



## RAKENNUSTIETO >

# Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> [rakennustieto.fi/rk/palvelut](https://rakennustieto.fi/rk/palvelut)

### Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

# Rakentamisen ekologisuus

Jouni Punkki, tekniikan tohtori  
Elinkaari-insinööri, Parma Betonila Oy  
jouni.punkki@parmabetonila.fi

## Elinkaariajattelu valtaa alaa

Ympäristö- ja elinkaarinäkökohdat valtaavat alaa rakentamisessa. Ensimmäisiksi ympäristönäkökohdilla pyritään vaikuttamaan rakennus- ja kiinteistöalan energian käyttöön. Kuluttaahan rakennus- ja kiinteistöala kaikkinsa jopa 40% Suomen energiasta ja aiheuttaa myös vastaavan osuuden Suomen hiilidioksidipäästöistä. Myös elinkaariajattelu kytkeytyy olennaisesti energiankulutukseen. Vaikka elinkaariajattelun mukaisesti tarkastellaan paljon muitakin kuin pelkästään rakennuksen energiankulutusta, loppujen lopuksi kyseessä on useimmiten juuri energian kulutuksen vähentäminen. Esimerkiksi rakennuksen pitkäikäisyys ja muuntojoustavuus ovat tärkeitä elinkaariominaisuuksia. Mutta jos nämä eivät toteudu rakennuksessa vaaditulla tavalla, joudutaan tekemään massiivisia korjaus- tai muutostöitä ja näin kuluu energiaa ja materiaalia.

Elinkaariajattelu tarkoittaa käytännön tasolla sitä, että pelkän rakentamisvaiheen sijaan ryhdytään yhä enemmän tarkastelemaan koko rakennuksen elinkaarta (= rakentamisvaihe, käyttövaihe sekä purkamisvaihe) ja rahatalouden rinnalle tulee tarkasteltavaksi luonnontalous erilaisine ympäristökuormituksineen. Toki edelleenkin, ja vielä pitkään tulevaisuudessakin, rakentamisvaiheen rahakustannukset ovat ylivoimaisen määrävälissä roolissa, mutta epäilemättä myös elinkaarikustannukset, ja sitä kautta esimerkiksi lämmitysenergian kulutus, saa tulevaisuudessa yhä enemmän painoarvoa.

Varsinaisten luonnontalouden näkökohtien huomioinen tulee rakentamiseen varmasti hitaammin kuin esimerkiksi elinkaaren aikaisten rahakustannusten (elinkaarikustannusten) huomioiminen. Kestää varmasti aikansa ennen kuin rakennusmateriaalien energian kulutus (MJ/kg) tai hiilidioksidipäästöt (CO<sub>2</sub>-kg/kg) ovat tärkeimpiä materiaalien valintaan vaikuttavia tekijöitä. Toisaalta rahatalous ja luonnontalous kulkevat usein käsi kädessä ja siten jos esimerkiksi pystytään säästämään lämmitysenergiaa, alennetaan elinkaarikustannuksia, mutta vaikuttaa myös positiivisesti rakennuksen aiheuttamiin ympäristökuormituksiin.

Elinkaariatarkasteluissa rakennuksen koko laskennallinen käyttöikä, esimerkiksi 50 vuotta, on tarkasteltava ajanjakso. Siten elinkaariajattelun mukaisesti voidaan rakentamisvaiheessa panostaa enemmän tiettyihin rakennuksen komponentteihin, sillä käyttövaiheessa investointi voidaan saada moninkertaisesti takaisin. Elinkaariajattelussa on kuitenkin voimassa rahatalouden normaalit lainalaisuudet, investoinnille on saatava haluttu tuotto ja siten takaisinmaksuaika ei saa jäädä liian pitkäksi.

Elinkaariajattelun yhteydessä puhutaan usein kestävästä kehityksen periaatteista. Terminä kestävä kehitys on jo hieman kulunut, mutta se sisältää paljon asiaa. Kestävä kehityksen periaatteiden mukaisesti meidän tulisi rakentamisessa ottaa huomioon taloudelliset ja ekologiset näkökohdat, mutta lisäksi myös sosiaaliset ja kulttuurilliset näkökohdat. Rakentamisessa sosiaaliset näkökohdat tarkoittavat esimerkiksi sitä, että rakennusten ja kaupunkiympäristön tulee säilyä sellaisessa kunnossa ettei alue slummiudu. Jos rakennus esimerkiksi rapistuu ennen aikojaan, riski slummiutumiseen on suuri. Myös kulttuurilliset näkökohdat kytkeytyvät pitkälti pitkäikäisyyteen. Esimerkiksi sadan vuoden ikäisistä esineistä meillä on normaalissa käytössä lähinnä vain rakennuksia. Vastaavasti meidän on pidettävä huolta että tämän päivän arkkitehtuuria ja rakennustekniikkaa on esillä 2100-luvullakin.

## Elinkaariajattelun esteet ja hidasteet

Käytännössä elinkaariajattelu ei ole toteutunut rakentamisessa vielä aivan toivotulla tavalla. Tätä voidaan selittää rakentamis- ja kiinteistöalan tietyillä erityispiirteillä. Ensinnäkin rakennuksen käyttövaiheen kustannukset maksaa usein eri taho kuin rakentamisvaiheen. Siten rakentamisvaiheessa ei aina ole riittävää halua sijoittaa rahaa sellaisiin kohteisiin, joiden tuoton/säästön korjaa jokin muu taho. Vastaavasti voidaan havaita, että elinkaariajattelu toimii käytännössä parhaiten silloin kun rakentamis- ja käyttövaiheen kustannusten maksaja on sama taho, esimerkiksi valtion rakennuttamisorganisaatio sekä vuokruusyhtiöiden vuokra-asuntotuotanto.

