

RAKENNUSTEN LÄMMITYKSEN TEHON- JA ENERGIANTARPEEN LASKENTA Ohjeet 1985

Nämä ohjeet kuuluvat Suomen rakentamismääräyskokoelmaan, josta on määrätty sisäasiainministeriön päätöksellä (867/75). Ohjeet tulevat voimaan 1 päivänä tammikuuta 1985. Ohjeet liittyvät rakennusten energiataloudesta annettuihin määräyksiin ja koskevat rakentamistoimenpidettä, johon on haettu lupaa mainittuna päivänä tai sen jälkeen.

Helsingissä 20 päivänä tammikuuta 1984

Osastopäällikkö Ylijohtaja Olavi Syrjänen

Yli-insinööri Esko Mononen

SISÄLLYS

1. Yleistä

- 1.1 Soveltamisalue
- 1.2 Määritelmiä
- 1.3 Merkintöjä

2. Tehontarpeen laskenta

- 2.1 Huoneen ja rakennuksen lämmitystehontarve
- 2.2 Johtumisteho rakenteiden läpi
- 2.3 Johtumisteho maahan
- 2.4 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho
- 2.5 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho
- 2.6 Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho

3. Energiantarpeen laskenta

- 3.1 Rakennuksen lämmitysenergian tarve
- 3.2 Rakenteiden läpi johtuva energia
- 3.3 Maahan johtuva energia
- 3.4 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia
- 3.5 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia
- 3.6 Käyttöveden lämmityksen tarvitsema energia
- 3.7 Sisäisistä lämmönlähteistä ja auringon säteilystä hyödynnettävä energia

LIITE Tehontarpeen ja energiantarpeen laskennassa käytettävät säätiedot

1. Yleistä

1.1 Soveltamisala

Rakennusten lämmityksen tehontarpeen laskentaohjetta sovelletaan lämmitysjärjestelmien ja -laitteiden mitoituksessa.

Rakennusten lämmityksen energiantarpeen laskentaohjetta sovelletaan rakennuksissa, joissa rakennuksen koko ja teknilliset järjestelmät huomioon ottaen energiatalousmääräysten toteutuminen pitää laskelmin selvittää.

1.2 Määritelmiä

Palautuslämmitys (tehontarve, -aika jne):

Jaksollisessa tai osa-aikaisessa lämmityksessä alennetun lämpötilan nostamiseksi normaaliin käyttölämpötilaan tarvittava lämmitys.

Rakennuksen kokonaisilmanvaihtuvuus:

Rakennuksessa laskentaolosuhteissa vallitseva ilmanvaihdon ilmavirtojen ja vuotoilmavirtojen summa jaettu rakennuksen tilavuudella ($r\text{-m}^3$, RT 120.12). Ilmanvaihtuvuus ilmoitetaan yhden tunnin jaksoa kohden.

Lämmöntalteenoton hyötysuhde:

$$\text{Lämpötilahyötysuhde } \epsilon = \frac{T_2 - T_1}{T_3 - T_1}$$

jossa T_1 Tuloilman lämpötila ennen lämmönsiirrintä, °C
 T_2 Tuloilman lämpötila lämmönsiirtimeen jälkeen, °C
 T_3 Poistoilman lämpötila ennen lämmönsiirrintä, °C

Astepäiväluku:

Tässä laskentaohjeessa käytettävät astepäiväluvut (S) on määritetty seuraavasti:

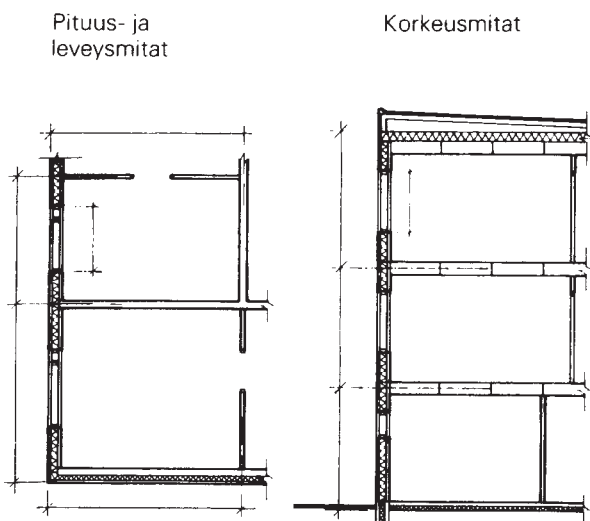
$$S = \sum (T_S - T_U) \Delta t$$

jossa

T_S sisälämpötila, °C
 T_U ulkolämpötilan vuorokauden keskiarvo, °C
 Δt laskenta-aikajakso, yksi vuorokausi

