

RIL 249-2009

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Matalaenergiarakentaminen Asuinrakennukset



RILin julkaisuilla on oma kotisivu, joka löytyy osoitteesta www.ril.fi Kirjakauppa ko. kirjan kohdalta. Sinne on koottu tiedot julkaisun painoksista sekä mahdolliset lisäinformaatiot.

Tämä teos kuuluu Suomen itsenäisyyden juhlarahasto Sitran julkaisusarjaan (Sitra 283).

JULKAISIJA JA KUSTANTAJA:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

MYYNTI:

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Töölönkatu 4, 00100 Helsinki

Puh. 0207 120 600, fax 0207 120 619, email ril@ril.fi, www.ril.fi

ISBN 978-951-758-507-1

ISSN 0356-9403

ISSN 0785-8388 (Sitra)

Painopaikka: Saarijärven Offset Oy, 2009

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi ja saattaminen yleisön saataviin on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman nimenomaista lupaa.

© Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry

Alkusanat

Rakennusten energiatehokkuudella on erittäin merkittävä asema kestävässä kehityksessä ja mahdollisen ilmastonmuutoksen hillitsemisessä. Globaalit, eurooppalaiset ja kansalliset kasvihuonekaasujen rajoitusten ja energiansäästön tavoitteet yhdessä nopeasti kohoavien energian hintojen kanssa muodostavat todellisia kehityshaasteita rakennusten energiankäytölle.

Matalaenergiarakentamisen periaatteita ja menetelmiä on kehitetty Suomessa jo vuosikymmeniä, mutta kiristynyt viranomaisohjeistus sekä teknisen kehityksen myötä luotu selkeä elinkaaritaloudellisuus ovat vasta viime vuosina muodostaneet pohjan matalaenergiarakentamisen laajemmalle käyttöönotolle. Vaikka kokemusta on varsin paljon, elää rakennusala nyt matalaenergiarakentamisen käyttöönotossa voimakkaassa kehitysvaiheessa. Kansainvälisten päästöjen vähentämissopimusten noudattaminen tulee viimeistään seuraavalla vuosikymmenellä edellyttämään siirtymistä matalaenergiarakentamiseen uudisrakentamisessa sekä olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuuden selkeää parantamista.

Tämä ohje, RIL 249-2009 Matalaenergiarakentaminen Asuinrakennukset, on suuren asiantuntijaryhmän laatima. Ohje pyrkii edistämään asuinrakennusten matalaenergiarakentamisen (sekä matalaenergia- että passiivitalojen) käyttöönottoa antamalla kaikille alan osapuolille kattavan tietopaketin matalaenergiarakentamisen perusteista ja taustatiedoista uudisrakentamisen, korjausrakentamisen sekä käytön tarpeita ajatellen. Ohjeessa käsitellään sekä kerros- että pientaloja.

Ohjeen päätoimittaja ja pääkirjoittaja on prof. Asko Sarja. RIL:stä on kirjoitustyöhön osallistunut tekn. johtaja Gunnar Åström. Muut kirjoittajat ovat olleet Miimu Airaksinen, Pellervo Matilainen, Pekka Korhonen, Juha Valjus, Pekka Leppänen, Vesa Peltonen, Timo Kalema, Sakari Pulakka, Jarek Kurnitski sekä Mikko Peltokorpi.

Julkaisun ohjausryhmä on koostunut pääosin hankkeen rahoittajista. Ohjausryhmä on aktiivisesti tukenut ohjeen laadintaa. Jäseninä ovat olleet Gunnar Åström (RIL, pj), Asko Sarja, Pekka Rönkkö (Paroc Oy), Jaana Pullola (Rakennuspolyuretaaniteollisuus), Jussi Jokinen (Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy), Mikko Pöysti (maxit Oy Ab), Sonja Laaksonen (JM Suomi Oy), Heikki Sarin (Parma Oy), Ville Räikkönen (NCC Rakennus Oy), Pellervo Matilainen (Skanska Talotekniikka Oy), Seppo Junnila/Juha Kostianen/Jarek Kurnitski (Sitra), Antti Veijalainen (Uponor Suomi Oy), Kimmo Liljeström (Optiplan), Jouni Hakkarainen (Metsäliitto), Katja Outinen (EPS-rakennuseristeteollisuus), Pekka Nurro (Metsäteollisuus ry), Tapio Kilpeläinen (Thermisol Oy), Jyrki Kesti (Ruukki Oy) sekä Pekka Kalliomäki (ympäristöministeriö). Ohjeen päärahoittaja on Sitra. Ohjeen luonnos on ollut laajalla lausuntokierroksella.

