energiatehokkuutta parannettaessa tai laajennuksia rakennettaessa vaatimukset määräytyvät muutosten laajuuden mukaan. Useiden vaatimusten tulee täytyä silloin, kun kyseessä on laaja peruskorjaus, jossa yli 25 % pinta-alasta peruskorjataan, tai jos rakennetaan laajamittainen laajennus, ja pinta-ala ylittää valmiin rakennuksen pinta-alan. Luonnollisesti peruskorjattavien osien tulee olla vaatimustenmukaisia (esimerkiksi se rakennuksen vaipan osa, jonka eristystä parannetaan tai jonka tekninen järjestelmä vaihdetaan). Lisäksi on määritetty erityinen lämpöhävikkikerroin ja primaarieenergian tarvetta koskeva vaatimus, jota koko rakennuksen on vastattava, mutta joka on kuitenkin lievempi kuin uusien rakennuksien koskeva vaatimus. Nämä vaatimukset edistävät entistä tehokkaampaa peruskorjausta, ja useita erilaisia määräyksiä on noudatettava samanaikaisesti tehokkaan energiansäästön varmistamiseksi. Uusiutuvan energian hyödyntäminen ei ole pakollista peruskorjatuissa taloissa, mutta oletuksena on, että rahoitusohjelmat tulevat suosimaan rakennusten peruskorjaamista lähes nollaenergiataloiksi.

### **Aiheeseen liittyvää luettavaa**

<https://epitesijog.hu/magyarazatok/epitesugyiengedelyezes/140-az-epitesugyi-igazgatas-jogszabalyai>

<https://epitesijog.hu/8874-2014-oktober-24-teljes-atalakulason-esett-at-az-egyszeru-bejelentes>

<https://epitesijog.hu/185-az-epitesi-es-egyszer-sitett-epitesi-engedelyezesi-eljaras>

## **7.2 Lainsäädäntö Italiassa**

Italiassa rakentamisen aloittaminen edellyttää, että rakennustyöt suoritetaan paikallisten ja kansallisten määräysten mukaisesti, ja paikallisille viranomaisille on esitettävä tarkat tiedot tai pääasialliset viitetiedot vaatimustenmukaisuustarkastusta varten. Lisäksi on noudatettava muita hallinnollisia menettelyjä. Sovellettavat menettelyt määräytyvät rakennustöiden tyyppin mukaan. Rakentamista varten tarvitaan jokin seuraavista:

1. Rakennuslupa
2. Rakentamisen aloittamista koskeva hyväksytty ilmoitus (SCIA)
3. Yksinkertainen ilmoitus (CILA) tai ei ilmoitusta lainkaan

Tässä kohdassa esitellään lyhyesti Italiassa noudatettavia käytäntöjä sekä niihin liittyviä vaiheita. Lisäksi esitellään kustannuksia ja käsittelyaikoja. Myös ohjeita kulloinkin noudatettavasta menettelystä annetaan kyseessä olevan rakennustöiden tyyppin mukaan.

**VASTUUVAPAUSLAUSEKE:** Tässä kohdassa annetaan yleistä tietoa aiheesta, eikä tavoitteena ole antaa tyhjentäviä tietoja aiheesta. Täydellisemmät ja ajankohtaisemmat tiedot saa tarvittaessa paikalliselta viranomaiselta tai alan asiantuntijoilta.

## a. Rakennuslupa

### ***Milloin:***

- Uusi rakennus
- Peruskorjaus, joka liittyy:
  - o tilan kokoon ja/tai muotoon;
  - o käyttötarkoitukseen (vain kaupunkien historiallisissa osissa rakennettaessa);
  - o kerrosmäärien lisäämiseen silloin, kun kyseessä on ns. suojeltu rakennus kulttuurin ja maiseman suojelusta annetun lain tarkoituksessa;
- ullakkokerroksen (katon alla) käyttöönottoon.

### ***Hakija ja lupahakemuksen jättäjä:***

Rakennuslupa annetaan rakennuksen omistajalle tai muulle henkilölle, jolla on oikeus saada lupa. Lupahakemuksen voi jättää myös yrityksen edustaja tai alan ammattilainen (arkkitehti tai insinööri), jos omistaja on myöntänyt asiaankuuluvat valtuudet kyseiselle henkilölle.