Rakennusosien pinta-alojen mittaus:

Pinta-alojen laskemisessa tarvittavien mittojen mittaus-säännöt on esitetty oheisissa leikkauksissa. Eräiden rakennusosien kohdalla on vielä esitetty tarkempi määrittely pinta-alojen laskemiseksi.



Alapohjat:

Alapohjan pinta-ala lasketaan ulkomittojen mukaan aukkojen ja rakenteiden aloja vähentämättä.

Yläpohjat:

Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien ulkomittojen mukaisesti porras- ym. aukkoja vähentämättä.

Välipohjat:

Välipohjien pinta-ala lasketaan ulkoseinien ulkomittojen mukaisesti porras- ym. aukkoja vähentämättä.

Ulkoseinät:

Ulkoseinien pinta-ala lasketaan ulkomittojen mukaisesti alimman lattiapinnan lämmöneristyskerroksen alapinnasta yläpohjan lämmöneristyskerroksen yläpintaan ikkunoiden ja ovien aukkojen pinta-alat vähentäen.

Ikkunat ja ovet:

Ikkunoiden ja ovien pinta-alat lasketaan liittymismittojen (karmin ulkomittojen) mukaisesti.

1.3 Merkintöjä

A	Kyseisen rakennusosan pinta-ala	m ²
A _{ikk}	Ikkunoiden pinta-ala	m ²
c _{pi}	Ilman ominaislämpö	kJ/kgK

c _{pv}	Veden ominaislämpö	kJ/kgK
C _{rak}	Ikkunan rakenteen huomioonottava kerroin	
C _{var}	Ympäristön varjostuksen huomioonottava kerroin	
k	Lämmönläpäisykerroin	W/m ² K
n _v	Vuotoilmanvaihtuvuus, kertaa tunnissa 1/h	
Q	Lämmitysenergiantarve	kWh
Q _{aur}	Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia	kWh
Q _{hlö}	Henkilöiden luovuttama lämpöenergia	kWh
Q _{iv}	Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia	kWh
Q _{joht}	Rakenteiden läpi johtuva energia	kWh
Q _{joht.maa}	Maahan johtuva energia	kWh
Q _{lto}	Lämmöntalteenottolaitteistolla talteen otettava ja hyödynnettävä energia	kWh
Q _{lv}	Käyttöveden lämmityksen tarvitsema energia	kWh
Q _{lv hyöty}	Lämpimän käyttöveden laitteista vapautuva lämpöenergia	kWh
Q _s	Sisäistä lämmönlähteistä ja auringon säteilyä hyödynnettävä energia	kWh
Q _{säh}	Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva energia	kWh
Q _{vuotoiv}	Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia	kWh
q _m	Johtumisenergia maahan lattian pinta-alayksikköä kohden	kWh/m ²
q _{vaakat}	Vaakatasolle osuva auringon säteilyenergia	kWh/m ²
r	Astepäiväluvun muuntokerroin, jolla otetaan huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautinen käyntiaika	
S	Laskentajakson astepäiväluku	Kd
T _{kv}	Kylmän veden lämpötila	°C
T _{lv}	Lämpimän veden lämpötila	°C
T _s	Sisälämpötila	°C
T _u	Ulkolämpötila	°C
t	Ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen h/24h vuorokautinen käyntiaikasuhde	
t _v	Ilmanvaihtolaitoksen viikottainen käyntiaikasuhde	vrk/7 vrk
V	Rakennustilavuus (RT 120.12)	m ³
V _{iv}	Ilmanvaihdon ilmavirta	m ³ /s
V _{lv mit}	Lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaama	m ³ /s
V _{vuoto}	Vuotoilmanvirta	m ³ /s
η	Lämmöntuoton hyötysuhde laskentajaksolle	
η _m	Lämmöntuoton hyötysuhde mitoitus-tilanteessa	
η _r	Ideaalinen sisäisten energioiden hyväksikäyttöaste	
η _s	Kerroin, joka ottaa huomioon säätöjärjestelmän vaikutuksen energioiden hyväksikäyttöasteeseen	
ρ _i	Ilman tiheys	kg/m ³
ρ _v	Veden tiheys	kg/m ³
ø	Lämmitystehontarve	kW
ø _{iv}	Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho	kW
ø _{ivlto}	Poistoilmasta lämmöntalteenotto-laitteilla hyödynnettävissä oleva teho	kW
ø _{joht}	Johtumisteho rakenteiden läpi	kW
ø _{joht.maa}	Johtumisteho maahan	kW
ø _{lv}	Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho	kW
ø _{vuotoiv}	Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho	kW
τ	Ikkunan energiatekninen läpäisyuhde	
ε	Lämmöntalteenoton lämpötilahyötysuhde	