Kiitämme ohjeen rahoittajaa, kirjoittajia, lausunnonantajia sekä kaikkia muita ohjeen laadintaan osallistuneita tahoja, jotka ovat tiedoillaan ja kannanotoillaan mahdollistaneet tämän ohjeen syntymisen. Uskomme, että ohje tulee olemaan hyödyllinen ja edistämään matalaenergiarakentamisen periaatteiden hallittua ja toimivaa käyttöönottoa.

Marraskuussa 2009

SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO RIL ry

Ralf Lindberg
puheenjohtaja

Helena Soimakallio
toimitusjohtaja

Sisällysluettelo

JOHDANTO	9
1. YLEISOHJEET	17
1.1 Matalaenergiarakentamisen perustiedot	17
1.1.1 Yleistä	17
1.1.2 Rakennuskonseptit	19
1.1.3 Määräykset, ohjeet ja laskentamenetelmät	22
1.1.4 Energiatehokkuuden käsitteitä	23
1.1.5 Matalaenergiarakennusten energiatehokkuusluokitus	28
1.1.6 Rakennusvaipan ja ilmanvaihdon tekniset ohjeavot	33
1.1.7 Energian hankinta ja energiamuodot	36
1.2 Matalaenergiarakentamisen hankeprosessi	38
1.2.1 Yleistä	38
1.2.2 Hankkeen osapuolet ja niiden tehtävät	39
1.2.3 Hankkeen tavoiteasettelu	41
1.2.4 Energiatehokkuusnäkökulma hankeprosessissa	42
1.2.5 Energiatehokkuustason ja -luokan valintaprosessi	44
1.3 Suunnittelun ja rakentamisen laadunvarmistus	46
1.3.1 Yleistä	46
1.3.2 Hallinnolliset laatutekijät	46
1.3.3 Sertifiointi- ja luokitusjärjestelmät	47
1.3.4 Tekniset laatutekijät	48
1.3.5 Keskeiset laadunvarmistustoimenpiteet	49
1.4 Arkkitehtisuunnittelu	50
1.4.1 Arkkitehtisuunnittelun sisältö	50
1.4.2 Matalaenergiatalojen arkkitehtisuunnittelun erityistehtäviä	51
1.5 Rakenne- ja talotekninen suunnittelu	55
1.5.1 Yleistä	55
1.5.2 Energiatehokkuuden tehostamiskeinot	56
1.5.3 Tilojen energiatehokkaan lämmityksen periaatteet	59
1.5.4 Tilojen lämmityksen suunnittelu ja teknisten järjestelmien valinta	61
1.5.5 Käyttöveden, valaistuksen ja laitteiden energiankulutuksen hallinta	63
1.6 Energiakorjauksen perustiedot	64
1.6.1 Yleistä	64
1.6.2 Tavoitteet	66
1.6.3 Rakennuskannan energiatehokkuus	66
1.6.4 Energiakorjausten toteutusperiaatteet	67
1.7 Elinkaaritalous	70
1.7.1 Yleistä	70
1.7.2 Rahatalouden elinkaarilaskennan periaatteet	71
1.7.3 Esimerkkejä elinkaarilaskennasta uudisrakennuksille	73
1.7.4 Energiakorjauksen elinkaarilaskelmat	78
1.7.5 Elinkaaren luonnontalous	78
Luvun 1 kirjallisuutta	96

2.	UUDISRAKENNUSTEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	99
2.1	Yleistä	99
2.2	Suunnittelu ja toteutuksen yleiset perusteet	99
2.2.1	Rakennuskonseptin avaintuotteet	99
2.2.2	Monitavoitteinen päätöksenteko ja optimointi	101
2.2.3	Sisäilmaston laadun hallinta	102
2.2.4	Tilojen lämpöolojen hallinta passiiviperiaatteella	106
2.2.5	Rakenteiden lämpötekniinen toiminta	107
2.2.6	Ilmanvaihdon lämmöntalteenotto	112
2.3	Talotekniikan määrittelyt ja ratkaisut	114
2.3.1	Yleistä	114
2.3.2	Ilmanvaihdon mitoitus	114
2.3.3	Lämmitystehon tarpeen mitoitus	117
2.3.4	Tilojen lämmönjaon vaihtoehdot	117
2.3.5	Tilojen lämmönjako patterilämmityksellä ja yhdistelmälämmityksellä	118
2.3.6	Tilojen lämmönjako lattialämmityksellä	120
2.3.7	Tilojen lämmönjako ilmanvaihtolämmityksellä	121
2.3.8	Lämmitysjärjestelmien hyötysuhteet	134
2.3.9	Jäähdytys	136
2.3.10	Kiinteistön käyttöenergia	143
2.4	Rakennesuunnittelu	146
2.4.1	Rakennesuunnittelun yleisperiaatteet	146
2.4.2	Rakenteiden lämmöneristävyiden ja tiiviiden suunnittelu	147
2.4.3	Rakenteiden kosteustekninen suunnittelu	155
2.4.4	Matalaenergiarakennuksen rakenne-esimerkkejä	161
2.5	Rakentamisvaihe	166
2.5.1	Yleisperiaatteita ja laadunvarmistus	166
2.5.2	Ilmatiiviiden varmistaminen rakentamisvaiheessa	167
2.5.3	Sisäilmaston laadun varmistaminen	169
2.5.4	Ilmanvaihdon säätö	170
2.6	Kiinteistön energianhankinta	170
2.6.1	Yleistä	170
2.6.2	Energianhankinnan vaihtoehtojen valinta	171
2.7	Pientalojen erityistarkasteluja	173
2.7.1	Matalaenergia- ja passiivi-pientalokonseptit	173
2.7.2	Energiatehokkaan pientalon suunnittelu	173
2.7.3	Pientalon talotekniikka	174
2.7.4	Pientalon rakentamisvaiheen erityiskysymyksiä	175
2.7.5	Ylläpito säilyttää omaisuuden arvon	177
2.7.6	Energiatehokkaan pientalon lämpöenergian hankinta	180
2.7.7	Pientalon energiatehokkuuden ja talouden laskentaesimerkki	185
	Luvun 2 kirjallisuutta	194
3.	ENERGIAKORJAUSTEN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS.....	197
3.1	Korjauskonseptit	197
3.1.1	Energiakorjauksen toiminnallinen määrittely ja luokittelu	197
3.1.2	Hanke- ja päätöksentekoprosessi	200
3.2	Korjaussuunnittelu	201
3.2.1	Korjaussuunnittelun vaiheet	201

3.2.2	Energiakorjauksen systemaattinen suunnittelu	201
3.2.3	Kerrostalon energiakorjausten suunnitteluesimerkki	202
3.3	Energiakorjauksen toteutus	205
3.3.1	Yleisperiaatteet	205
3.3.2	Korjauksesta ennakotiedottaminen taloyhtiössä	205
3.3.3	Työmaan valvonta ja työaikainen tiedottaminen	205
3.4	Vaipparakenteiden energiakorjaus	206
3.4.1	Korjaustoimenpiteet	206
3.4.2	Vaipparakenteiden korjaustarpeen selvittäminen	208
3.4.3	Betoniulkoseinien korjaaminen	210
3.4.4	Tiili- ja rapattujen ulkoseinien kunnon selvittäminen ja korjaaminen	215
3.4.5	Ikkunoiden peruskorjaamien tai uusiminen	216
3.4.6	Ulkovaipan korjaustavat ja korjaussuunnittelu	216
3.4.7	Ulkovaipan toimivuuden varmistaminen	217
3.4.8	Esimerkkejä energiakorjausten rakennusfysikaalisista toimivuustarkasteluista	219
3.5	Talotekniikkakorjaus	221
3.5.1	Periaatteita	221
3.5.2	Asuntoilmanvaihdon korjauskonseptit	223
3.5.3	Asuntojen ilmanvaihtokorjausten kustannukset	234
3.6	Energiakorjattujen rakennusten energianhankinta	234
3.7	Pientalojen energiakorjausten erityistarkasteluja	235
3.7.1	Korjauskonseptit	235
3.7.2	Tavoitteet ja mahdollisuudet	235
3.7.3	Suunnittelu ja eri vaihtoehtojen analysointi	236
3.7.4	Energiakorjaukset talotyypeittäin	237
3.7.5	Energiakorjatun pientalon energian hankinta	239
	Luvun 3 kirjallisuutta	243
4.	ASUINRAKENNUSTEN YLLÄPITO JA KÄYTTÖ	245
4.1	Yleistä	245
4.2	Kiinteistöstrategia	245
4.3	Matalaenergiatalon käytön erityispiirteitä	246
4.4	Tehokkaan käytön ja ylläpidon edellytykset	246
4.4.1	Omistajapolitiikka	246
4.4.2	Näkökohtia käytettyihin suunnitteluratkaisuihin	247
4.4.3	Näkökohtia rakentamisvaiheeseen	247
4.4.4	Rakennusten käyttöönotto	248
4.4.5	Rakennusten käyttö- ja huolto-ohje	248
4.5	Ylläpidon ohjaaminen	250
4.5.1	Elinkaaritalous	250
4.5.2	Isännöinti	250
4.5.3	Kiinteistönhoito	250
4.6	Rakennuksen käyttö	251
4.6.1	Käyttäjien ohjeistaminen	251
4.6.2	Käyttäjien toiminnan seuraaminen	251
4.6.3	Energiankulutusten seuraaminen	252
4.7	Kiinteistönhoito	252
4.7.1	Kiinteistönhoidon suunnittelu	252
4.7.2	Talotekninen huolto	252