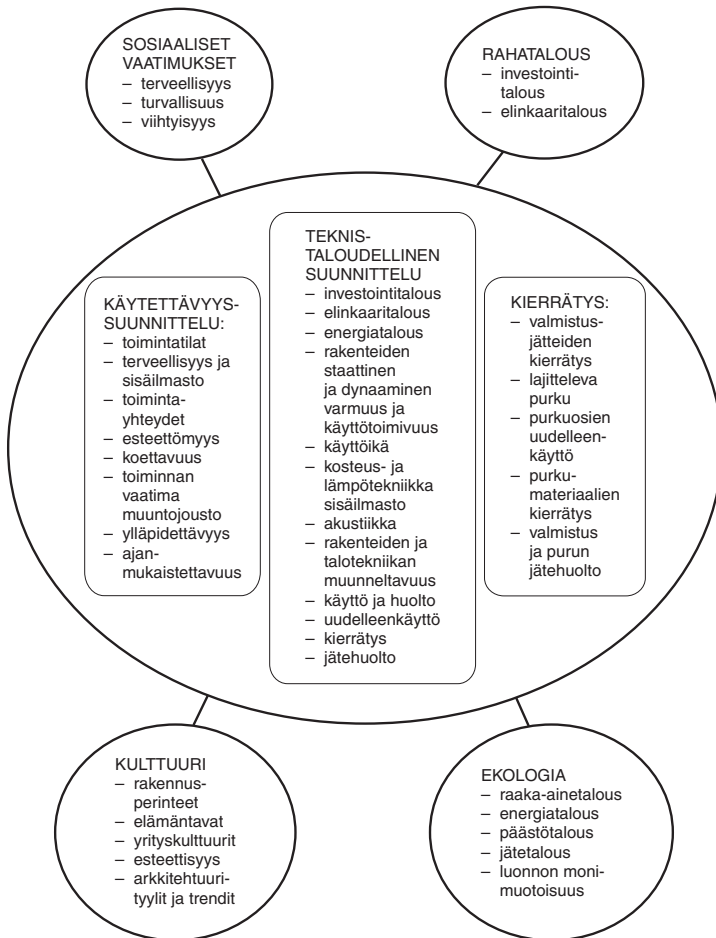
Toisena syynä elinkaariajattelun hitaaseen etenemiseen rakentamisessa voidaan pitää rakennusten huomattavan pitkää käyttöikää. Rakennuksen käyttöikä on lähes poikkeuksetta pidempi kuin sen rakentamiseen vaikuttavien henkilöiden jäljellä oleva elinaika. Ihmisen on vaikea ottaa päätöksenteossa kokonaisvaltaisesti huomioon sellaisia asioita jotka tapahtuvat esimerkiksi 50 vuoden päästä. Siten elinkaaren loppuvaihe jää yleensä varsin vähäiselle huomiolle.

Kolmantena tekijänä voidaan mainita hinnan erittäin hallitseva rooli rakentamisessa. Rakennuksen ominaisuuksia, ja erityisesti elinkaariominaisuuksia, on varsin vaikea hahmottaa ja erityisen vaikeaa muuttaa suoraan kustannuksiksi ja siten valinta tehdäänkin käytännössä usein pelkän hinnan perusteella.

## Elinkaaritekniikka

Elinkaariajattelun konkreettista toteuttamista voidaan kutsua elinkaaritekniikaksi. Elinkaaritekniikan mukaisessa suunnittelussa, elinkaarisuunnittelussa, huomioidaan rakentamisvaiheen lisäksi koko rakennuksen elinkaari päättyen aina rakennuksen purkuun ja rakennusmateriaalien kierrättämiseen.

Rakennusten ja niiden osien vaatimukset voidaan jakaa neljään pääluokkaan: taloudelliset, sosiaaliset, kulttuurilliset sekä ekologiset vaatimukset. Elinkaarisuunnittelua on käsitelty seikkaperäisesti vuonna 2001 julkaistussa käsikirjassa: RIL 216 Rakenteiden elinkaaritekniikka [1].



Kuva 1. Elinkaarilaadun vaatimusluokat ja ominaisuuksia säätelevät suunnittelutekijät [1].

## Ympäristökuormitukset

Kun arvioidaan tuotteen tai toiminnan vaikutuksia ympäristöön, käytetään mittareina erilaisia ympäristökuormituksia. Ympäristökuormituksen sijasta käytetään myös termejä ympäristöpaine tai ympäristöhaitta. Rakentamisen (mukaan lukien rakennusten käyttö) ympäristökuormitukset voidaan jakaa neljään osakokonaisuuteen joita ovat:

- maan käyttö ja luonnon monimuotoisuuteen kohdistuva muutospainne
  - luonnon materiaaliressurssien käyttö
  - energiaresurssien käyttö
  - haitalliset päästöt maahan, veteen ja ilmaan.
- Laskelmassa rakentamisen ympäristökuormituksina käytetään yleisemmin seuraavia (esimerkiksi RT-ympäristöselosteissa [2]):
1. Energian ja raaka-aineden kulutus
    - uusiutumaton ja uusiutuva energia (MJ)
    - uusiutumattomat ja uusiutuvat raaka-aineet (kg).
  2. Päästöt
    - ilmaston lämpeneminen (CO<sub>2</sub>-ekv)
    - tuotteenen varastoitunut hiilidioksidi
    - happamoituminen (SO<sub>2</sub>-ekv)
    - oksidanttien muodostus (eteeni-ekv).