2. Tehontarpeen laskenta

2.1 Huoneen ja rakennuksen lämmitystehontarve

Tehontarvelaskelmat suoritetaan ensisijassa huonekohtaisesti, jolloin voidaan valita huonekohtaiset lämmityslaitteet tai yleensä laskea huoneessa tarvittava lämmitysteho.

Tällöin on huomattava, että johtuminen ja ilmavuodot aiheuttavat tehontarvetta jokaisessa huoneessa. Sen sijaan ilmanvaihtoilman tarvitsema lämmitysteho voidaan laskea huonekohtaisesti tai keskitetysti. Jos ilmanvaihtoon tarvittava ulkoilma tuodaan huonetiloihin lämmittämättömänä, on sen tarvitsema teho otettava huomioon huonekohtaisten lämmityslaitteiden mitoituksessa. Jos ilmanvaihtoon tarvittava ulkoilma tuodaan huonetiloihin koneellisesti, sen tarvitsema teho otetaan huomioon ilmanvaihtokojeen mitoituksessa.

Joissakin erityistapauksissa, kuten kaksoisvaippaseinissä ja poistoilmaikkunassa osa johtumistehontarpeesta korvataan poistoilman jäähtymisellä. Näissä tapauksissa on laskelmat suoritettava ko. järjestelmän vaatimalla erityistavalla.

Rakennuksen kokonaislämmitystehontarve saadaan huonekohtaisten samanaikaisten lämmitystehontarpeiden summana, johon lisätään ilmanvaihtojärjestelmästä riippuen mahdollisen tuloilman lämmitystehontarve. Tähän on vielä lisättävä lämpimän käyttöveden lämmityksen samanaikainen tehontarve, jotta saadaan tarvittava koko rakennuksen lämmitystehontarve.

Lämmöntuottolaitteistot voidaan mitoittaa lasketusta lämmitystehontarpeesta poikkeavasti. Esimerkiksi varaavissa järjestelmissä varaajaan voidaan tuoda vuorokautinen energia muutamassa tunnissa. Teho on tällöin moninkertainen jatkuvaan lämmitystehontarpeeseen nähden. Vastaavasti lämpimän käyttöveden suuret hetkittäiset tehohiiput otetaan varaajasta ja varaaja lämmitetään hitaasti pienellä teholla uutta käyttöä varten.

Laitteiden lämmitystehontarpeeseen voidaan vaikuttaa myös tinkimällä vaatimustasosta, esimerkiksi pienentämällä ilmanvaihtoa kylmimpien pakkasjaksojen aikana (ks. kuva 1).

Jaksollisessa ja osa-aikaisessa lämmityksessä käytettävien laitteiden mitoitus riippuu voimakkaasti palautuslämmityksen aikaisesta tehontarpeesta, johon vaikuttavat palautuslämmitysaika, rakenteiden massiivisuus, lämpötilan sallittu lasku ja lämmitysjakson pituus. Mitoitamalla palautuslämmitysaika oikein, ei palautuslämmityskään välttämättä johda lämmityslaitteiden tehon kasvun.