4.7.3	Rakennustekninen huolto	253
4.7.4	Ulkoalueiden hoito	253
4.8	Korjausten ohjaus	253
4.8.1	Rakennuksen kunnon ja korjaustarpeiden seuranta	253
4.8.2	Korjausohjelman ylläpito	254
5.	KEHITYSVISIO	255
5.1	Globaali ja eurooppalainen yleiskehitys 2010–2050	255
5.2	Kehitys Suomessa	256
5.2.1	Energia- ja ilmastopoliittiset tavoitteet	256
5.2.2	Uudisrakennusten energiatehokkuus	257
5.2.3	Energian tuoton primäärienergia- ja päästötehokkuus	258
5.2.4	Rakennuksen elinkaaren luonnontalous	260
5.2.5	Energiakorjausten kehitys	260
5.2.6	Rakennukset 2020	261
5.2.7	Rakennukset 2050	261
	LIITTEET	263
	Liite 1. Energiatehokkuus- ja laatutehtävät hankkeen eri vaiheessa	263
	Liite 2. Rakennuskonseptit	267
	2.1 Esimerkki: Betonielementti-kerrostalo	267
	2.2 Esimerkki: Passiivitalo-2008	269
	2.3 Esimerkki: Villa 2000	270
	Liite 3. Rakennusvaipan tiivistys	273
	3.1 Puutalo	273
	3.2 Harkkotalo	278
	Liite 4. Passivhaus alkuperäiskonsepti	283
	4.1 Villa Langenkamp, Ebelt, Tanska	283
	4.2 Rivitalo Kranichstein, Darmstadt, Saksa	285
	4.3 Passivhaus - yleistiedot	287

Ilmoittajahakemisto

Ilmoitukset julkaisun lopussa.

Ekovilla Oy
Enervent Oy
EPS Muoviteollisuus
Finnfoam Oy
Finnmap Consulting Oy
Ins.tsto Ylimäki & Tinkanen Oy
ISS Proko Oy
Lujabetoni Oy
Matinkylän Huolto Oy
maxit Oy Ab
Motiva Oy
Saint-Gobain Rakennustuotteet Oy
Skanska Talonrakennus Oy
SPU Systems Oy
Suomen Puhalluseriste Oy
Suomen Talokeskus
Termater Oy
Thermisol Oy
Vallox Oy
VTT Valtion teknillinen tutkimuskeskus

JOHDANTO

OHJEEN SISÄLTÖ JA TARKOITUS

Kansalliset ja kansainväliset ilmastomuutoksen hillitsemiseen liittyvät päästöjen vähentämisvaatimukset ja energiatehokkuustavoitteet edellyttävät rakennusten energiakulutuksen voimakasta vähentämistä. Rakennusalan tulee siirtyä matalaenergiarakentamiseen kaikessa *uudisrakentamisessa* sekä parantaa oleellisesti olemassa olevan rakennuskannan energiatehokkuutta *energiakorjauksella*. Energian hinnan kohoava trendi tekee energiatehokkuuden oleellisen parantamisen taloudellisesti kiinnostavaksi myös rakennuksen omistajalle ja käyttäjälle sekä energiakustannusten pienenemisen että rakennuksen myynti- ja tulevaisuusarvon kohoamisen avulla.

Tämän ohjeen tarkoituksena on esittää matalaenergiarakentamisessa tarvittavia käytännön tietoja, menetelmiä, menettelytapoja ja esimerkkiratkaisuja kaikille rakennusalan osapuolille: rakennuttajille, suunnittelijoille, urakoitsijoille, materiaali- ja tuotevalmistajille, valvontaviranomaisille, ym. Tavoitteena on asuinrakennusten optimoitu ja elinkaariedullinen energiatehokkuus sekä uudisrakentamisessa että energiakorjauksessa.

Ohje sisältää systemaattiset prosessit ja menetelmät kattaen rakennuksen elinkaaren eri vaiheet: tarveselvitys, hankesuunnittelu (investointisuunnittelu), rakennuksen suunnittelu (luonnossuunnittelu, toteutussuunnittelu), rakentaminen sekä käyttö ja kunnossapito. Ohjeessa tarkastellaan sekä uudisrakentamista että energiakorjausta. Ohjeen painotus on *rakennuksen tilojen lämmitysenergian kulutuksen optimoivassa hallinnassa arkkitehtonisilla, rakenneteknisillä ja taloteknisillä ratkaisuilla*.

