

Energiakortti rakennushankkeen energiavoitteiden asettamisessa ja todentamisessa

Olli Teriö¹, Juhani Heljo¹, Sakari Uusitalo² ja Pirkko Pihlajamaa²

¹ Tampereen teknillinen yliopisto, rakennustekniikka

² Tampereen ammattikorkeakoulu

Tiivistelmä

Rakennusten energiatehokkuuden tavoitteiden käytännönläheiseen selkeyttämiseen ja energiatehokkaan käytön varmistamiseen on kehitetty energiakortti. Siihen kerätään energiatehokkuutta koskevat avainluvut. Korttiin kirjataan myös tunnuslukuja, jotka kuvaavat osakokonaisuuksien energian käyttöä. Rakennuksen käyttöönoton jälkeen energiakorttia voidaan hyödyntää tavoitteiden toteutumisen arvioinnissa. Arvioinnissa verrataan rakennuksen todellista energian kulutusta laskennalliseen energian kulutukseen. Tehotarkastelulla saadaan nopeasti ymmärrys todellisesta toimivuudesta ja energiatehokkuudesta sekä suuntaa antavia syitä mahdollisiin kulutuspoikkeamiin.

1. Johdanto

Rakennushankkeissa on tunnetusti kaksi kipupistettä eli tilaajan tavoitteiden selkeä esittäminen ja hankkeen käyttöönottovaiheessa rakennuksen käytön aloittaminen tilaajan tavoitteiden mukaisesti. Kun tilaajan energiatehokkuustavoitteet esitetään numeerisesti, niin voidaan olettaa, että tavoitteet ovat myös selkeitä. Käyttöönoton jälkeen tilaaja voi tarkistaa Combi-hankkeessa kehitetyn [1] kortin avulla, onko saanut sitä, mitä on tilannut? Kortti-idea on esitelty lukuisissa tilaisuuksissa ja siihen on suhtauduttu hyvin positiivisesti.

Energiakortin tarkoituksena on selkeyttää rakennushankkeen tavoiteasetantaa energiatehokkuuden ja hyvän sisäilman aikaan saamiseksi. Korttiin kirjataan numeeriset tavoitteet energiatehokkuuden avainluvuille. Osa numeerisista tavoitteista syntyy rakennushankkeeseen ryhtyvän päätöksistä ja osa suunnittelun yhteydessä laadittavista laskelmista, jotka rakennuttajan tulee kuitenkin tarkistaa ja hyväksyä. Kortti otetaan käyttöön rakennuttajan toimesta hankesuunnitteluvaiheessa ja sitä täydennetään päätösten ja suunnittelun etenemisen myötä. Näin korttiin tulee johdonmukaisesti ja yksiselitteisesti kirjattua ylös energiatehokkuuteen liittyvät tavoitteet ja valinnat. Rakennuksen käyttöönoton jälkeen kortissa esitetyt tavoitteet todennetaan esimerkiksi TAPRE-periaatteiden mukaisessa toimivuustarkastuksessa [2].

2. Energiatehokkuustavoitteiden asettaminen ja dokumentointi

Energiakortissa esitetään kohteen perustietojen lisäksi lämmityksen, ilmanvaihdon ja sähkönkäytön tavoitteet tarkoituksenmukaisesti eriteltynä sekä lämpökuormat. Lämpökuormilla ja niiden hyödyntämisellä on suuri suhteellinen merkitys energiatehokkaissa rakennuksissa. Toimivuustarkastelua varten kortin laskentataulukolla voidaan määrittää tavoitteita vastaava tarkasteluhetken säätötilan mukainen tehotieto, jolloin tarkastelussa saadaan välittömästi käsitys rakennuksen todellisesta energiatehokkuudesta. Lisäksi kortissa esitetään tunnuslukuja, joilla mahdollisten poikkeamien syitä voidaan alustavasti kartoittaa.