Käytännössä rakennuksen omistaja tai hänen nimeämänsä henkilöt ovat virallisia hakijoita, ja hakemuksen jättää alan ammattilainen.

### ***Sisältö ja voimassaolo:***

Rakennuslupahakemuksen käsittely kestää enintään 60 päivää jättöpäivästä. Jos paikalliselta viranomaiselta ei tule vastausta, hakemus katsotaan ”hyväksytyksi”,

Rakennuslupan tulee sisältää rakennustöiden alkamis- ja päättymisajankohta. Rakennustyöt tulee aloittaa viimeistään vuoden kuluttua luvan myöntämisestä, ja ne tulee suorittaa loppuun viimeistään kolmen vuoden kuluttua luvan myöntämisestä. Rakennuslupa raukeaa 3 vuoden kuluttua luvan myöntämisestä, ellei lupaa ole pidennetty ennen sitä. Lupaa voidaan pidentää vuodella, ja sitä koskeva pyyntö tulee perustella.

### **Kustannukset**

Rakennuslupa on maksullinen. Rakennuslupaan liittyviä maksuja ovat:

- ▶ Infrastruktuurimaksu
- ▶ Rakentamismaksu.

Infrastruktuurimaksu on tarkoitettu kattamaan paikallisten infrastruktuuripalvelujen kustannuksia. Määrä riippuu sijaintipaikasta, ja laskentaperuste on m<sup>2</sup>

Rakennuskustannusmaksut lasketaan prosenttimääränä kaikista rakennustöistä. Prosenttimäärä (%) on 5 – 20 %.

Tietoja ja viitteitä kustannusten laskentaan löytyy paikallisten viranomaisten sivustoilta kohdasta ”Rakennukset ja rakentaminen”.

Hakija maksaa nämä maksut.

Muita rakennuslupaan perustuvia rakentamiseen liittyviä kustannuksia ovat:

- ▶ Työvoimakustannukset
- ▶ Rakennusyrityksiin, ja erityisesti materiaaleihin, käsittelyyn ja työvoimaan liittyvät kustannukset
- ▶ Hallinnolliset kulut ja maksut

## **b. Rakentamisen aloittamista koskeva hyväksytty ilmoitus (SCIA)**

### ***Milloin:***

- Rakennuksen rakenteellisiin osiin vaikuttava kertaluontoinen kunnos sapito tai kerrosmäärän lisääminen
- Peruskorjaus
- Muu kuin rakennuslupaa edellyttävä peruskorjaus
- Poikkeukset rakennusluvasta tietyin rajoituksin ja rakennusluvassa määritellyn mukaisesti

Esimerkkejä rakennustöistä, jotka voidaan suorittaa rakentamisen aloittamista koskevilla hyväksytyillä ilmoituksella (SCIA): katon peruskorjaus, lattian vaihtaminen ja peruskorjaus, ikkunoiden vaihtaminen, ulko-ovien tai kattoikkunoiden uusiminen

### ***Hakija ja lupahakemuksen jättäjä:***

SCIA-lupa annetaan rakennuksen omistajalle tai muulle henkilölle, jolla on oikeus saada lupa. Lupahakemuksen voi jättää vaikkapa yrityksen edustaja tai muu alan ammattilainen (arkkitehti tai insinööri), jos omistaja on myöntänyt asiaankuuluvat valtuudet kyseiselle henkilölle.

Käytännössä rakennuksen omistaja tai hänen nimeämänsä henkilöt ovat virallisia hakijoita, ja hakemuksen jättää alan ammattilainen. SCIA-hakemus on jätettävä kirjallisena, eikä sitä voi jättää sähköisesti.

### ***Sisältö ja voimassaolo:***

SCIA-hakemus ei edellytä vastausta/reaktiota hakemuksen vastaanottaneelta viranomaiselta. Ilmoitus kuitenkin tarvitaan. Saatu ilmoitus antaa oikeuden aloittaa rakennustyöt. Paikallisella viranomaisella on 60 päivää aikaa varmentaa ilmoitettujen rakennustöiden vastaavuus paikallisten ja kansallisten säännösten kanssa, ja viranomainen voi määrätä rakennustyöt keskeytettäväksi, jos puutteita tai puuttuvia tietoja havaitaan. Jos asianomainen rakennus on suojeltu, esimerkiksi kulttuurin ja

maiseman suojelusta annetun lain nojalla, omistajan (tai hänen edustajansa) tulee hankkia lupa asianomaiselta suojelusta vastaavalta viranomaiselta.

