Uuden rakennusfysiikan käsikirjan toteutus

Juha Vinha
Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos

Tiivistelmä

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry ja Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitos käynnistivät v. 2008 uuden rakennusfysiikan käsikirjan toteutuksen. RIL toimii kirjan julkaisijana ja TTY:n Rakennustekniikan laitos päätoimittajana. Aikaisempi RIL:n käsikirja tältä aihealueelta on julkaistu jo v. 1984, joten kirjan ajanmukaistamiselle on suuri tarve. Projektin tavoitteena on aikaansaada kattava ja ajan tasalla oleva rakennusfysiikan käsikirja, joka käsittelee mm. rakennusfysiikan teoriaa, rakennuksen sisä- ja ulkoympäristön olosuhteita, rakenteiden lämpö- ja kosteusteknistä suunnittelua ja toimintaa sekä rakennusmateriaalien rakennusfysikaalisia ominaisuuksia. Kirjan teoreettisen tason ja sisällön on tarkoitus täyttää sekä rakennusfysiikan AA-vaativuusluokan että A-vaativuusluokan suunnittelupätevyyden tarpeet.

1. Johdanto

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL on julkaissut vuonna 1984 kirjan RIL 155-1984 Lämmön- ja kosteudeneristys [1]. Monelta osin käsi- ja oppikirjana toimivan kirjan sisältö on vanhentunut. Vastaavaa laajaa ja seikkaperäistä suomenkielistä kirjaa ei markkinoilla ole, joten uusi korvaava kirja on tarpeen. Myös ulkomaisia rakennusfysiikan käsikirjoja on verrattain vähän saatavilla. Esimerkkeinä näistä voidaan mainita seuraavat kirjat [2; 3; 4].

Rakennusfysikaalisten ilmiöiden tuntemisessa ja niiden hallitsemisessa käytännön rakentamisessa esiintyy vielä paljon puutteita. Rakennusfysiikka on laaja alue, jolla on suuri vaikutus rakennusten terveellisyyteen ja viihtyvyyteen. Syvällinen ja kattava julkaisu on tarpeen alan tietotason ja koulutuksen sekä sitä kautta rakentamisen laadun kehittämiseksi.

Rakennusfysiikan alueella on tehty parin viime vuosikymmenen aikana suuri määrä tutkimusta eri puolilla maailmaa. On julkaistu myös paljon EU-standardeja, jotka tulee ottaa huomioon yhä laajenevassa määrin. Tutkimusten tuloksia ja standardien vaatimuksia on myös tarpeellista saattaa tiivistetysti käsi- ja oppikirjan muotoon.

Edellä mainituista syistä johtuen Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry ja Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitos käynnistivät v. 2008 uuden rakennusfysiikan käsikirjan toteutuksen. RIL toimii kirjan julkaisijana ja TTY:n Rakennustekniikan laitos päätoimittajana. Kirjan toteutusta tukee suuri joukko rakennusalan yrityksiä ja yhdistyksiä, mikä osaltaan kertoo kiinnostuksesta ja tarpeesta saada aikaan uusi käsikirja tälle aihealueelle.

2. Käsikirjan tavoitteet ja kohderyhmät

Projektin tavoitteena on aikaansaada kattava ja ajan tasalla oleva rakennusfysiikan käsikirja, joka käsittelee mm. rakennusfysiikan teoriaa, rakennuksen sisä- ja ulkoympäristön olosuhteita,

rakenteiden lämpö- ja kosteusteknistä suunnittelua ja toimintaa sekä rakennusmateriaalien rakennusfysikaalisia ominaisuuksia. Kirja keskittyy lämmön, ilman ja kosteuden vaikutusten tarkasteluun rakennuksissa ja rakenteissa. Akustiikka, palotekniikka, ilmanvaihtotekniikka ja valaistus jätetään kirjassa vähemmälle huomiolle. Sisältö suunnitellaan siten, että kirja toimii sekä oppikirjana korkeakouluissa (yliopistot, ammattikorkeakoulut) että suunnittelijoiden, rakentajien ja valvojien tietolähteenä ja ohjeena toteutettaessa terveellisiä, turvallisia ja viihtyisiä rakennuksia ja tiloja.

Koska rakennusfysiikka on suhteellisen uusi tutkimusalue, alan termistöt ja käsitteet sekä suureet ja niiden merkintätavat vaihtelevat laajasti eri julkaisuissa. Käsitteiden ja merkintöjen yhtenäistäminen on tärkeä osatavoite kirjan toteutustyössä. Tärkeä asia on myös rakennusmateriaalien rakennusfysikaalisten ominaisuuksien kerääminen ja taulukointi niin, että niistä löytyy jatkossa kattavat tiedot samasta paikasta.