Energiakortin vahvuuksia ovat yksiselitteiset numeeriset tavoiteluvut, joiden laskentaperusteet esitetään laskentataulukon kommenttikentissä. Kun laskentaperiaatteet ja käytettävät yksiköt ovat vakioituja, saadaan yksittäisten hankkeiden suunnittelulle selkeät lähtökohdat. Ajan myötä tiedon kumuloituessa voidaan vertailta myös hankkeiden välillä energiatehokkuuden ja sisäilman laadun toteutumia.

Energiakortin sisällön määrä on pyritty pitämään mahdollisimman vähäisenä, mutta kuitenkin ohjaavana. Suurin hyöty kortin käytöstä saadaan, kun kortin jaottelut otetaan huomioon sähköjakelun ryhmittelyssä, sähkön ja energian mittaroinnissa sekä automaatiosta saatavan trendiseurannan jäsentämisessä ja hälytysten suunnittelussa. Energiakortti on apuna tilaajan asettaessa suunnitteluohjeita automaatiojärjestelmälle. Kiinteistöjen energiamittauksen suunnittelussa energiakortin jaottelua voidaan pitää minimiä.

Combi-hankkeessa tehdyssä case-tutkimuksessa käytiin erään päiväkodin suunnitteluasiakirjat läpi energiaan liittyvien kirjausten osalta. Jälkikäteen esimerkiksi suunnittelukokouspöytäkirjoja lukemalla ei ollut mahdollista tietää mitä hankkeessa oli tavoiteltu. Esimerkiksi kirjaus, että lämmön talteenoton hyötysuhteen tavoitteena on yli 70 prosenttia ei kerro lukijalle oikeastaan mitään. Tarkoitetaanko sillä lämpötilahyötysuhdetta vai vuosihyötysuhdetta? Entä tarkoitetaanko sillä yksittäisten koneiden hyötysuhteita vai ilmanvaihtojärjestelmän kokonaishyötysuhdetta? Entä kuinka huomioidaan useat erillispoistot, joissa lämmön talteenottoa ei ole. Samaa epämääräisyyttä on simulointien tulkinnassa. Mitä ja miten on simuloitu. Lisämausteen kirjauksille antaa se, että muutaman vuoden suunnittelu- ja toteutusaikana viranomaismääräykset ehtivät muuttua kahteen kertaan ja samalla laskentaperusteita ja termejä vaihdetaan uusiin. Projektien osapuolilla on suuri työ pysyä termien sisällöstä ajan tasalla. Termien ymmärtäminen on välttämätöntä, jotta kaikki tietävät mitä tavoitellaan.

3. Energiatehokkuustavoitteiden todentaminen

Case-kohteessa testattiin energiakorttia toimivuustarkastelussa, vaikka tavoitteet eivät olleetkaan selkeitä. toimivuustarkastus suoritettiin helmikuussa, kun ulkoilman lämpötila oli 1,2 astetta ja päivä oli pilvinen, joten auringon säteilyn merkitystä ei tarvinnut tai ei voitu ottaa huomioon. Päiväkodin sisälämpötila oli hieman suunniteltua 21 astetta korkeampi eli 22,5 astetta. Laskennallisesti päiväkodin tehontarpeen olisi pitänyt olla 41 kW, mutta ostoenergiaa kuitenkin kului 56 kWh tunnissa eli keskimääräinen tehon tarve oli 56 kW, ylitys 36%. Suurin yksittäinen syy ylitykseen olivat pihan sekä vesikourujen, syöksytorvien ja sadevesikivojen sulanapitolämmitykset (7-8kW). Niitä ei tarvitse huomioida energiaselvityksessä eikä simuloinneissa, mikä saattaa unohtua ja aiheuttaa epäselvyyttä tulosten tulkintaan. Taloautomaatiosta saadun informaation mukaan kaikkien ilmanvaihtokoneiden lämpötilahyötysuhde oli alle 70%. Lisäksi erillispoistojen kautta ilmaa poistettiin lämmön talteenoton ohi. Koko ilmanvaihdon lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhde jäi siten noin 55 prosenttiin. Päiväkodissa kokonaisilmanvaihto oli tarkasteluhetkellä noin 43 litraa henkilö kohden sekunnissa, kun teoreettinen minimi olisi 6 litraa. Se kertoo siitä, että ilmaa vaihdetaan runsaasti sielläkin, missä vähempikin riittäisi.