## Ympäristöystävällinen rakennus

Konkreettisesti rakentamisen ekologisuutta voidaan lähestyä ympäristöystävällisen (= ekologisen) rakennuksen kautta. Ympäristöystävällinen rakennus voidaan määrittellä seuraavasti:

1. Rakennuksen rakentaminen ja käyttö aiheuttavat mahdollisimman vähän ympäristökuormituksia.
2. Rakennus soveltuu hyvin nykyisiin ja myös tuleviin käyttötarkoituksiin.
3. Rakennus on viihtyisä, terveellinen ja turvallinen sen asukkaille ja käyttäjille.
4. Rakennus on pitkäikäinen.
5. Rakennusosat ja -materiaalit ovat kierrätettävissä.

Pääpaino on linkaaren aikaisessa energiankulutuksessa ja muut ympäristöystävällisen rakennuksen määritelmät kytkeytyvät enemmän tai vähemmän energiankulutukseen. Ne on kuitenkin haluttu nostaa esille erillisinä vaatimuksina niiden tärkeyden vuoksi.

Eri vaatimusten välinen painotus ei ole yksiselitteisesti määriteltävissä vaan vaihtelee lähes kohdekohtaisesti. Esimerkiksi rakennuksen soveltuminen tuleviin käyttötarkoituksiin (muuntojoustavuus ja muunneltavuus) vaihtelee rakennustyyppittäin. Asuinrakennuksissa on, ainakin toistaiseksi, muuntojoustavuuden merkitys huomattavasti toimistorakennuksia vähäisempi. Myöskin pitkäikäisyyden merkitys vaihtelee laajalti, useimmiten on syytä pyrkiä mahdollisimman pitkään käyttöikään, sillä pitkä-

ikäinen rakenne saavutetaan varsin pienin lisäkustannuksin kun taas pitkäikäisyyden puutteet tulevat huomattavan kalliiksi. Kuitenkin joissakin tapauksissa voidaan jo etukäteen tietää, että esimerkiksi 25 vuoden käyttöikä riittää ja tällöin pitkäikäisyyden merkitys jää muita vaatimuksia pienemmäksi. Olennaisinta onkin että kaikki edellä mainitut vaatimukset huomioidaan jo suunnitteluvaiheessa, mutta vaatimusten painotukset sekä toteutustapa valitaan tapauskohtaisesti.

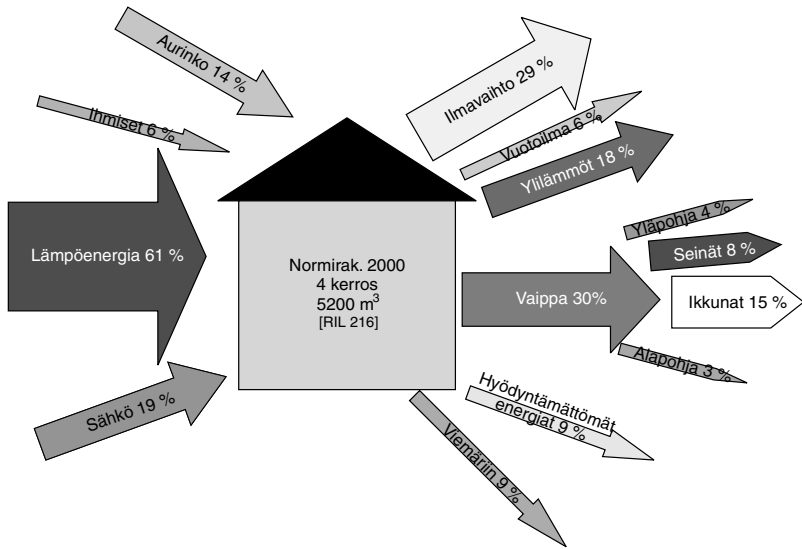
Rakentamisen ekologiset näkökohdat nähdään hyvin monella tavalla. Usein ekologisuuteen liittyy myös romantiikkaa. Joku materiaali tai ratkaisu voi saada hyvin ympäristöystävällisen imagon ilman sen kummempia perusteluja. Tarkempi analyysi paljastaisi että ekologinen imago perustuu yksinomaan mielikuviin, ympäristönkuormittavuudeltaan ratkaisu on aivan samaa luokkaa kuin muutkin ratkaisut. Arvioitaessa eri rakennusmateriaalien tai ratkaisujen ympäristöystävällisyyttä voidaankin lähteä liikkeelle yllä esitetystä ympäristöystävällisen rakennuksen määritelmästä. Siten mikään materiaali ei itsessään on ympäristöystävällinen, vaan ympäristöystävällisyys tulee siitä, miten materiaali mahdollistaa ympäristöystävällisen rakennuksen valmistamisen. Samasta materiaalista voidaan valmistaa ympäristöystävällisyydeltään erittäin hyviä mutta myös erittäin huonoja rakennuksia. Siten suunnittelun merkitys korostuu entisestään, suunnittelijan on osattava hyödyntää myös eri materiaalien ekologiset ja elinkaariominaisuudet.

Rakentamisvaiheessa voidaan materiaalivalinnoilla sekä rakenneratkaisuilla vaikuttaa erittäin paljon rakennuksen ympäristöystävällisyyteen. Kuitenkin ympäristöystävällisyyden toteutuminen riippuu voimakkaasti myös rakennuksen käyttäjästä. Käyttäjä voi toiminnallaan vaikuttaa erityisesti rakennuksen energian kulutukseen. Esimerkiksi energiataloudellisilla ikkunoilla ei ole mitään merkitystä, jos niitä pidetään auki talvipakkasilla.