Lämmitystehontarve lasketaan sekä huonekohtaisesti että rakennuskohtaisesti kaavan (1) avulla. Huonekohtaista tehontarvetta laskettaessa ei lämpimän käyttöveden osuutta kuitenkaan yleensä tarvita kuten ei lämmöntuoton hyötysuhdettakaan.

$$\phi = (\phi_{\text{joht}} + \phi_{\text{joht.maa}} + \phi_{\text{iv}} + \phi_{\text{vuotoiv}} + \phi_{\text{iv}}) / \eta_m \quad (1)$$

jossa	ϕ	lämmitystehontarve, kW
	ϕ_{joht}	johtumisteho rakenteiden läpi ulkoilmaan ja viereisiin erillämpöisiin tiloihin, kW
	$\phi_{\text{joht.maa}}$	johtumisteho maahan, kW

ϕ_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, kW
ϕ_{vuotoiv}	vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, kW
ϕ_{iv}	lämpimän käyttöveden valmistuksen tehontarve, kW
η_m	lämmöntuoton hyötysuhde mitoitustilanteessa

Sisäisten lämmönlähteiden vaikutus tehomitointukseen on yleensä melko vähäinen ja ne on syytä ottaa huomioon vain niiden ollessa todella huomattavat ja käytön ollessa jatkuvaa.

2.2 Johtumisteho rakenteiden läpi

Johtumisteho on ulkoseinien, ikkunoiden, ovien, yläpohjien ja alapohjien johtumistehojen summa.

Johtumisteho lasketaan kaavan (2) avulla.

$$\phi_{\text{joht}} = \Sigma (k \cdot A \cdot (T_s - T_u)) \quad (2)$$

jossa	ϕ_{joht}	johtumisteho, W
	k	kunkin rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/m ² K
	A	kunkin rakennusosan pinta-ala, m ²
	T _s	sisälämpötila, °C
	T _u	ulkolämpötila, °C

Lämmönläpäisykerroimet lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan C4 mukaisesti. Pinta-alojen mittaus ja laskentatavat on esitetty ohjeen alussa "Määritelmiä"-osassa.

Mitoitustilanteen ulkolämpötila valitaan rakennuksen sijaintipaikan mukaan liitteen säätietotaulukon avulla.

Johtumisteho alapohjan läpi voidaan laskea kaavan (2) avulla, jos lämmönjohtuminen alapohjasta tapahtuu pääasiassa ulkoilmaan. Jos ilman lämpötila alapohjan alla on jatkuvasti sama kuin ulkoilman lämpötila, käytetään mitoituksessa tällöin tätä varsinaista ulkoilman lämpötilaa. Jos taas alapohjan alla oleva tila, ryömintätila, on osittain suljettu, esim. tuuletusaukkoja alle 1 % alapohjan pinta-alasta, ja sen alla oleva tila pysyy ulkoilmaa lämpimämpänä, voidaan kyseisen rakenteen lämmönläpäisykerrointa pienentää 20 %.

2.3 Johtumisteho maahan

Maahan johtuva teho voidaan laskea kaavan (2) avulla. Tällöin käytetään lämmönläpäisykerroimena C4:n mukaisesti laskettuja rakenteiden ja maaperän yhteenlaskettuja arvoja. Mitoittavana ulkolämpötilana käytetään vuotuisen keskilämpötilan arvoja lisätynä +2°C:lla. Pinta-ala määritellään välittömästi maan kanssa kosketuksissa olevan pinta-alan mukaan.

Huomattakoon, että yli 6 metrin päässä ulkoseinästä olevan lattianosan johtumistehoa maahan ei tarvitse ottaa huomioon.

Rakennuksissa, joissa ei ole kellaritiloja, voidaan johtumisteho maahan laskea myös yksinkertaisemmin käyttämällä taulukon 1 vakioarvoja, jolloin tulokset poikkeavat jonkin verran edellä esitetyn laskennan tuloksista. Taulukon käyttö edellyttää, että alapohjan lämmöneristyskerroksen lämmönläpäisykerroin on enintään 1 W/m²K.