Kirjan teoreettinen tason ja sisällön on tarkoitus vastata rakennusfysiikan AA-vaativuusluokan suunnittelun pätevyyden tasoa. Kirja täyttää myös A-vaativuusluokan pätevyyden tarpeet. Kirjaa voidaan käyttää myös täydennyskoulutuksessa.

Käsikirja on tarkoitettu kaikille rakennusalan ammattilaisille rakennusfysiikan perusteokseksi, kuten esim.

- opettajille ja opiskelijoille
- suunnittelijoille
- urakoitsijoille
- rakennuttajille ja valvojille
- materiaaliteollisuudessa työskenteleville
- viranomaisille

3. Työn suoritus ja organisaatio

Laadittavan kirjan päätoimittajana toimii Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitos. Kirjan toimitustyö sisältää myös tutkimus- ja asiantuntijatyötä. Kirjan kirjoittajat ovat myös pääosin TTY:n Rakennustekniikan laitokselta. Muut kirjoittajat valitaan sisältösuunnitelman perusteella ja he ovat alan tutkijoita, suunnittelijoita tai muita alan asiantuntijoita. Kirjan toteutusta varten on muodostettu lisäksi toimituskunta ja johtoryhmä.

Hankkeessa mukana olevien yritysten ja yhdistysten edustajat, RILin rakennusfysiikan toimikunnan jäsenet sekä muut alan asiantuntijat (esim. kokeneet rakennesuunnittelijat) ottavat kantaa käsikirjan sisältöön lausuntokierroksien aikana.

Käsikirjan toteutus alkoi v. 2008 ja tavoitteena on saada se valmiiksi v. 2010 lopussa.

4. Sisältösuunnitelma

Käsikirjan sisältö on esitetty lyhyesti seuraavassa päälukujen mukaisten otsakkeiden yhteydessä:

4.1 Johdanto

Johdannossa käydään läpi kirjan tausta, rakenne ja rajaukset.

4.2 Rakennusfysikaalinen suunnittelu

Rakennusfysikaalista suunnittelua käsittelevässä luvussa käydään läpi suunnitteluun liittyviä osatekijöitä ja suunnitteluperiaatteita yleisellä tasolla. Luvussa tarkastellaan mm. seuraavia asioita:

- Rakennusfysiikan osa-alueet
- Suunnittelijan tehtävät
- Rakennusfysikaalisen suunnittelun periaatteet
  - Lämpötekninen suunnittelu
  - Kosteustekninen suunnittelu
  - Vaipan ilmatiiviyden suunnittelu ja ilmavirtausten rajoittaminen vaipparakenteissa
- Rakenteen toimintakriteerit ja olosuhteiden raja-arvot
- Rakennusfysikaaliset laskentatarkastelut ja laskentaohjelmat

Laskentaohjelmien käyttö rakennusfysikaalisessa suunnittelussa lisääntyy koko ajan, joten tähän liittyviä asioita käsitellään luvussa aiempaa enemmän. Myös rakenteiden toimintakriteerien ja olosuhteiden raja-arvojen tarkempia määrittelyjä tarvitaan laskennallisissa tarkasteluissa.

4.3 Rakennuksen sisä- ja ulkoympäristö

Rakennuksen sisä- ja ulkoympäristöä käsittelevässä luvussa tarkastellaan olosuhteita ja rasituksia, joita rakennuksille ja rakenteille kohdistuu. Keskeiset asiat tässä luvussa ovat:

- Kostean ilman teoria
- Ulkoilman olosuhteet
- Sisäilman olosuhteet
- Ilmanvaihdon periaatteet
- Maaperän olosuhteet

Rakennusfysikaalisten laskentatarkastelujen kannalta on tärkeää, että rakennuksia ja rakenteita tarkastellaan kriittisissä ulkoilman olosuhteissa. Laskentaa varten tarvitaan erilaisia ulkoilman referenssivuosia, jotka ovat kriittisiä tarkasteltavan ilmiön kannalta. Tältä osin tarvitaan myös uutta tutkimustietoa.