## Elinkaaren aikaiset ympäristökuormitukset

Kuten jo aikaisemmin on todettu, rakentamisen ympäristönäkökohdat painottuvat koko elinkaaren aikaisiin ympäristökuormituksiin ja erityisesti energian kulutukseen. Tarkasteltaessa rakennuksen elinkaaren aikaista energian kulutusta voidaan havaita rakentamisvaiheen osuudeksi noin 10 % ja käyttövaiheen osuudeksi noin 90 %. Rakennuksen purkuvaiheen osuus on hyvin pieni, normaalisti korkeintaan muutama prosentti. Rakentamis- ja käyttövaiheen välinen suhde riippuu luonnollisesti tarkastelujakson pituudesta. Edellä rakennuksen käyttöiäksi oletet-



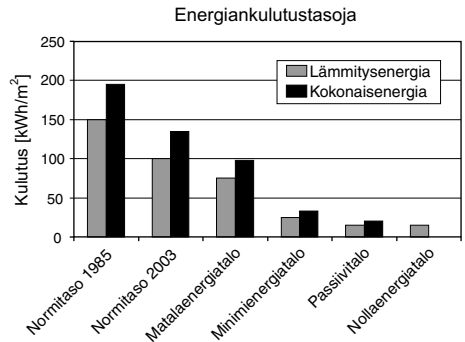


Kuva 3. Rakennuksen periaatteellinen energian kulutuksen jakautuminen. Arvot RIL 216:n [1] mukaisesti.

Rakennuksen vaipan osalta lämmöneristävyyttä määritellään lämmönläpäisykertoimien, U-arvojen, avulla (aikaisemmin k-arvo). Lämmöneristysmääräykset ovat muuttumassa vuoden 2003–2004 aikana ja parannusta rakennuksen vaipan osalta tulee noin 15 %. Lisäksi uudet määräykset edellyttävät poistoilman lämmön talteenoton käyttöä tai vaihtoehtoisesti lämmön talteenoton vaikutuksen kompensointia vaipan lämmöneristävyyttä edelleen parantamalla. Rakennuksen vaipan lisäeristäminen vähentää poikkeuksetta elinkaaren aikaisia ympäristökuormituksia, mutta nykyisillä energian hintatasoilla se ei aina ole kovin taloudellista. Vaipan osalta suurimmat hyödyt saavutetaankin lähinnä ikkunoiden lämmöneristävyyttä parantamalla. Vaipan lämmöneristävyyden osalta on myös syytä kiinnittää entistä enemmän huomiota lämmöneristeen toimintavarmuuteen kaikissa olosuhteissa, lämmöneriste pitäisi säilyä kuivana kaikissa sääolosuhteissa. Seinärakenteissa tämä saavutetaan varmimmin hyvin tuulettuvilla rakenteilla.

Tulevaisuudessa rakennuksen vaipan lämmöneristävyyttä tulee parantamaan olennaisesti. Jo tämän päivän teknologialla saavutettaisiin haluttaessa noin 50 % vähennys energian kulutukseen käyttämällä ns. matalaenergiaratkaisuja. Tulevaisuuden haasteena on jopa 90 % nykytasoa alhaisempi energian kulutus.

Rakennuksen vaipan osuus on suuruusluokaltaan noin 60 % kokonaislämmitysenergian kulutuksesta. Noin 40 % kuluu eri tavoin ilman-



Kuva 4. Rakennuksen energiankulutustasoja. Arvot RIL 216:n [1] mukaisia.

vaihdon ja -vuotojen kautta. Lisäksi on tarvetta parantaa ilmanvaihtoa nykyisestäään, aiheuttaahan nykyinen, usein puutteellinen ilmanvaihto merkittäviä terveyshaittoja. Ilmanvaihdon energian kulutusta voidaan merkittävästi alentaa käyttämällä koneellista ilmanvaihtoa (tulo ja poisto) sekä poistoilman lämmön talteenottoa lämmönsiirtimellä. Hallittu ilmanvaihto lämmön talteenoton kanssa onkin ainut keino saavuttaa alhainen lämmitysenergian kulutus yhdessä hyvän sisäilmaston kanssa.

Rakennuksen vaipan ilmatiiviyys on tärkeää pyrittäessä alhaiseen lämmitysenergian kuluutukseen. Nykyistä selkeästi alhaisemmillä energian kulutustasoilla (kuva 4) hyvä vaipan ilmatiiviyys on ehdoton edellytys. Ohittaahan vaipan läpi kulkeva vuotoilma lämmön talteenoton ja siltä osin talteenoton hyötysuhde on siis 0 %, muutoin jopa 70 %. Rakennuksen tiiviyys (ilmanpitävyys) mitataan yleensä 50 Pa:n alipaineella ( $n_{50}$ ). Tästä saadaan laskettua vuotoilma-kerroin:  $n_{50} / 20$ .

Taulukko 2. Rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyyden ohjearvoja,  $n_{50}$  [ $h^{-1}$ ] [1].

	1-kerroksinen pientalo	2-kerroksinen pientalo	4-kerroksinen kerrostalo
Minimivaatimus	–	–	–
Nykyinen käytäntö	5 (2–18)	5	2
Matalaenergiatalo	1,5	1	0,5
Minimienergia-rakennus	1,0	0,7	0,3
Nollaenergiara-kennus	0,5	0,3	0,2
Plusenergiara-kennus	0,3	0,2	0,1

Rakenteiden massiivisuus (terminen massa) vähentää rakennuksen lämmitysenergian kuluutusta eri selvitysten mukaan 5–10%. Säästö ei vaikuta kovin suurelta, mutta koko elinkaaren aikana säästö on samaa suuruusluokkaa kuin koko rakentamisvaiheen energian kulutus.

Massiivisten rakenteiden korkeaa lämmönvarauskykyä voidaan käyttää mm. sisälämpötilan vaihteluiden tasaamiseen, sisäisten lämpökuormien tehokkaampaan hyödyntämiseen, yöilmaalla jäädyttämiseen, aurinkoenergian vuorokausivarastointiin ja myöhempään luovuttamiseen, poikkeustilanteiden lyhytaikaisena lämpövarastona tai vuorokauden ajalla jaksotaisen lämmityksen varastointiin ja myöhempään luovutukseen [1]. Energian säästön ohella rakennuksen massiivisuudella on siten positiivisia vaikutuksia sisäilmaston viihtyisyyteen. Massiivisuuden edut korostuvat edelleen rakennuksen vaipan lämmöneristävyyden parantuessa, esimerkiksi matalaenergiatalossa massiivisiin rakenteisiin varastoituella hukkalämmöllä voidaan lämmittää rakennus pitkän aikaa.