Taulukko 1. Maavaraisen alapohjan johtumisteho kellarittomissa tiloissa

Sisälämpötila	Johtumisteho maahan
> 17°C	5 W/m ²
12°C – 17°C	4 W/m ²
5°C – 12°C	3 W/m ²

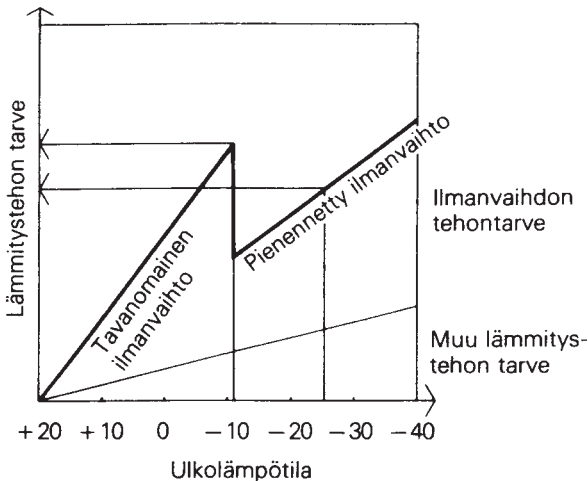
2.4 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho lasketaan kaavan (3) avulla.

$$\dot{\phi}_{iv} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot \dot{V}_{iv} \cdot (T_s - T_u) - \dot{\phi}_{ivlto} \quad (3)$$

jossa $\dot{\phi}_{iv}$ ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, kW
 ρ_i ilman tiheys 1,2 kg/m³
 c_{pi} ilman ominaislämpö 1,0 KJ/kgK
 \dot{V}_{iv} ilmanvaihdon ilmavirta, m³/s
 $\dot{\phi}_{ivlto}$ poistoilmasta lämmöntalteenotto-laitteilla hyödynnettävä teho, kW

Jos ilmavirtaa pienennetään huippupakkasten aikana (ks. RakMK:n osa D2), on suurimman kokonaistehon esiintymisulkolämpötila tarkistettava eri ilmavirtoja vastaavilla ulkolämpötiloilla kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Lämmitystehontarpeen riippuvuus ulkolämpötilasta, jos ilmavirtoja pienennetään pakkaskaudella.

Painovoimaisen ja koneellisen poiston ilmanvaihtojärjestelmässä tuloilma lämpenee sisälämpötilaan huoneessa. Ilman lämmitykseen tarvittava teho saadaan huoneen lämmityslaitteista, jotka on mitoitettava tämän mukaisesti.

Kun ilmanvaihtoon sisältyy myös koneellinen sisäänpuhallus lämmitetään tuloilma keskitetysti sisäänpuhalluslämpötilaan, joten huonekohtaisesti ei ilmanvaihdon aiheuttamaa lämmitystehontarvetta tarvitse laskea.

Jos tuloilmalla lämmitetään huonetiloja, on laitteistojen mitoitus suoritettava erikseen.

Lämmityslaitteistojen kokonaistehoa ei kuitenkaan tarvitse mitoittaa lyhytaikaisten poikkeustilanteiden, esim. pientaloissa liesituulettimen maksimipoiston mukaisesti.

Poistoilmasta lämmöntalteenottolaitteilla tuloilman lämmityksessä hyödynnettävä teho lasketaan ottamalla huomioon lämmöntalteenottolaitteiden hyötysuhde mitoitustilanteissa, sekä ilmavirtojen mahdolliset muutokset. Hyödyksi saatavat sähkötehot on myös otettava huomioon.

Jos poistoilman sisältämää lämpöä käytetään esim. lämpimän käyttöveden lämmityksessä tai jos poistoilman lämmöllä korvataan osa johtumistehoa, kuten esim. poistoilmaikkunassa, on laskelmat näiltä osin suoritettava erikseen.