SCIA-ilmoitus on voimassa 3 vuotta. Jos rakennustöitä ei suoriteta loppuun yllä mainitussa aikataulussa, uusi SCIA-ilmoitus on haettava ja perustelut on esitettävä.

### ***Kustannukset***

SCIA-ilmoitukseen liittyvät kulut voivat sisältää myös infrastruktuurimaksuja. Tosi-asiassa kaikista SCIA-ilmoituksen mukaisesta rakennustöistä ei peritä näitä maksuja.

Muita SCIA-ilmoitukseen, ja myös rakennuslupaan, perustuvaan rakentamiseen liittyviä kustannuksia ovat:

- ▶ Työvoimakustannukset
- ▶ Rakennusyrityksiin, ja erityisesti materiaaleihin, käsittelyyn ja työvoimaan liittyvät kustannukset
- ▶ Hallinnolliset kulut ja maksut

## **c. Yksinkertainen ilmoitus (CILA) tai ei ilmoitusta lainkaan**

### ***Milloin:***

#### **CILA**

- Rakennuksen rakenteellisiin osiin vaikuttava kertaluontoinen kunnosapito tai kerrosmäärän lisääminen.
- Peruskorjaus, joka ei sisällä rakenteisiin liittyviä töitä.
- Väliaikaiseksi tarkoitettu rakentaminen. Rakennukset poistetaan, kun tarve päättyy, ja joka tapauksessa viimeistään 90 päivän kuluttua.



### ***Ei lainkaan ilmoitusta***

- Tavanomainen kunnossapito, mikä tarkoittaa kaikkia korjaamiseen, peruskorjaamiseen ja pintamateriaalien vaihtoon liittyviä rakennus töitä tai olemassa olevien teknisten järjestelmien asentamiseen tai tehokkuuden ylläpitoon liittyviä töitä (esimerkiksi lämmitysjärjestelmät)
- Teholtaan enintään 12 kW ilmalämpöpumpun asentaminen
- Rakennukseen liittyvien esteiden poistamiseen tarvittavat työt (esimerkiksi hissien asentaminen) edellyttäen, että ne eivät vaikuta rakennuksen kokoon ja/tai muotoon.
- Piha-alueiden viimeistely (esimerkiksi laatoitus)
- Aurinkokennojen ja -paneelien asentaminen, jos rakennus sijaitse kaupungin historiallisella alueella.

Omistaja tai nimetty edustaja on CILA-hakemuksen virallinen hakija. Hakemus voidaan tehdä verkossa asiantuntijan toimesta. Ilmoitus on voimassa myöntämispäivästä alkaen, eikä vanhene. SCIA-ilmoituksen osalta paikallisella viranomaisella on 60 päivää aikaa varmentaa ilmoitettujen töiden vastaavuus kansallisten ja paikallisten säännösten kanssa, ja määrätä rakennustyöt keskeytettäväksi, jos tiedot ovat puutteelliset tai eivät vastaa vaatimuksia.

### ***Kustannukset***

CILA-ilmoituksesta on maksettava käsittelymaksu ja kansliamaksu, mutta sellaisista rakennustöistä, joista ei tarvitse ilmoittaa, ei täydy myöskään suorittaa mitään maksuja. SCIA-ilmoituksen ja rakennusluvan osalta omistajan tulee huomioida myös rakennustöiden kustannukset, eli:

- Työvoimakustannukset
- Rakennusyrytyksiin, ja erityisesti materiaaleihin, käsittelyyn ja työvoimaan liittyvät kustannukset

## d. Lakisääteiset vaatimukset - energialuokitus

Eurooppalaisten direktiivien mukaisesti (2002/91/EY ja 2010/31/EU rakennusten energiatehokkuus) rakennuksista on laadittava energiatehokkuustodistus, joka on esitettävä aina rakennusta ostettaessa/myytäessä tai vuokrattaessa.