## Muuntojoustavuus ja muunneltavuus

Muuntojoustavuudella/muunneltavuudella tarkoitetaan rakennuksen tai rakenteen kykyä mu-

kautua käyttöaikana tapahtuviin merkittäviin käyttötarkoituksen muutoksiin. Mikäli rakennus ei joutua mahdollisiin käyttötarkoitusten muutoksiin, voidaan joutua toteamaan rakennus vanhanaikaiseksi ja käyttöiän päätyneen. Tai vaihtoehtoisesti käyttötarkoituksen muutos vaatii paljon muutostöitä ja aiheuttaa siten huomattavia kustannuksia ja myös huomattavia ympäristökuormituksia. Muuntojoustavuuden merkitys on erilainen asuin- ja toimitilarakennuksissa. Ainakin toistaiseksi asuinrakennuksilta on vaadittu varsin vähän muuntojoustavuutta. Jos rakennus ei ole muuntunut asukkaan haluamiin tarpeisiin, asukas on muuttanut toiseen, paremmin hänelle sopivaan rakennukseen/huoneistoon. Muuttoauto onkin ollut muuntojoustavuuden tehokkain työkalu. Tilanne on kuitenkin josain määrin muuttomassa, tulevaisuudessa myös asuintaloilta vaaditaan entistä enemmän joustavuutta esimerkiksi huonekokojen ja -määrän suhteen. Toimitilapuolella muuntojoustavuutta edellytetään selvästi asuinrakennuksia enemmän. Vuokralaisten tarpeet tilojen suhteen voivat olla hyvinkin erilaiset ja lisäksi koko rakennuksen käyttötarkoitus saattaa muuttua esimerkiksi opiskelija-asuntolasta toimistorakennukseksi.

Muuntojoustavuuden huomioimisen tekee vaikeaksi rakennusten pitkä käyttöikä. Lisäksi maailma on entistä nopeammassa muutosvaiheessa. Hyvänä esimerkkinä on talotekniikka, jonka osalta on erittäin vaikeaa ennustaa tulevaisuuden tarpeita.

Tulevaisuuden muutostarpeet kannattaa ennakoida jo suunnitteluvaiheessa, mikäli se suinkin on mahdollista. Kustannukset rakentamisvaiheessa ovat vain murto-osa muutosvaiheen kustannuksista. Rakennuksen muuntojoustavuuteen voidaan vaikuttaa varsin tehokkaasti rakenneteknisin keinoin. Tulevaisuuden muutostarpeita ajatellen on edullista, jos saavutetaan kantavien rakenteiden osalta mahdollisimman laajoja, avoimia tiloja. Näin tila on hyvin muunneltavissa. Vaakarakenteiden osalta pitäisi pystyä ennakoimaan mahdollista lisäkapasiteetin tarvetta, esimerkiksi mihin kohtaan voidaan mahdollisesti tarvita lisärei'ityksiä, olisiko syytä varautua ensimmäisen käyttäjän tarpeita nähden parempaan palonkestoon tai äänenieristävyyteen? Muuntojoustavuuden ennakointi vaatiikin suunnittelijalta entistä enemmän, onhan koko rakenteen ylimitoittaminen epäekologista, sillä se kasvattaa rakentamisen ympäristökuormituksia. Hyvä periaate olisi miettiä rakennukselle mahdollinen vaihtoehtoinen käyttötarkoitus ja huomioida kyseisen käyttötavan aiheuttamat muutostarpeet jo suunnitteluvaiheessa.

Talotekniikan käyttöikä on huomattavasti kantavan rungon käyttöikää lyhyempi ja osin edelleen lyhentymässä. Siten muuntojoustavuuden kannalta on olennaista miten talotekniset laitteet



ja putkitukset voidaan tarkistaa, huoltaa, miten ne voidaan vaihtaa ja miten uutta (uudentyyppistä) talotekniikkaa voidaan lisätä. Hyvänä esimerkkinä on putkiremontti asuinkerrostalossa. Noin 30 vuoden välein tehtävä, useita kuukausia kestävä remontti edellyttää useimmiten rakenteiden osittaista purkamista ja aiheuttaa siten huomattavaa haittaa asukkaalle. Parhaimmillaan kantavat rakenteet ja talotekniikka voitaisiin sijoittaa siten, että putkiremontti voitaisiin tehdä muutamassa päivässä tai viikossa ilman että asukkaat siitä juurikaan häiriytyisivät.

## Pitkäikäisyys

Suomessa pitkäikäisyyden merkitys rakentamisessa on korostunut. Tämä on ymmärrettävää, sillä suomalainen rakennuskanta on varsin nuorta. Yleisesti pidetäänkin tärkeänä, ettei rakennuskanta entisestään nuoru, vaan rakennukset kestävätkä pitkään. Ja onhan pitkäikäisillä rakennuksilla suuri kulttuurillinen ja myös sosiaalinen merkitys. Esimerkiksi rakennusten julkisivut toimivat eräänlaisena rakennustyylien kuvakirjana. Suomen ilmastolliset olosuhteet asettavat tiukkoja vaatimuksia rakennusmateriaalin pitkäikäisyydelle.