2.5 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho lasketaan kaavan (4) avulla.

$$\dot{\phi}_{vuotoiv} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot \dot{V}_{vuoto} \cdot (T_s - T_u) \quad (4)$$

jossa $\dot{\phi}_{vuotoiv}$ vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho, kW
 ρ_i ilman tiheys, 1,2 kg/m³
 c_{pi} ilman ominaislämpö, 1,0 KJ/kgK

Vuotoilmavirta \dot{V}_{vuoto} lasketaan seuraavasti:

$$\dot{V}_{vuoto} = n_v \cdot V / 3600 \quad (5)$$

jossa n_v vuotoilman vaihtuvuus, kertaa tunnissa (1/h)
 V rakennustilavuus, m³ (RT 120.12)
 3600 laatumuunnoksesta tuleva termi, jotta vuoto olisi laadultaan, m³/s

Vuodon aiheuttamana ilmanvaihtuvuutena voidaan käyttää RakMK:n osan D2 mukaisesti arvoja 0,2 1/h tai 0,1 1/h riippuen siitä, ulottuvatko huoneistot läpi talon tai ei. Jos on perusteltua syytä olettaa rakennus poikkeuksellisen tiiviiksi tai epätiiviksi, on ilmanvaihtuvuus tällöin arvioitava erikseen. Maanalaisissa kellaritiloissa ja rakennuksen keskellä olevissa tiloissa ei ilmavuotoja tarvitse ottaa huomioon.

2.6 Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho ja se osuus tästä tehosta, joka vaikuttaa rakennuksen lämmitystehontarvetta lisäävästi, lasketaan seuraavasti: RakMK:n osan D1 mukaisesti määritetään rakennuskohtainen käyttöveden mitoitusvirtaama, jonka jälkeen sen avulla määritetään käyttöveden lämmityksen tehontarve, eli

$$\dot{Q}_{IV} = \rho_v \cdot c_{pv} \cdot \dot{V}_{IV\text{mit}} \cdot (T_{IV} - T_{kV}) \quad (6)$$

jossa	\dot{Q}_{IV}	käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho, kW
	ρ_v	veden tiheys, 1000 kg/m ³
	c_{pv}	veden ominaislämpö, 4,2 kJ/kgK
	$\dot{V}_{IV\text{mit}}$	mitoitusvirtaama, m ³ /s
	T_{IV}	lämpimän veden lämpötila, °C
	T_{kV}	kylmän veden lämpötila, °C

Ellei erityisesti perustelluista syistä ole tarvetta käyttää muita arvoja, käytetään lämpimän ja kylmän veden lämpötilaerona ($T_{IV} - T_{kV}$) arvoa 50°C.

Rakennuksen lämmöntuottolaitteiden mitoittamiseen vaikuttava käyttöveden lämmitystehontarve määritetään seuraavasti:

- Jos käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho on alle 20 % rakennuksen kokonaislämmitystehontarpeesta, ei sitä tarvitse ottaa lainkaan huomioon lämmöntuottolaitteiden mitoituksessa.
- Jos käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho on yli 20 % rakennuksen kokonaislämmitystehontarpeesta, eikä järjestelmän varauskyky ole riittävä, otetaan teho sellaisenaan huomioon lämmöntuottolaitteistoa mitoitettaessa.
- Jos käyttöveden lämmityksen tarvitsema teho on yli 20 % rakennuksen kokonaislämmitystehontarpeesta, mutta järjestelmän varauskyky on riittävä, otetaan käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta tehosta huomioon vain 20 %. Järjestelmän varauskykyä esim. pientaloissa voidaan pitää riittävänä, jos varaajan koko tai kattilan vesitilavuus on yli 150 l.
- Jos lämmitysjärjestelmä liitetään ulkopuoliseen energianjakeluverkkoon, käyttöveden lämmittämisen vaikutus liittymistehoon määritetään energian toimittajan ohjeiden mukaan.

3. Energiantarpeen laskenta

3.1 Rakennuksen lämmitysenergian tarve

Rakennuksen tai sen osan lämmitysenergian tarve voidaan laskea kuukautta, vuotta tai lämmityskautta kohti periaatteessa samalla tavalla seuraavien kaavojen mukaisesti. Tarkin ja luotettavin tulos saadaan laskemalla energiantarve kuukausittain ja laskemalla näistä yhteen vuotuinen tai lämmityskauden energiantarve.