Energiatehokkuustodistus (APE), jota aiemmin kutsuttiin energiasertifioinniksi (ACE), sisältää tiedot rakennuksen suorituskyvystä, käyttövaiheen energiankulutuksesta, järjestelmien energiatehokkuudesta ja mahdollisista parannuskeinoista, joihin voidaan ryhtyä energian tehokkaampaa säästämistä ja suorituskyvyn lisäämistä varten. Energiatehokkuustodistusta koskevat italialaiset ohjeistukset päivitettiin äskettäin vastaamaan EU:ssa vahvistettuja uusia ja entistä tiukempia tavoitteita (direktiivi 2010/31/EU ja sen muutokset), jotka pyrkivät yhtenäistämään hakuprosessia ja varmistamaan noudattamisen koko maassa.

Seuraavaksi esitellään lyhyesti Italiassa noudatettavaa energiatehokkuutta koskevaa luokitusta ja sen sisältöä.

Yleisemmällä tasolla rakennusten energiatehokkuus määritetään asteikolla "G" (heikko) - A4 (erittäin tehokas), kuten alla olevassa kuvassa.

*Rakennusten energiatehokkuusluokitukset  
Italiassa<sup>72</sup>*



<sup>72</sup> National guidelines for Energy Performance Certificate of Buildings, Liite I

Luokitus perustuu uusiutumattomien energialähteiden globaalia luokitusta koskevaan indikaattoriin ( $EP_{gl,nren}$ ). Asuinrakennuksiin liittyvä indikaattori huomioi seuraavan muuta kuin uudistuvaa energiaa koskevan primaarienergian tarpeen: lämmitys, jäähdytys, kuuma vesi ja ilmanvaihto<sup>73</sup>. Mittaus tapahtuu mittaamalla vuotuinen kWh/m<sup>2</sup> kulutus, ja laskennassa huomioitava pinta-ala on käytännössä lämmitetty, ilmastoitettu ja ilmanvaihdolla varustettu nettohuoneistopinta-ala.

$EP_{gl,nren}$  indikaattoria käytetään rakennuksen luokitteluun, ja se on myös ensisijainen APE:ssa huomioitava indikaattori. APE:n on läpinäkyvyyden varmistamiseksi ilmoitettava myös erilaisten rakennukseen asennettujen energiapalvelujen osuus ja täydentävät tiedot rakennuksen sellaisista ominaisuuksista, jotka vaikuttavat lopulliseen primaarienergian tarpeeseen eli:

- ▶ Talvisin lämmittämiseen ja kesällä jäähdyttämiseen tarvittavaa energiantarvetta rajoittava rakennuksen vaipan kapasiteetti (esimerkiksi suhde S/V)
- ▶ Lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien toiminta (esimerkiksi järjestelmien tehokkuus).

Laskentamenetelmä varmistaa vastaavuuden standardin UNI/TS 11300 kanssa. Perusteellisempaa tietoa standardin UNI/TS 11300 mukaista laskentamenetelmää tulee noudattaa uusissa rakennuksissa, ja tietoja voidaan noudattaa kaikissa rakennuksissa (jo valmiit ja uudet rakennukset). Yksinkertaisempaa laskentamenetelmää voidaan kuitenkin noudattaa jo valmiissa rakennuksissa.

Luokitteluasteikko määritetään viitteenä käytettävän vertailurakennusmenetelmän mukaan. Vertailurakennus, johon todellista rakennusta verrataan:

- ▶ Rakennuksen sijainti ja konteksti vastaavat arvioitavaa rakennusta kuten myös S/V-indikaattori
- ▶ Ennalta määritelty lämmitys-, jäähdytys-, ilmastointi- ja ilmanvaihtojärjestelmät vastaavat 2019/2021 voimaantullutta niin sanottua ”vähimmäisvaatimusasetusta” (D.Lgs. 192/2005 ja sen täydennyksiä/ muutoksia)

---

<sup>73</sup>  $EP_{gl,nren}$  laskelmaan sisällytetään kaksi muuta energiapalvelua, jotka eivät kuitenkaan ole pakollisia muille kuin asuinrakennuksille.

- Rakennuksen vaipan (U-arvo) ennalta määritetyt ominaisuudet vastaavat 2019/2021 voimaantullutta niin sanottua ”vähimmäisvaatimusasetusta” (D.Lgs. 192/2005 ja sen täydennyksiä/ muutoksia). Nämä vaatimukset vaihtelevat ilmastoalueen mukaan.