4.4 Lämpö ja lämmön siirtyminen

Luvussa 4 käydään läpi lämmönsiirron teoria. Keskeiset asiat ovat:

- Lämpö
- Lämmön siirtymismuodot
- Johtuminen
  - Lämmön johtuminen aineessa
  - Materiaalien lämmönjohtavuus
  - Lämmönjohtavuuden suunnitteluarvot
  - Rakennusosien U-arvon laskenta
  - Putkien ja kanaalien lämmöneristys
  - Rakennuksen routasuojaus
  - Epästationäärinen lämmön johtuminen
- Lämmön konvektio
  - Pakotettu ja luonnollinen konvektio
  - Konvektio materiaalin pinnalla

    - Konvektio ilmavälissä
    - Konvektio raon tai reiän läpi
    - Konvektio huokoisen materiaalin läpi
    - Rakenteen sisäinen konvektio
- Säteily
    - Pitkä- ja lyhytaaltoinen säteily
    - Pinnan säteilyteho
    - Säteilyn intensiteetti
    - Säteilyn vaikutus pinnan lämpötilaan
    - Pintojen välinen säteily
    - Ikkunan läpi siirtyvä säteily
- Yhdistetty lämmönsiirto ja lämmönsiirron kokonaistase

4.5 Ilma ja ilman virtaus

Luvussa 5 tarkastellaan ilman paine-erojen muodostumista rakenteiden yli ja ilman virtausta rakenteissa. Tarkasteltavia asioita ovat:

- Ilman paine-erot
    - Hydrostaattinen paine-ero
    - Tuulen aiheuttama paine-ero
    - Ilmanvaihdon aiheuttama paine-ero
    - Vaipan yli vallitsevan kokonaispaine-eron laskenta
- Ilman virtaus raon tai reiän läpi
- Ilman virtaus huokoisen materiaalin läpi
    - Materiaalien ilmanläpäisevyys
- Rakennusvaipan ilmanpitävyys
- Ulkovaipan sallitut sisäpinnan lämpötilat

4.6 Kosteus ja kosteuden siirtyminen

Luvussa 6 käydään läpi materiaalien kosteuspitoisuuteen liittyvät asiat sekä rakenteiden kosteuden siirron teoria. Tässä luvussa käydään läpi seuraavat asiat:

- Materiaalin kosteuspitoisuus
    - Kosteuden sitoutumismekanismit
    - Hygroskooppinen tasapainokosteus
    - Kapillaarinen tasapainokosteus
- Kosteuden siirtymismuodot
- Diffuusio
    - Vesihöyryn diffuusio huokoisessa materiaalissa
    - Materiaalien vesihöyrynläpäisevyys
    - Vesihöyryn siirtyminen materiaalien välillä suljetussa tilassa
    - Rakenteiden diffuusiotarkastelut stationääritilassa
    - Epästationäärisiä vesihöyryn diffuusio
- Pintadiffuusio
- Kapillaarivirtaus
    - Veden nousu kapillaariputkessa
    - Kapillaarivirtaus yleisessä tapauksessa
    - Materiaalien ja maalajien kapillaariset ominaisuudet
    - Kosteuden siirtyminen kapillaarisesti materiaalien välillä

    - Materiaalin ja rakenteen kuivuminen
- Kosteuden konvektio
    - Konvektio ilmavälissä
    - Konvektio raon tai reiän läpi
    - Konvektio huokoisen materiaalin läpi
    - Rakenteen sisäinen konvektio
- Painovoimainen veden siirtyminen
- Paineenalainen veden siirtyminen
- Yhdistetty kosteuden siirto ja kosteuden siirron kokonaistase

Lämpöä, ilmaa ja kosteutta käsittelevissä luvuissa 4, 5 ja 6 esitetään laskuesimerkkejä, joilla sovelletaan teoriatietoa käytäntöön. Laskuesimerkit sijaitsevat ko. kohdassa teoriatiedon yhteydessä. Kustakin aihepiiristä A- ja AA-luokan teoriaosuus löytyvät peräkkäin samasta kohdasta. AA-luokan teoriaosuus voidaan tarvittaessa merkitä näkyviin jollakin sopivalla tavalla.

4.7 Rakennusten energiatehokkuus

Rakennusten energiatehokkuutta käsittelevässä luvussa tarkastellaan seuraavia asioita:

- Rakennusten energiankulutus
- Rakennusten energiataloudellisten valintojen pääperiaatteet
- Rakennusten energiatehokkuuden parantamiskeinot ja niiden taloudellinen valinta
- Rakennusosien energiatekninen toiminta
- Erikoisratkaisujen energiatekninen toiminta
- Asukkaiden käyttötottumusten vaikutus energiankulutukseen

Luvussa kuvataan eri tekijöiden merkitystä ja vaikutusta rakennuksen energiankulutukseen koko rakennuksen tasolla ja yksittäisissä rakennusosissa. Koko rakennusta koskevissa tarkasteluissa otetaan huomioon kaikki energiankulutukseen vaikuttavat keskeiset osatekijät kuten lämmitystavat, ilmanvaihto ja käyttöveden lämmitys yleisellä tasolla. Tarvittavissa kohdissa energiankulutusta havainnollistetaan laskuesimerkeillä ja taulukoilla.