Pitkäikäisyys on myös ympäristöystävällisyyden kannalta ensisijaisen tärkeä ominaisuus ja vielä tärkeämpi siitä tulee, mikäli huomioidaan edellä mainitut sosiaaliset ja kulttuurilliset näkökohdat. Taloudelliselta kannalta pitkäikäisyys ei kuitenkaan yleensä ole riittävän tärkeä ominaisuus. Taloudelliset laskelmat suosivat rakentamiskustannuksiltaan halpoja ratkaisuja, jo 30 vuoden päästä tuleva rakenteen perusteellinen korjaus vaikeuttaa investointivaiheessa diskonttaamisen jälkeen pieneltä kustannukselta. Kuitenkin käytännössä esimerkiksi julkisivun osalta 30 vuoden toteutunutta käyttöikää pidetään jo suoranaisena epäonnistumisena. Kaikissa tapauksissa käyttöiän maksimoiminen ei ole sen paremmin taloudellisesti kuin ekologisestikaan järkevää. Kuitenkin suunnitteluvaiheessa on usein erittäin vaikeaa arvioida miten pitkää käyttöikää tullaan rakennukselta/rakenteelta vaatimaan. Siten on yleensä järkevämpää ylimitoittaa käyttöikä, sillä pidemmän käyttöiän aiheuttamat kustannukset ovat yleensä varsin pieniä.

Suomessa pitkäikäisyys ja erityisesti puutteet sen toteutumisessa on perinteisesti yhdistetty pelkästään rakenteen vaurioitumiseen ja rakenteen säilyvyysongelmiin. Ja kyllähän Suomen ilmastossa vaurioitumista tapahtuukin. Mutta useammin käyttöikää rajoittava rajatila on vanhanaikaistuminen. Rakennus ei enää yksinkertaisesti täyty sille asetettuja vaatimuksia. Vanhanaikaistuminen voi johtua puutteellisuuksista esimerkiksi toimivuuden, taloudellisuuden, ekologisuuden, terveellisuuden, turvallisuuden tai esteettisyyden suhteen [1]. Pitkäikäisyys kyt-

keytyy kiinteästi myös huoltotarpeeseen. Elin-kaarikustannusten sekä myös ekologisuuden kannalta olennaista on se, miten intensiivistä huoltoa pitkä käyttöikä edellyttää.

Käyttöikäsuunnittelu on tulossa olennaiseksi osaksi suunnitteluprosessia. Käyttöikäsuunnittelun tavoitteena on rakennuksen ja rakennusosien elinkaaren aikaisten raha- ja luonnonkustannusten optimointi muiden vaatimusten suhteen. Toistaiseksi ongelmana käyttöikäsuunnittelussa on rakennusmateriaalien ja -osien käyttöikä tietouden puute. Käyttöäiksi ilmoitetaan usein 50 vuotta, mutta arvio ei perustu minikäänlaisiin teoreettisiin ja/tai kokeellisiin määrittelyisiin. Oikeastaan vain betonirakenteille löytyy tieteellisiä menetelmiä käyttöikä laskentaan.

Käyttöikä ymmärretään usein virheellisesti. Laskennallisella käyttöiällä tarkoitetaan aikaa, jonka rakenne täyttää sille asetetut vaatimukset asianmukaisesti huollettuna 95 % todennäköisyydellä. Siten vaurio saattaa tapahtua 5 % todennäköisyydellä ilmoitetun käyttöiän aikana, mutta keskimäärin rakenteet kestävätkä noin kolme kertaa esitetyn käyttöiän. Jos rakenteen käyttöäiksi ilmoitetaan 50 vuotta, tämä tarkoittaa käytännössä sitä että noin 5 % rakenteista saateen joutua korjaamaan 50 vuoden kuluessa, mutta rakenteet ovat korjauksen jälkeen edelleen käyttökelpoisia. Noin puolet rakenteista joudutaan korjaamaan 150 vuoden kuluessa.

## Viihtyisyys, terveellisyys ja turvallisuus

Rakennuksen viihtyisyys, terveellisyys ja turvallisuus eivät suoranaisesti liity ekologisiin näkökohtiin, mutta ne kytkeytyvät hyvin kiinteästi muihin ekologisuuteen vaikuttaviin tekijöihin. Terveellisyyden merkitystä ei varmasti tarvitse korostaa, se on opittu viimeisen vuosikymmenen aikana. Turvallisuus pitää sisällään monia erilaisia näkökohtia, asuinrakennuksissa esimerkiksi paloturvallisuus on erittäin tärkeä tekijä. Mikäli rakennuksen viihtyisyydessä, terveellisyydessä tai turvallisuudessa havaitaan puutteita, aiheutuu siitä luonnollisesti ihmisille haittaa ja lisäksi voidaan tarvita hyvinkin vaativia korjaustoimenpiteitä. On arvioitu että asuinrakennusten kosteusvauriot aiheuttavat pelkästään terveydenhuollolle noin 40 miljoonan euron vuosikustannukset.

Yleisimmät ”sairaan rakennuksen syndrooman” oireet ovat [1]:

- silmien, nenän ja nielun kirvely
- ihon ärsytykset
- hermostomyrkytysten oireet
- määrittelemätön yliherkkyys
- haju- ja makuhavainnot.