Luku 1 kuvaa matalaenergiarakentamisen perusteet ja antaa yleisohjeita hankeprosessin, rakennuskonseptin ja elinkaarilaadun kokonaisvaltaiseen hallintaan sekä näihin liittyvien arkkitehtuuri-, rakenne- ja talotekniikkaratkaisujen periaatteisiin. Lisäksi käsitellään matalaenergiatalojen energiahankinnan valintaperiaatteita. Luku 2 sisältää uudisrakennuksen suunnittelussa ja toteutuksessa tarvittavia yksityiskohtaisia ohjeita. Luku 3 käsittelee energiakorjauskonseptien valintoja sekä energiakorjauksen rakenne- ja talotekniikan suunnittelun periaatteita sekä malliratkaisuja. Luvussa 4 on esitetty käyttöön ja ylläpitoon liittyvää näkemyksiä ja ohjeistusta. Luku 5 kuvaa energiatehokkuuden kansainvälisiä ja kansallisia tavoitteita ja haasteita sekä kehitysvisioita. Ohjeen liitteet sisältävät esimerkkiratkaisuja ja esimerkkikohteita.

MATALAENERGIARAKENTAMISEN YLEISPERIAATTEET

Matalaenergiarakentaminen perustuu *kokonaisvaltaiseen rakennuskonseptiin*. Rakennuksen energiatehokkuus saavutetaan arkkitehtuuriratkaisujen sekä rakenne- ja talotekniikkajärjestelmien yhteistoiminnan tuloksena. Käytännön

hankkeessa ratkaisujen valinta ja optimointi tehdään huomioiden energiatehokkuuden lisäksi mm. elinkaarikustannukset (investointikustannukset ja käytön aikaiset kustannukset), laatutavoitteet (elinkaarilaatu), ekologiset näkökohdat sekä hankekohtaiset erityispiirteet (mm. rakennuspaikalla vallitsevat olosuhteet).

Matalaenergiarakentamisessa voidaan erottaa kaksi energiatehokkuuden tavoitetasoa eli kaksi erilaista rakennuskonseptia: *matalaenergiatalo* ja *passiivitalo*.

Energiatehokkuudessa pisimmälle viety konsepti on **passiivitalo**, jossa mm. erittäin tehokkaasti eristävällä ulkovaipalla ja lämmön talteenotolla saadaan lämmitysenergian kulutus hyvin alhaiseksi ja on mahdollista yksinkertaistaa tilojen lämmönjakojärjestelmää, esim. ilmanvaihtolämmitystä käyttäen. Passiivitalon kustannusrakenne on erilainen kuin tavallisissa rakennuksissa. Rakennesosat, lämmön talteenotto, auringonsuojaukset ymv. vaativat lisäpanostusta. Nämä katetaan ensisijaisesti yksinkertaisemmalla ja siksi edullisemmalla lämmönjakojärjestelmällä ja lämmitysenergian säästöllä sekä myös rakennuksen tulevaisuusarvon nousulla.

Myös **matalaenergiatalo** on nykyistä normitasoa selkeästi energiatehokkaampi ja hyvällä suunnittelulla usein toteutettavissa varsin pienillä lisäkustannuksilla, mikä maksimoi käytettävien ratkaisujen kustannustehokkuuden. Lämmönjakoratkaisuissa voi nojata myös perinteisiin järjestelmiin. Energiatehokkuuden parantamisen periaatteet ja keinot ovat muutoin samantyyppiset kuin passiivitaloilla.

Koska energiatehokkuuteen liittyy myös päästöjen minimointi, on *energiamuodon (lämmitystavan) valinta* tärkeä osa kokonaisuuden optimoinnissa. Pieni energiakulutus antaa enemmän vaihtoehtoja energiamuodon ja lämmitysjärjestelmän valintaan.

Energiatehokkuus voidaan jakaa *tuotantovaiheen* ja rakennuksen *käytön aikaiseen energiatehokkuuteen*. Perinteisesti tuotantovaiheen energiakulutus (rakennusosien valmistus, kuljetus, työmaatoiminta, jne.) on ollut noin kymmenesosa verrattuna rakennuksen 50 vuoden lämmitys- ja sähköenergian käyttöön. Matalaenergiarakentamiseen siirryttäessä tulee tuotantovaiheen osuus nousemaan, jolloin sen vähentäminen ja huomioiminen kokonaisuuden optimoinnissa muuttuu yhä merkittävämmäksi. Tässä ohjeessa keskitytään erityisesti rakennuksen käytön aikaiseen energiatehokkuuteen ja energiahankinnan valintaan. Koko elinkaaren energia- ja ekotehokkuuden ja kokonaisvaltaisen elinkaarilaudun ohjeet on esitetty ohjeessa RIL 216-2001 Rakenteiden elinkaaritekniikka.