4.8 Rakennusmateriaalien ja -tuotteiden rakennusfysikaaliset ominaisuudet

Luvussa 8 esitellään lyhyesti eri rakennusmateriaalien ja -tuotteiden käyttötarkoitus, asennustavat, tavallisimmat tuotetyypit ja niiden ominaisuudet karkealla tasolla. Tarkasteltavat materiaaliryhmät ovat:

- Katemateriaalit
- Aluskatteet
- Vedeneristeet
- Höyrynsulut
- Ilmansulut
- Tuulensuojat
- Lämmöneristeet
- Runkoaineet
- Sisälevyt
- Rappaukset ja tasoitteet
- Maalit, lakat ja pohjusteet
- Saumanauhat, tiivistysmassat ja kitit

- Ikkunat
- Ovet
- Erikoismateriaalit

Materiaalien kuvauksia varten kerätään informaatiota sekä kirjallisuudesta että materiaalivalmistajilta. Tarkemmat rakennusfysikaaliset materiaaliominaisuudet esitetään käsikirjan liitteissä olevissa taulukoissa.

4.9 Rakenneratkaisujen rakennusfysikaalinen toiminta

Luvussa 9 käydään läpi erilaisten rakenteiden suunnittelua ja toteutusta rakennusfysikaaliselta kannalta katsottuna. Tarkasteltavia asioita ovat:

- Yleiset suunnitteluperiaatteet
- Yläpohjat ja vesikatot
- Välipohjat
- Ulkoseinät
- Alapohjat ja maanvastaiset rakenteet
- Märkätilojen rakenteet
- Ikkunat ja ovet
- Erikoistilojen rakenteet
- Rakennusaikainen kosteuden hallinta

Luvussa kuvataan tavanomaisimpien rakenneratkaisujen lisäksi niiden toteutustavat ja perustellaan rakenneratkaisut rakennusfysikaalisen toiminnan kannalta. Luvussa kuvataan myös tyypilliset rakennusvirheet ja vauriomekanismien syntytavat. Tarpeen vaatiessa otetaan huomioon myös mm. ilmanvaihdon ja akustiikan asettamat vaatimukset. Tarvittavissa kohdissa rakenteiden toimintaa havainnollistetaan laskuesimerkeillä ja taulukoilla.

4.10 Rakennusfysikaaliset mittaukset ja kuntotutkimukset

Rakennusfysikaalisia mittauksia ja kuntotutkimuksia käsittelevässä luvussa käsitellään seuraavia asioita:

- Rakennusfysikaalisten suureiden mittaukset
- Materiaaliominaisuuksien mittaukset
- Rakenteiden mittaukset
- Rakennusten mittaukset
- Rakennusten kuntotutkimukset

Mittausmenetelmien yhteydessä mainitaan myös niihin liittyvät EN- ISO- ja SFS-standardit. Kattavat listat rakennusfysiikkaan liittyvistä eurooppalaisista testaus- ja laskentastandardeista esitetään käsikirjan liitteissä.

5. Yhteenveto

Tampereen teknillisen yliopiston Rakennustekniikan laitoksella on parhaillaan käynnissä uuden rakennusfysiikan käsikirjan toteutustyö. Käsikirjan pääluvut ovat:

1. Johdanto
2. Rakennusfysikaalinen suunnittelu
3. Rakennuksen sisä- ja ulkoympäristö
4. Lämpö ja lämmön siirtyminen
5. Ilma ja ilman virtaus
6. Kosteus ja kosteuden siirtyminen
7. Rakennuksen energiatehokkuus
8. Rakennusmateriaalien ja tuotteiden rakennusfysikaaliset ominaisuudet
9. Rakenneratkaisujen rakennusfysikaalinen toiminta
10. Rakennusfysikaaliset mittaukset ja kuntotutkimukset

Kirjan teoreettinen tason ja sisällön on tarkoitus vastata rakennusfysiikan AA-vaativuusluokan suunnittelun pätevyyden tasoa. Kirja täyttää myös A-vaativuusluokan pätevyyden tarpeet. Kirjaa voidaan käyttää myös täydennyskoulutuksessa. Käsikirjan toteutus alkoi v. 2008 ja tavoitteena on saada se valmiiksi v. 2010 lopussa.

Lähdeluettelo

[1] RIL 155. 1984. Lämmön- ja kosteudeneristys. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. 389 s.

[2] Nevander, L.E. & Elmarsson, B. 1994. Fukthandbok, Praktik och teori. 2nd ed. Stockholm, AB Svensk Byggtjänst. 538 p.

[3] Hagentoft, C.-E. 2001. Introduction to Building Physics. Lund, Studentlitteratur. 422 p.

[4] Hens, H. 2007. Building Physics – Heat, Air ad Moisture, Fundamentals and Engineering Methods with Examples and Exercises. Ernst & Sohn. 270 p.