Jos verrataan mitattua kulutusta laskettuun lämmitysenergian tarpeeseen tai eri vuosien kulutusta keskenään, voidaan laskelmat tehdä lehdistössä julkaistavien todellisten astepäivälukujen perusteella.

Rakennuksen lämmitysenergian tarve Q muodostuu seuraavasti:

$$Q = (Q_{\text{joht}} + Q_{\text{joht.maa}} + Q_{iv} + Q_{\text{vuotoiv}} + Q_{iv} - Q_s) / \eta \quad (7)$$

jossa	Q	lämmitysenergiatarve, kWh
	Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva energia, kWh
	$Q_{\text{joht.maa}}$	maahan johtuva energia, kWh
	Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
	Q_{vuotoiv}	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
	Q_{iv}	käyttöveden lämmityksen tarvitsema energia, kWh
	Q_s	sisäisistä lämmönlähteistä ja aurinkon säteilystä hyödynnettävä energia, kWh
	η	lämmöntuoton hyötysuhde laskentajaksolla

3.2 Rakenteiden läpi johtuva energia

Rakenteiden läpi johtuva energia lasketaan rakennusosakohtaisesti yhdistämällä seuraavasti:

$$Q_{\text{joht}} = \sum (k \cdot A \cdot 24S) / 1000 \quad (8)$$

jossa	Q_{joht}	rakenteiden läpi johtuva energia, kWh
	k	kunkin rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/m ² K
	A	kunkin rakennusosan pinta-ala, m ²
	S	paikkakunnan ko. jakson astepäiväluku, Kd
	24	kerroin, joka muuntaa astepäiväluvun astetunneiksi
	1000	kerroin, jolla suoritetaan laatu-muunnos kilowattitunneiksi.

Astepäiväluku saadaan alueittain liitteen taulukosta 4.

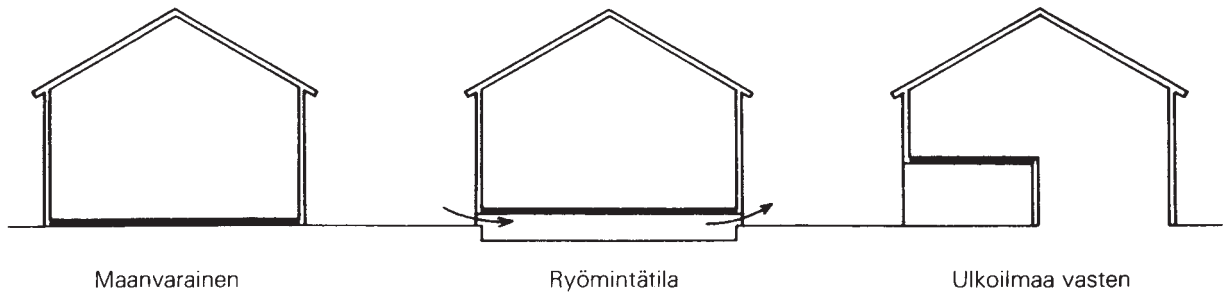
Jos alapohja on suoraan ulkoilmaa vasten, lasketaan sen johtumisenergia kaavan 8 mukaan. Jos alapohja rajoittuu tuuletettuun ryömintätilaan, lasketaan sen maahan johtuva energia kaavan 8 mukaan kuitenkin siten, että alapohjan k -arvoa pienennetään 20 %.

3.3 Maahan johtuva energia

Maavaraisten seinämien ja lattioiden kautta johtuva energia lasketaan kaavan 8 mukaisesti. On myös mahdollista käyttää seuraavaa yksinkertaistettua tapaa sillä edellytyksellä, että alapohjan lämmöneristyksen lämmönläpäisykerroin on enintään 1 W/m²K.

$$Q_{\text{joht.maa}} = q_M \cdot A \quad (9)$$

jossa	$Q_{\text{joht.maa}}$	maahan johtuva energia, kWh
	q_M	rakennuksen sisälämpötilasta riippuva maahan johtuva energia pinta-alayksikköä kohden taulukon 2 mukaisesti, kWh/m ² , jakso
	A	lattia- tai seinäpinta-alasta se osuus, joka vaikuttaa häviöiden suuruuteen, m ² (ks. kohta 2.3).