Taulukko 1. Energiakortti.

Combi energiakortti - toimivuuden tarkastelu				
Perustiedot	Kohde	5 ryhmän päiväkoti, Tampere		
	Rakennustyyppi	Päiväkoti		
	Tilavuus (RH1-lomake)	6450	m ³	
	Rakennuksen kokonaisala	1603	m ²	
	Lämmin nettoala A _{netto}	1456	m ²	
	Sisäilmaluokka	S2		
		Suunniteltu	Toteutunut	Yksikkö
Lämmitys ja ilmanvaihto	Ilmanvaihto, poistoilmavirta	3,7	3,5	m ³ /s
	Ilmanvaihto, erillispoistojen ilmavirta		0,8	m ³ /s
	Lämmitysteho, ilmanvaihto	28,3	42,9	kW
	Vaipan ominaislämpöhäviö kerroin	0,416	0,416	kW/K
	Vaipan lämmön kulutus	8,2	8,9	kW
	Vaippa + Ilmanvaihto	36,6	51,7	kW
	Lämmin käyttövesi		6	kW
Sähkön käyttö	Ilmanvaihtokoneiden sähköteho	5	5	kW
	Sulanapitolämmitykset (kulkutiet, vesikourut, sadevesikaivot)	7	7	kW
	Erillispoistojen sähköteho	1	1	kW
	Lämmönkehitys ja lämmönjakelu (kiertovesipumput yms)	1	1	kW
	Valaistus (suunniteltu = max)	15,17	11,4	kW
	Keittikoneet ja muut tuotantolaitteet	5	5	kW
	Jäähdytys			
	Pohjateho kW			kW
	Sähkö yhteensä	34,2	30,4	kW
Lämpökuormat	Lämpökuorma ihmisistä	9	6	kW
	Kiinteistöenergia	3	4,8	kW
	Valaistus	10,6	8,0	kW
	Auringon säteily ikkunoista		0	kW
	Sähkölaitteet			kW
	Ilmaisenergia yhteensä	22,6	18,8	kW
Yhteenveto	Laskennallinen ostoenergian teho	48,1	63,3	kW
	Kaukolämpö - teho mitattu (tuntikesiarvo)		30	kW
	Sähkö - teho mitattu (tuntikesiarvo)		30	kW
	Mitattu teho yhteensä	48,1	60	kW
Toimivuuden tarkastelu	Toimivuuden tarkastelu PVM	25.2.2016		
	Ulkolämpötila	1,2	1,2	°C
	Sisälämpötila, lämmityskausi	21	22,5	°C
	Lämpötilaero suunniteltu	19,8	21,3	°C
	Henkilömäärä	120	80	
	Lämpökuorma ihmiset	9	6	kW
	Valaistuksen käyttöaste %	100	75	%
	Ilmatiiveysluku		0,34	1/h
	LTO vuosihyötysuhde poistoilmavirrasta	70	55,0	%
Tunnusluvut		Suunniteltu	Toteutunut	Tot / Suun %
Tunnusluvut	Energian hankinta W/m ²	33,1	41,2	125 %
	Kokonaisilmanvaihto l/hlö/s	30,8	43,4	141 %
	IV-kerroin	2,1	1,9	94 %
	Vaipan lämpöhäviö	8,2	8,9	108 %
	Lämpökuorma / lämmitystarve	62 %	36 %	59 %
	Ilmanvaihto / lämmin nettopinta-ala [l/s/m ²]	2,5	2,4	94 %
	Tilatehokkuus (Hyötയാ/hlö)	12,1	18,2	150 %
	Käyttöaste hlö/hlö	120/80	80/80	67 %
	SFP-luku	1,6	1,7	
	Muut E-lukuun kuulumattomat [kW] (sulanapidot, käyttösähkö, ulkovalot, autolämm, keittiö, tuotanto,...)		8	
	Ilman lämmityksen osuus koko lämmitystarpeesta	77 %	83 %	107 %
	Sähköteho / hyötയാ W/M ²	23,5	20,9	89 %
	Käyttötehokkuus kW/hlö/h			