Rakennuksen *energiatehokkuusluokittelun* ensisijainen peruste on *tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutus*. Perusteet tähän ovat:

- suurin osa rakennuksen elinkaaren energiakulutuksesta on lämmitystä ja jäähdytystä

- lämmitys- ja jäähdytysenergian kulutus määräytyy pääosin rakennusvaipan ja talotekniikkajärjestelmän ominaisuuksista, jotka ovat rakennuksen pitkäikäisiä ja korjauksen kannalta vaikeimmin ja vain suurilla kustannuksilla muutettavien osia
- rakennuksen lämmitys on kaikissa olosuhteissa perustarve, jota ei voida välttää rakennuksen käyttötapojen tai kulutustottumusten muutoksilla.

Rakennuksen kokonaisvaltaiseen energiatehokkuuteen kuuluva *käyttäjän kuluttama energia* (mm. lämmin vesi, kiinteistö- ja kotitaloussähkö) sekä *primäärienergian* kulutus käsitellään luokittelussa suuntaa antavina ohjeellisina arvoina.

Suunnittelun, tuotantovaiheen ja ylläpidon *laadun oleellinen parantaminen* kuuluvat keskeisinä osina matalaenergiarakentamiseen. Rakentamisen toimivat *laadunvarmistustoimenpiteet* luovat mahdollisuuden lopputuotteelle asetetun laadun saavuttamiseen.

Rakennuksen *ylläpito-organisaatio* ja varsinainen *käyttäjä* ovat toiminnallaan ratkaisevassa asemaassa rakennuksen tarjoaman energiatehokkuuden saavuttamisessa käytännössä.

Matalaenergiarakentamisessa tulee käyttöön eräitä uusia suunnittelumenetelmiä, teknisiä toteutustapoja ja tuotteita, joiden käyttöön tarvitaan kaikkien organisaatiotasojen *henkilöstön täydennyskoulutusta*. Tässä yhteydessä voidaan myös paikata yleisiä tietojen ja taitojen puutteita laatuongelmien ja rakennusvirheiden vähentämiseksi. Yliopistojen, ammattikorkeakoulujen ja ammatillisten oppilaitosten antama peruskoulutus on pitkällä aikavälillä matalaenergiarakentamisen ja laadun kehittämisen kannalta erittäin tärkeässä asemassa. Uutta tietoutta luovalla tutkimuksella varmistetaan sekä koulutuksen että käytännön edellytykset jatkuvaan laadun parantamiseen.

MÄÄRITELMIÄ

Tässä ohjeessa käytetään ensisijaisesti RakMK:n osissa C ja D sekä ympäristöministeriön asetuksen rakennuksen energiankulutuksesta 16.12.2008 ja sen muutoksen 12.1.2009 sekä ympäristöministeriön Energiatehokkuusoppaan 2007/ 2009 mukaisia käsitteitä ja termejä. Muissa termeissä noudatetaan ensisijassa standardin EN 15603 "Energy Performance of Buildings (Rakennusten energiatehokkuus)" ja Energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) standardiselvityksen CEN/TR 15615 mukaisia käsitteitä ja termejä.

Keskeiset käytettävät termit ja määrittelyt ovat seuraavat (suluissa esitetty EN 15603 ja CEN/TR 15615 mukaiset termit):

Yleiset termit

Rakennuksen pinta-ala energian ominaiskulutuksen/-tarpeen luvuissa ($\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$) on Energiatehokkuusoppaan mukaisesti rakennuksen bruttoala vähennettynä kylmien tilojen pinta-alalla.

Matalaenergiarakennukset jaetaan kahteen **energiatehokkuusluokkaan**: matalaenergiatalo ja passiivitalo.

Matalaenergiatalo on rakennus, jonka tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergian ostoenergian ominaiskulutus ja nettoenergian ominaistarve ovat välillä 26–50 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, ks. tarkempi määrittely kohdasta 1.1.5. Määrittelyyn liittyy olennaisesti rakennusvaipan ja ilmanvaihdon teknisiä ohjearvoja. Ohjeellisia lisäominaisuuksia ovat mm. rakennuksen kokonaisenergian ja primäärienergian kulutuksen rajoja. Matalaenergiataloja voidaan määritellä tarkemmin tilojen energiantarpeen osalta energiantarveluokituksella. Esim. M-40 tarkoittaa matalaenergiataloa, jonka tilojen lämmitys- ja jäähdytysnettoenergian ominaistarve on 40 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Matalaenergiatalo (matalaenergiarakennus) -termiä käytetään myös matalaenergiatalon ja passiivitalon yhteisnimityksenä.

Passiivitalo on rakennus, jonka tilojen lämmitys- ja jäähdytysenergian ostoenergian ominaiskulutus ja nettoenergian ominaistarve ovat alle 25 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$, ks. tarkempi määrittely kohdasta 1.1.5. Määrittelyyn liittyy olennaisesti rakennusvaipan ja ilmanvaihdon teknisiä ohjearvoja. Ohjeellisia lisäominaisuuksia ovat mm. rakennuksen kokonaisenergian ja primäärienergian kulutuksen rajoja. Passiivitaloja voidaan määritellä tarkemmin tilojen energiantarpeen osalta energiantarveluokituksella. Esim. P-20 tarkoittaa matalaenergiataloa, jonka tilojen lämmitys- ja jäähdytysnettoenergian ominaistarve on 20 $\text{kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.