Yllä esitettyjen kohtien perusteella  $EP_{gl,nren,rif, standard}$  (eli viitteenä käytetyn standardirakennuksen  $EP_{gl,nren}$ ) lasketaan ja luokitus (G-A4) määritetään. Toisessa vaiheessa määritetään energialuokka vertailemalla keskenään indikaattoreita  $EP_{gl,nren}$  ja  $EP_{gl,nren,rif, standard}$ .

	Energy class	
	<b>A4</b>	$\leq EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 0,4
0,4 $EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) <	<b>A3</b>	$\leq EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 0,6
0,6 $EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) <	<b>A2</b>	$\leq EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 0,8
0,8 $EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) <	<b>A1</b>	$\leq EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 1
1 $EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) <	<b>B</b>	$\leq EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 1,2
1,2 $EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) <	<b>C</b>	$\leq EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 1,5
1,5 $EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) <	<b>D</b>	$\leq EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 2
2 $EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) <	<b>E</b>	$\leq EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 2,6
2,6 $EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) <	<b>F</b>	$\leq EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 3,5
	<b>G</b>	$> EP_{gl,nren,rif, standard}$ (2019/2021) 3,5

*Rakennusten energiatehokkuusluokitukset ja arvot rakennusten luokitukseen Italiassa<sup>74</sup>*

APE-luokitus on voimassa 10 vuotta.

Direktiivi edellyttää, että tammikuusta 2021 alkaen kaikkien uusien rakennusten tulee olla lähes nollaenergiarakennuksia (NZEB). Rakennusten tällainen energiatehokkuus vastaa luokkien B ja A1 välistä erotusarvoa.

## **Suomalaiset rakennusmääräykset ja lähiaikoina toteutettava yhdenmukaistaminen Suomen ilmastopolitiikan kanssa**

Suomen hallituksen ilmastopolitiikan mukaan Suomen tulee saavuttaa hiilineutraalius vuoteen 2035<sup>75</sup> mennessä, mikä ohjaa rakennussektoria yhdessä muiden sektoreiden kanssa vähentämään merkittävästi päästöjä tulevina vuosina. Suomi on laatinut tiekartan kohti vähähiilistä rakentamista kansallisten ilmastotavoitteiden mukaisesti. Vähähiilisen rakentamisen tiekartta sisältää yleiset ohjeistukset kehitteillä olevista säännöksistä<sup>76</sup>. Tiekartta julkaistiin 2017, ja sen mukaan rakennusten hiilijalanjäljen arviointi tulee sisällyttää rakennusmääräyksiin 2020-luvun puoliväliin mennessä.

Suomessa rakennussektorin sääntelykehyksen laadinnasta vastaa ympäristöministeriö. Ilmastovaikutusten arviointitarvetta ei ole toistaiseksi määritetty sääntelykehyksessä. Maan käyttöä ja rakentamista koskeva sääntely tulee kuitenkin muuttumaan tulevina vuosina, ja uutta sääntelyä koskevien ehdotusten odotetaan valmistuvan vuoden 2021 loppuun mennessä<sup>77</sup> entistä suuremman hiilineutraaliteetin varmistamiseksi rakennusalaalla raja-arvojen ja erilaisten rakennustyyppien määrittämisen avulla.

75 <https://ym.fi/en/carbon-neutral-finland-2035>

76 <https://ym.fi/vahahiilisen-rakentamisen-tiekartta>

77 [https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2021/01/MRL\\_ilmastovaikutusten\\_arviointi\\_raportti\\_taitettu\\_150121.pdf](https://mrluudistus.fi/wp-content/uploads/2021/01/MRL_ilmastovaikutusten_arviointi_raportti_taitettu_150121.pdf)

Muuttuvan sääntelyn mukaan rakennusluvan myöntäminen uusille rakennushankkeille edellyttää hankkeen ilmastovaikutusten arviointia. Tämä sisältää Suomen ympäristöministeriön laatiman rakennuksen vähähiilisyyden arviointimenetelmän. Nämä vaatimukset eivät todennäköisesti vaikuta pienimuotoisempaan rakentamiseen, kuten rivitalojen ja erillistalojen rakentamiseen.

Suomen tämänhetkinen tiekartta keskittyy uusiin rakennuksiin ja peruskorjaukseen, eikä näkemystä suuremmista infrastruktuurihankkeista ole esitetty. Rakennuksen elinkaariarvioinnit tehdään ympäristöministeriön laatimalla menetelmällä rakennusten koko elinkaaren hiilijalanjäljen arvioimiseksi. Menetelmä perustuu suurelta osin Euroopan komission Level(s)-menetelmään ja EN-standardeihin.