Rakennusten terveellisyysongelmat johtuvat miltei poikkeuksetta jollakin tapaa vedestä tai



kosteudesta. Syynä veden ja kosteuden aiheuttamiin ongelmiin on yleensä tietojen ja taitojen puute rakentamisprosessin eri vaiheissa, mutta usein myöskin käyttäjän toimenpiteet. Tai paremmin ehkä niin, että rakennusta ei ole osattu suunnitella nykyiselle käyttötavalle. Olennaista on rakenteen riittävä viansietokyky. Lähes kaikki rakenteet toimivat kuivissa olosuhteissa oikein eivätkä aiheuta terveyshaittoja. Mutta ongelmat syntyvät normaaleista poikkeavissa tilanteissa, esimerkiksi vesivahingon seurauksena. Rakennusmateriaaleilta vaaditaan viansietokykyä, enää ei riitä että materiaali toimii tyydyttävästi kuivissa olosuhteissa, sen on oltava myös mahdollisimman immuuni kosteudelle. Terveellisyysnäkökohtien huomioon ottaminen perustuikin pitkälti juuri edellä mainittuun viansietokykyyn. Pitäisi pystyä arvioimaan yleisemmät virhetilanteet ja sitten arvioida miten rakenteet toimii virhetilanteessa. Alkaako mikrobitien kasvu, tuleeko emissioita sisäilmaan jne.

Rakennusmateriaalien terveellisyys arvioimisen avuksi on tullut rakennusmateriaalien päästöluokitus (M1-luokitus) [3]. Rakennustietosäätiö myöntää rakennusmateriaalille päästöluokituksen mittausten perusteella. Päästöluokitus kuvaa materiaalista sisäilmaan tulevien emissioiden (päästöjen) suuruutta. Edistyneisyydestään huolimatta päästöluokitus ei kuitenkaan pysty kovinkaan hyvin ottamaan huomioon materiaalien viansietokykyä, joten kehitystyötä tarvitaan tälläkin alueella.

Viihtyisyys ja terveellisyys kytkeytyvät kiinteästi myös rakennuksen käytönaikaiseen energian kulutukseen. Viihtyistä ja terveellinen sisäilma edellyttää tehokasta, mutta samalla hyvin hallittua ilmanvaihtoa. Sisälämpötila saa vaihdella vain rajoitetussa määrin, vetoa ei saa esiintyä ja sisäilma tulee vaihtua riittävän nopeasti. Kaikki tämä johtaa helposti energian kulutuksen kasvuun. Rakentamisen haasteena onkin yhdistää viihtyisä ja terveellinen sisäilma alhaiseen energian kulutukseen. Parhaiten tämä saavutetaan yhdistämällä hallittu ilmanvaihto tehokkaaseen poistoilman lämmön talteenottoon.

## Rakennusmateriaalien kierrätys

Ympäristöystävällisen rakennuksen rakennusosien tulee pääsääntöisesti olla kierrätettäviä. Kierrättäminen voidaan hoitaa eri tavoin. Kategorisesti kierrätys voidaan jakaa kahteen ryhmään: uudelleenkäyttöön ja uusiokäyttöön. Uudelleenkäyttö tarkoittaa esimerkiksi rakennusosan käyttöä uudelleen samaan käyttötarkoitukseen. Koko rakennus voidaan purkaa ja koota uudelleen toisessa paikassa. Uusiokäyttö on rakennusosan tai sen sisältämän materiaalin hyötykäyttämistä jossakin muussa käyttökohteessa. Tarkemmin jaoteltuna rakennuksen ja raken-

nusosiin liittyvät uudelleenkäyttö ja kierrätystavat voidaan jakaa seuraaviin tasoihin [1]:

- Taso 1: Koko rakennuksen muuttaminen ja kunnostaminen uuteen käyttöön
- Taso 2: Koko rakennuksen purkaminen ja pystyttäminen uuteen paikkaan
- Taso 3: Rakennusosan käyttö sellaisenaan (esim. ikkuna karmeineen)
- Taso 4: Rakennusosan käyttö osittain erittelyn jälkeen (esim. ikkunalasin uudelleenkäyttö)
- Taso 5: Rakennusosan ja materiaalin käyttö raaka-aineena (saman tuotteen tai muun tuotteen)
- Taso 6: Rakennusosan ja materiaalin käyttö ”murskattuna” tai täyttömaana
- Taso 7: Rakennusosan ja materiaalin käyttö energiantuotannon polttoaineena.

Parhaimmillaan kierrätys on ylimmillä tasoilla joissa rakennus tai rakennusosa käytetään sellaisenaan, vastaavasti rakennusmateriaalien käyttö polttoaineena on kierrätyksen alhaisin taso. Kuitenkaan edes ekologiset näkökohdat eivät aina edellytä mahdollisimman korkean tason kierrätystä, usein paras lopputulos saadaan käyttämällä alhaisemman tason kierrätystä.

Rakennusosien uudelleenkäyttö on koko ajan yleistymässä. Kokonaisten rakennusosien, esimerkiksi palkkien ja pilareiden, uudelleen käyttöä on kokeiltu jossain määrin myös Suomessa. Pienempiä rakennusosia, esimerkiksi ikkunoita ja ovia, on uudelleen käytetty yleisestikin. Kaikkien rakennusosien valmistaminen siten, että uudelleenkäyttö varmistettaisiin, on usein sekä luonnon- ja erityisesti rahatalouden kannalta epäedullista. Rakennusosien käyttöäkin on niin pitkä, että uudelleenkäytön varmistaminen edellyttäisi huomattavia ylimääräisiä uhrauksia rakentamisaikavaiheessa. Juuri pitkän käyttöajan vuoksi tehokkain kierrätystapa rakentamisessa on yleensä uusiokäyttö, esimerkiksi tasoilla 5 tai 6.

## Mittarit

Rakennuksen ympäristöystävällisyyden yksiselitteinen mittaaminen on erittäin vaikea tai jopa mahdoton tehtävä. Perinteiset elinkaarianalyysit (LCA) pystyvät arvioimaan ainoastaan valmistuksen ja käytönaikaisia ympäristökuormituksia. Ympäristöselosteet keskittyvät puolestaan ainoastaan valmistuksen ympäristökuormituksiin. Muut ympäristöystävällisen rakennuksen vaatimukset jäävät käytännössä kokonaan huomioimatta.