Rakennusten energiatehokkuus on suure, joka yhtenä lukuna kuvaa rakennuksen kokonaisenergiatehokkuutta. Se voi olla esim. rakennuksen laskettu energiantarve, todettu energiankulutus, laskettu primäärienergian kulutus tai lasketut hiilidioksidipäästöt pinta-alayksikköä kohti.

ET-luku. Ympäristöministeriön Energiatodistusoppaan mukainen rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan asetuksessa säädetyllä tavalla rakennuksen energiatehokkuusluvulla (ET-luvulla). Se saadaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä rakennuksen bruttopinta-alalla, josta on vähennetty kylmien tilojen pinta-ala. Vuotuinen energiamäärä lasketaan rakennuksen tarvitseman vuotuisen lämpö- ja jäähdytysenergiamäärän (jäähdytys mukana vain, jos rakennus varustetaan jäähdytysjärjestelmällä) sekä kiinteistösähkön vakioidun kulutuksen summana.

Rakennuskonsepti on monistettavissa oleva ja dokumentoitu suunnittelu- ja rakentamistapa, jonka tuloksena syntyy asetetut vaatimukset täyttäviä yksilöllisiä rakennuksia. Monistettavuus edellyttää, että on olemassa vakiotuotannossa

olevat avaintuotteet ja suunnittelu-, rakentamis- ja käyttöohjeet, joilla yksittäiset rakennukset voidaan suunnitella, rakentaa ja käyttää.

Yksittäisen rakennushankkeen rakennuskonseptilla tarkoitetaan rakennuksen toiminnallisten ominaisuuksien (ml. energiatehokkuus) ja tuoteominaisuuksien sekä niiden arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikan luonnossuunnitelmia (yleissuunnitelmia) ominaisuusmäärittelyineen.

Korjauskonsepti on monistettavissa oleva ja dokumentoitu korjausmenettely, jonka tuloksena syntyy optimoivasti määritellyt vaatimukset täyttäviä yksilöllisiä korjattuja rakennuksia. Monistettavuus edellyttää, että on olemassa vakiotuotannossa olevat avaintuotteet ja suunnittelu-, korjaus- ja käyttöohjeet, joilla yksittäisten rakennusten korjaus voidaan suunnitella ja toteuttaa.

Yksittäisen rakennuksen korjauskonseptilla tarkoitetaan rakennuksen korjauksen jälkeisten toiminnallisten ominaisuuksien (ml. energiatehokkuus) ja tuoteominaisuuksien määrittelyä ja niiden arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikan luonnossuunnitelmia ominaisuusmäärittelyineen.

Energiamääritelmiä

Kansallinen energiatehokkuussanasto on kehittelyn alla. Kun virallinen käännös julkaisusta TR 15615 Rakennusten energiatehokkuussanasto valmistuu, noudatetaan sitä.

Tässä ohjeessa käytettyjä keskeisiä **energian tarpeeseen ja kulutukseen** liittyviä termejä on esitetty kohdassa 1.1.4 Energiatehokkuuden käsitteitä. Nämä ovat:

- A. Tilojen lämmityksen nettoenergiantarve
- B. Rakennuksen lämmitysenergian nettotarve
- C. Jäähdytysenergian nettotarve
- D. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus
- E. Ilmanvaihtojärjestelmän energiankulutus
- F. Jäähdytysjärjestelmän energiankulutus
- G. Tilojen lämmityksen ja jäähdytyksen energian ostoenergian ominaiskulutus
- H. Kiinteistösähkön kulutus
- I. Kotitaloussähkön kulutus
- J. Kiinteistön kokonaisenergian kulutus
- K. Kiinteistön uusiutumattoman primäärienergian ominaiskulutus

Seuraavassa on esitetty muita energiatehokkuuteen liittyviä määritelmiä:

Talotekninen järjestelmä (technical building system) sisältää tekniset laitteet lämmitystä, jäähdytystä, ilmanvaihtoa, käyttöveden lämmitystä, valaistusta ja sähkön tuotantoa varten. Talotekninen järjestelmä voi tarkoittaa yhtä tai useam-

paa järjestelmää (esim. lämmitysjärjestelmä, lämmitys- ja lämpimän käyttöveden järjestelmä).