Menetelmän<sup>78</sup> mukaan vähähiilisen rakennuksen hiilijalanjälki on pieni, ja hiilikädenjälki on suuri, eli periaatteena on arvioida rakennuksen koko elinkaarta. Menetelmässä hiilijalanjälki käsittää rakennuksen koko elinkaaren, ja hiilikädenjälki huomioi puolestaan nettohöydyn, mikä jäisi saamatta, jos rakennusta ei rakennettaisi, mukaan luettuna muun muassa hiilinielut ja -varastot (esimerkiksi puuainekseen tallennettu hiili) ja kierrätyksen höydyt. Suomen hallituksen odotetaan kuitenkin kaikesta huolimatta päivittävän menetelmää vuonna 2021.

## Rakennusten energiatehokkuutta koskevat määräykset Suomessa

Tällä hetkellä rakennusten osuus Suomen yhteenlasketusta energiankulutuksesta on noin 40 %<sup>1</sup>. Rakennusten energiankäyttöä koskevan sääntelyn tavoitteena on parantaa rakennusten energiatehokkuutta, edistää uusiutuvan energian käyttöä ja vähentää käytetyn energian määrää sekä energiankäytöstä johtuvia päästöjä<sup>79</sup>.

Suomalainen lainsäädäntö perustuu eurooppalaiseen rakennusten energiatehokkuutta koskevaan direktiiviin. Maan käyttöä ja rakentamista koskeva lainsäädäntö korostaa lähes nollaenergiarakennuksiin ja energiatehokkuustodistuksiin liittyviä

---

78 [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161796/YM\\_2019\\_23\\_Method\\_for\\_the\\_whole\\_life\\_carbon\\_assessment\\_of\\_buildings.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161796/YM_2019_23_Method_for_the_whole_life_carbon_assessment_of_buildings.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

79 <https://ym.fi/rakennusten-energiatehokkuus>

vaatimuksia . Uudet määräykset varmistavat direktiivin 2010/31/EU käyttöön-  
oton.

Energiatehokkuustodistus on pakollinen kaikille uusille rakennuksille ja myös vanhoille myytävillä ja vuokrattavilla rakennuksilla. Lähes nollaenergiarakennuksia koskeva rakennusmääräys koskee kaikkia uusia rakennuksia muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta, jollaisia ovat esimerkiksi alle 50 m<sup>2</sup> rakennukset sekä sellaiset asuinrakennukset, joita ei käytetä ympärivuotiseen asumiseen<sup>2</sup>.

Energiatehokkuuden osalta hankkeesta vastaavan henkilön tulee huomioida rakennuksen suunnittelemisen mahdollisimman energiatehokkaaksi sekä myös mahdollisimman vähäinen energian ja luonnonvarojen käyttö. Energiatehokkuus on todistettava laatimalla rakennuksen energiatehokkuutta koskevat asianmukaiset laskelmat. Rakennusluvan saaminen edellyttää usein energiatehokkuustodistusta, ja todistus on esitettävä aina pyydettyäessä.

Vuonna 2017 voimaantullut rakennuslaki määrittää ylärajat kokonaisenergiankulutukselle, ja nämä rajoitukset voivat vaihdella rakennustyyppin mukaan sekä erillistaloille ja myös alueittain. Uusi rakennuslaki rohkaisee käyttämään kaukolämpöä sekä uudistuvaa energiaa. Laskelmissa huomioidaan myös sisätilojen miellyttävä lämpötila, sisätilojen ilmanlaatu ja infiltraatio, kylmäsillat ja liialliselta auringonvalolta suojautumiseen käytettävät asennukset.<sup>41</sup>

Euroopan komissiolle 2013 esitetyn kansallisen raportin mukaan energiatehokkuuden kustannusoptimaalinen taso on keskimäärin 7 % tehokkaampi kuin ympäristöministeriön asetus 2/11 (2011) edellyttää. Jo valmiiden rakennusten osalta energiatehokkuus on 8 % parempi kuin ympäristöministeriön asetus 4/13 (annettu 2013) edellyttää <sup>41</sup>

Suomen hallitus on lisäksi esitellyt myös useita erilaisia aloitteita, jotka rohkaisevat energiatehokkaaseen peruskorjaamiseen, kuten esimerkiksi energiatehokkuutta koskevien investointien ja energiakatselmusten rahoittaminen sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Kotitaloukset voivat vähentää tietyt peruskorjauskustannukset verotuksessa, mikä motivoi kotitalouksia palkkaamaan alan asiantuntijoita energiatehokkuuden parantamiseen <sup>41</sup>.



# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

## KÄSIKIRJA



## Yhteenveto



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# 8

## Yhteenveto

Tämä viimeinen osio on tiivistelmä käsikirjassa käsitellyistä aiheista. Alussa ”varoitimme”, että luvassa on painavaa asiatekstiä, jonka sisäistäminen vaatii luettuun keskittymistä, ja lukija on siitä nyt varmasti kanssamme samaa mieltä. Käsikirja on tiivis tietopaketti alan uusimmista innovaatioista teknisine termeineen, mikä kuulostaa monimutkaiselta, jopa erittäin monimutkaiselta ”vain ammattilaisille” -sisällöltä, mutta toivomme, että onnistuimme kuitenkin esittämään kaiken laajemminkin ymmärrettävässä, luettavassa muodossa.

Esittelimme ympäristövaikutusten, kestävän kehityksen, elinkaaren, elinkaari-ikähestymistavan ja elinkaarianalyysin käsitteet, niiden merkitykset ja teknisiin tutkimuksiin ja testeihin perustuvat taustatiedot. Kuvassimme lyhyesti rakennusten luokitusjärjestelmät, niiden merkitykset ja käytettävyyden. Tarkas-  
telimme esiin nousseita kysymyksiä, mahdollisuuksia, joita rakennusten käytön, kunnossapidon ja kunnostamisen yhteydessä saattaa tarjoutua ja joilla on myös huomattava vaikutuksensa rakennetun ympäristön kestävyys.

Kävimme läpi erilaiset rakenteet ja materiaalit, passiiviset ja aktiiviset ratkaisut sekä eri rakennusjärjestelmät. Ensilukemalta monet käsikirjassa kuvatut ratkaisut saattoivat tuntua jopa futuristisilta, mutta vakuutamme, että kaikki esitellyt tekniikat ovat jo olemassa ja kaikkien saatavilla. Olemme toiveikkaita sen suhteen, että lähitulevaisuudessa saamme ihmetellä lisää uusia teknologisia ratkaisuja, jotka kaiken lisäksi ovat myös hinnaltaan entistä houkuttelevampia.

Uskomme myös vakaasti, että käsikirjan lukeminen vahvistaa ja lisää ympäristö-  
etoista ajattelua ja sitoutumista kestäväan rakentamiseen, osittain ehkä myös uusin näkökulmin. Erityisesti toivomme, että uuden kodin rakentaja tai jo olemassa olevan kunnostaja pystyy hyödyntämään käsikirjasta saatuja tietoja taustoineen.

Käsikirjan alussa korostimme, että lukijan ei pidä ottaa kaikkea automaattisesti ehdottoman ainoana ratkaisuna, vaan käsikirjan sisältö tulee ottaa vastaan tällä hetkellä tarjolla olevien mahdollisuuksien esittelynä, jonka pohjalta jokainen tekee omat ratkaisunsa. Suosittelemme myös voimakkaasti asiantuntijoiden puoleen kääntymistä kaikissa mieleen nousevissa kysymyksissä. Suunnittelijat ja muut ammattialansa perusteellisesti hallitsevat asiantuntijat auttavat aina mieluusti tarvittaessa.

Pidämme tässä käsikirjassa käsiteltyjä asioita elintärkeinä, koskevathan ne sekä omaa että jälkeläistemme tulevaisuutta. Välitä siis kaikki käsikirjan tarjoama hyödylliseksi katsomasi tieto sekä esitellyt vaihtoehdot ja ratkaisut muidenkin tietoon, etenkin lastesi ja lastenlastesi.

# Innovatiivisten ratkaisujen yleistyminen ekologisesti kestävässä rakentamisessa

**KÄSIKIRJA**

## 9 Liitteet



Co-funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union

# 9

## Liitteet

---

- ▶ Materiaalien tietolomakkeet (info sheets of the building materials)
- ▶ Case esimerkkejä (Some detached house examples where passive solutions were applied)