Ongelmana on myös tulosten vertailtavuus. Elinkaarianalyseissa analysoidaan normaalisti materiaalinkäyttöä, energian kulutusta sekä päästöjä. Tarve olisi kuitenkin yhden vertailukelpoisen mittarin aikaansaamiseksi. Yleisemmin koko elinkaaren aikaisena yhtenä mittarina on käytetty energian kulutusta tai hiilidioksidipäästöjä ja joskus myös materiaalien kulutusta. Energian kulutus

sopii varsin hyvin elinkaaren aikaiseksi mittariksi koska sekä rakentamis- että käyttövaiheessa kuluu paljon energiaa. Energian kulutus korreloi myös hyvin hiilidioksidipäästöjen kanssa, ja juuri hiilidioksidipäästöjä (kasvihuonekaasuja) pidetään kansainvälisesti ja kansallisesti tärkeimpänä yksittäisenä ympäristöongelmana.

Koko elinkaaren aikaisia ympäristökuormituksia arvioidaan joskus myös materiaalien käytön avulla. Tällöin voidaan käyttää ns. materiaalihokkuuden mittaria (puhutaan myös ekotehokkuudesta). Saksalainen Wuppertal-instituutin kehittämä MIPS-yksikkö (MIPS = Material Input Per Service unit) ilmaisee sen materiaalipanoksen suuruuden, joka tarvitaan tietyn tuotteen tai palvelun tuottamiseen. Materiaalipanoksen laskemisessa huomioidaan tuotteen paino mutta myös tuotteen valmistuksesta aiheutuneet piilovirrat ja energian kulutus. MIPS-materiaalihokkuus painottaa kuitenkin materiaalin käyttöä ja jättää energian käytön huomattavasti pienemmälle painoarvolle. Rakentamisen ympäristöystävällisyyden arviointiin MIPS-materiaalihokkuus ei siten sovi kovinkaan hyvin. Rakentamisessa käsitellään paljon materiaaleja, joiden saatavuus on kuitenkin erittäin hyvä. Suuri osa rakentamisen materiaalinkäytöstä kohdistuu kiviaineisiin. Oikein toimituna kiviainesten käytön aiheuttamat ympäristöhaitat ovat varsin pienet. MIPS-materiaalihokkuudessa saavat rakentamis- ja kiinteistösektorin tärkeimpänä pidetty ympäristöhaitta, energian kulutus turhankin pienen painoarvon. MIPS-materiaalihokkuus ohjaisi rakentamista kevyempään, mutta samalla enemmän energiaa kuluttavaan suuntaan.

Parhaimmillaan rakennuksen ympäristöystävällisyyttä voidaan arvioida rakennuksen (toiminnallisen) ekotehokkuuden avulla. Rakennuksen ekotehokkuus on toimivuuden ja kelpoisuuden suhde niihin ympäristöpaineisiin, jotka aiheutuvat vaatimukset täyttävästä tila- ja teknisestä ratkaisusta elinkaaren aikana [4]. Elinkaariarviointi on siten edelleenkin tärkeässä roolissa, mutta ympäristökuormituksia verrataan nyt rakennuksen ominaisuuksiin. Ympäristöystävällisen rakennuksen kaikki vaatimukset voidaan ottaa huomioon. Ekotehokkuus onkin siten samanmuotoinen kustannustehokkuuden kanssa. Kummassakin on kysymys rakennuksen haluttujen ominaisuuksien toteuttamista tietyn elinkaarisuorituksen – elinkaarikustannuksin

tai elinkaaren aikana syntyvin ympäristökuormituksen.

Ekotehokkuusajattelun vieminen rakennusosatasolle tarkoittaa rakennusosan ominaisuuksia suhteessa elinkaaren aikana syntyviin ympäristökuormituksiin. Näin ollen voidaan päätyä myös ratkaisuihin, jotka esimerkiksi hieman kasvattavat valmistuksen ympäristökuormituksia, mutta lopputuloksena on selvästi parempi tuote, esimerkiksi toimivampi, muuntojoustavampi, pitkäikäisempi tai vaikkapa esteettisempi.

## Yhteenveto

Pyrittäessä kohti ekologisempaa rakentamista olisi jo suunnitteluvaiheessa huomioitava ainakin seuraavat näkökohdat:

- [1] Energian kulutus  
*Pidä rakennuksen energiankulutus aisoissa. Huomioi sekä lämmitys- että jäähdytystarve. Varmista sisäilmaston viihtyisyys.*
- [2] Pitkäikäisyys  
*Varmista olellaisten rakenneosien pitkäikäisyys. Huomioi vaurioituminen sekä vanhanaikaistuminen. Huomioi huoltotarve.*
- [3] Muuntojoustavuus  
*Kuvittele rakennukselle vaihtoehtoinen käyttötarkoitus. Mieti miten mahdolliset muutokset voidaan toteuttaa. Mieti miten talotekniikka voidaan huoltaa, korjata tai uusia.*
- [4] Terveellisyys ja turvallisuus  
*Käytä tunnettuja materiaaleja. Varmista materiaalien käyttäytyminen kaikissa olosuhteissa (viansietokyky).*

## KIRJALLISUUS

- [5] Sarja, A. (toim.). RIL 216. Rakenteiden elinkaaritekniikka. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y. Helsinki 2001.
- [6] RT Ympäristöselosteet. Rakennustietosäätiö RTS. Web-sivut; [www.rts.fi](http://www.rts.fi)
- [7] Rakennusmateriaalien päästöluokitukset. Rakennustietosäätiö RTS. Web-sivut; [www.rts.fi](http://www.rts.fi)
- [8] REKOS, Rakennus- ja kiinteistöalan ekotehokkuus. VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan ja Suomen ympäristökeskuksen tutkimushanke YM:n ympäristöklusterin tutkimusohjelmassa. Loppuraportti.