Päiväkodin energian kulutusta oli simuloitu useaan kertaan eri suunnitteluvaiheissa. Niiden mukaan vuosikulutuksen olisi pitänyt olla noin 90 kWh/m². (Energiaselvitysten E-luku oli 73, ET luku 84). Kuitenkin vuosittaiset energian kulutukset olivat noin 200 kWh/m²/a ensimmäisenä vuonna, mikä on ymmärrettävää uuden rakennuksen tehostetun tuuletuksen vuoksi, mutta sen jälkeenkin kulutukset olivat vielä 150-160 kWh vuosittain. Toimivuustarkastuksessa hyödynnettiin myös taloautomaatiosta saatavia trendiseurantoja. Ne kertoivat, että lämmitystä tarvittiin melko paljon myös hyvin aikaisin aamuyöstä ja lämmitys jatkui pitkälle iltaan asti (kello 03-21). Se on selkeästi enemmän kuin mitä standardikäytössä oletetaan. Koska rakennuksen vaippa ja ikkunat olivat suunniteltu passiivitasoon, suurin selitys odotettua suuremmalle energian käytölle olivat runsas ilmanvaihto ja lämmön talteenottoon liittyvät puutteet. Tähän johtopäätökseen tultiin analysoimalla puolenpäivän mittaisen toimivuustarkastuskäynnin tulokset sekä kulutusseurannasta ja taloautomaatiosta saatu informaatio.

4. Yhteenveto

Kitkaton yhteistyö rakennushankkeissa edellyttää, että kaikilla osapuolilla on selkeä ja yhtenäinen näkemys hankkeen tavoitteista. Kuitenkin hankkeissa syntyy usein väärinkäsityksiä ja informaatiokatkoksia. Energiatehokkuuden tavoitteiden selkeyttämiseen on kehitetty energiakortti, johon kirjataan tilaajan tavoitteet ja suunnittelun edetessä syntyvät lämmitykseen, ilmanvaihtoon, sähkön käyttöön ja lämpökuormiin liittyvät avainluvut. Jo pelkän kortin täyttäminen tuo rakennushankkeisiin ryhtiä, mutta täysimääräinen hyödyntäminen vaatii asian käsittelyä energia- ja olosuhdemittausten suunnittelussa sekä taloautomaation raporttien laadinnassa. Lopullisen tavoitteen pitää olla se, että tilaajan tavoitteiden toteutumisesta saadaan toteumaraportti suoraan taloautomaatiosta.

Rakennuksen käyttöönoton jälkeen korttia voidaan hyödyntää energiaterohkuuden tavoitteiden saavuttamisen todentamiseen. Korttien luvuista lasketaan taulukkolaskentaohjelmalla laskennallinen tavoitteiden mukainen kulutus osa-alueittain todentamishetken ulko- ja sisälämpötilalle. Tämän jälkeen todentamishetken todelliset energiankulutukset selvitetään kulutusmittareista, taloautomaation raporteista ja/tai mittaamalla kohteessa. Vertaamalla todellista kulutusta laskennalliseen, saadaan nopeasti varmuus siitä, onko rakennuksen suunnittelussa, toteutuksessa ja käyttöönotossa onnistuttu saavuttamaan energiaterohkuuden tavoitteet. Todentaminen tulee tehdä luonnollisesti kylmänä vuodenaikana.

Lähdeluettelo

- [1] COMBI – Comprehensive development of nearly zero-energy municipal service buildings. saatavilla:
<http://www.tut.fi/fi/tutkimus/tutkimusalat/rakennustekniikka/rakennetekniikka/rakennusfysiikka/combi/index.htm>
- [2] Tampereen kaupunki. Rakennuksen (talotekniikan) toimivuustarkastelu. saatavilla:
www.tampere.fi/tilakeskus/material/uusikansio/9jA2b76cA/Ohje_07_Toimivuustarkastelu.pdf