Järjestelmän lämpöhäviö (system thermal loss) on taloteknisen järjestelmän (lämmitys, jäähdytys, lämmin käyttövesi, ilman kostutus, ilman kuivaus tai ilmanvaihto) lämpöhäviö, jota ei voida hyödyntää kyseisessä järjestelmässä.

Omaenergia on uusiutuva omavarainenergia, joka tuotetaan kiinteistöön kuuluvan uusiutuvan energian tuotannon ja siirron laitteistolla, kuten tuuli- tai aurinkoenergia.

Ostoenergia on energia, joka ostetaan rakennukseen (mm. hankitaan rakennukseen sähköverkosta, kaukolämpöverkosta tai polttoaineena tai bioenergiانا). RakMK D3:2007 määrittelee ostoenergian vuotuisina energiamäärinä, jotka tuodaan rakennukseen sähkö-, kaukolämpö- ja kaukojäähdytysverkoista tai polttoaineina.

Energialähde (energy source) on lähde, josta hyödynnettävää energiaa voidaan siirtää tai ottaa talteen joko suoraan tai muunnettuna tai muuntuneena, esim. öljy- tai kaasukentät, hiilikaivokset, aurinko, metsät, jne.

Energiamuoto (energy carrier) on aine tai ilmiö, jota voidaan käyttää tuottamaan mekaanista työtä tai lämpöä tai ylläpitämään kemiallista tai fysikaalista prosessia [ISO 13600:1997].

Uusiutumaton energia (non-renewable energy) on energia, joka otetaan ehtyvistä lähteistä (esim. fossiiliset polttoaineet).

Uusiutuva energia (renewable energy) on energia, joka otetaan ehtymättömästä lähteestä, kuten aurinkoenergia (aurinkolämpö, aurinkosähkö), tuuli, vesivoima, uusiutuva biomassa, maalämpö, ilmalämpö.

Primäärienergia (primary energy) on energia, johon ei ole kohdistunut mitään muunto- tai kuljetusprosesseja. Esimerkkejä ovat: maaperässä oleva öljy, kivihiili ja uraani, puu metsässä, tuuli, aurinkolämpö, maalämpö maassa jne. Primäärienergia käsittää uusiutumattoman ja uusiutuvan energian. Jos molemmat on otettu huomioon, puhutaan kokonaisprimäärienergiasta.

Kokonaisprimäärienergiakerroin (total primary energy factor) on tietyn energiamuodon primäärienergia (uusiutumaton ja uusiutuva) jaettuna hankitulla energialla. Kaikkien energiamuotojen kokonaisprimäärienergiakerroin on suurempi kuin yksi.

Uusiutumattoman energian primäärienergiakerroin (non-renewable primary energy factor) on tietyn energiamuodon uusiutumaton primäärienergia jaettuna hankitulla energialla. Uusiutumattoman energian kulutus saadaan siten hankitun energian ja uusiutumattoman energian primäärienergiakertoimen tulona. Tietyn energiamuodon uusiutumattoman energian primäärienergiakerroin voi

olla pienempi kuin yksi, kun energiamuoto koostuu suurelta osin uusiutuvista energialähteistä.

Ominaispäästöt ovat kulloinkin määritellyn tuotantokokonaisuuden voimalaitoksissa poltettujen tai käytettyjen polttoaineiden päästöt lisättynä tuotantolaitoksen rakentamisen ja ylläpidon tuottamilla päästöillä; jaettuna saman kokonaisuuden lämmön tai sähkön tuotannolla. Voimalaitokset voivat tuottaa joko pelkästään sähköä, pelkästään kaukolämpöä tai yhdistettyä sähköä ja kaukolämpöä.

CO₂-päästökerroin (CO₂ emission coefficient) on tietyn energiamuodon ilma-kehään emittoituva CO₂-määrä jaettuna hankitun energian määrällä. CO₂-päästöjen määrä lasketaan kertomalla hankitun energian määrä kyseisen energiamuodon kokonaisprimäärienergiakertoimella ja CO₂-päästökertoimella. CO₂-päästökerroin voi sisältää muiden kasvihuonekaasujen ekvivalenttipäästöt (esim. metaani).

Verkkosähkö (grid electricity) on julkisen sähköverkon kautta rakennukseen hankittu energia.

Teknisiä termejä

Ikkunan auringon kokonaissäteilyenergian läpäisykerroin on ikkunan läpi tulevan kokonaisenergian suhde rakenteen ulkopinnalle tulevaan auringon säteilyenergiaan. Säteilynläpäisylukua kutsutaan g-arvoksi.

Lämmönläpäisykerroin (U-arvo, yksikkö W/(m²K)) ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristöjen välillä on yksikön suuruinen.

Ilmanvuotoluku n₅₀ ilmoittaa, kuinka monta kertaa tunnissa rakennuksen ilma vaihtuu 50 Pa:n ali- tai ylipaineella.