Kuva 2. Alapohjan erilaisia rakennetyyppejä

Taulukko 2. Maanvaraisen, määräysten mukaisesti eristetyn alapohjan kuukausittainen ja vuotuinen energiantarve, q_M (kWh/m²)

Sisälämpötila	Kuukausi												Vuosi
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
> 17°C	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0	2,5	2,0	1,0	0,5	0,5	1,0	2,0	23,0
12–17°C	1,4	1,8	2,2	2,2	2,2	1,8	1,4	0,8	0,3	0,3	0,8	1,4	16,6
5–12°C	0,8	1,1	1,3	1,3	1,3	1,1	0,8	0,3	–	–	0,3	0,5	8,8

3.4 Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia lasketaan seuraavasti:

$$Q_{iV} = q_i \cdot c_{pi} \cdot \dot{V}_{iV} \cdot t \cdot 24 \cdot S \cdot r \cdot t_v - Q_{lto} \quad (11)$$

jossa Q_{iV} ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
 q_i ilman tiheys, 1,2 kg/m³
 c_{pi} ilman ominaislämpö, 1,0 KJ/kgK
 \dot{V}_{iV} ilmanvaihdon ilmavirta, m³/s
 t ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
 S astepäiväluku, Kd
 t_v ilmanvaihtolaitoksen viikottainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
 Q_{lto} lämmöntalteenottolaitteistolla talteenotettava ja hyödynnettävä energia, kWh
 r kerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan (taulukko 3)
 24 kerroin, jolla muunnetaan astepäiväluku astetunneiksi

Kaavan (11) avulla voidaan energiantarve laskea vain silloin, kun on kyse lämmityksestä.

Jos ilmankäsittelyprosessiin sisältyy jäädytystä ja kostutusta, on energiantarve laskettava erikseen käyttäen kuukausi, tai mieluummin tiheämpään laskentajaksoja. Samoin lämmön talteenoton energialaskelmissa on otettava huomioon lämmöntalteenottolaitoksen hyötysuhde eri olosuhteissa.

Ilmavirta valitaan todellisten käyttöolosuhteiden ja RakMK:n osan D2 periaatteiden mukaan. Mikäli ilmavirrat lasketaan lähtien kokonaisilmanvaihtuvuudesta, on otettava huomioon, että rakennuksen lämmitettävä ilmatilavuus on pienempi kuin rakennuksen tilavuus (RT 120.12). Jos esimerkiksi ilmanvaihtuvuus on 0,5 l/h las-

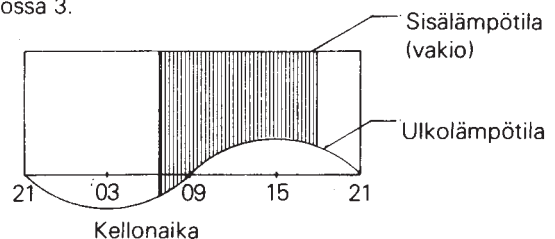
kettuna lämmitettyä ilmatilavuutta kohden, voidaan kokonaisilmanvaihtuvuutena käyttää arvoa 0,45 laskettuna rakennuksen tilavuutta kohden (RT 120.12).

Koneellisen ilmanvaihdon laitoksissa käyntiaikasuhde t valitaan todellisen käytön mukaan. Viikonloput ja muut seisokit otetaan huomioon kertoimella t_v . Esimerkiksi toimistoissa, joita käytetään vain viitenä vuorokautena viikosta, tulee t_v :lle arvo 5/7.

Kovilla pakkasilla on ilmanvaihtolaitoksissa mahdollisuus käyttää pienennettyjä ilmavirtoja. Tällöin ilmanvaihdon energiantarve on laskettava erikseen todellisten käyttöolosuhteiden perusteella ottaen huomioon vallitsevat ulkolämpötilat ja käytetyt todelliset ilmavirrat.

Painovoimaisen poiston ilmanvaihdon energiantarve lasketaan käyttäen lämmityskauden keskimääräisenä kokonaisvaihtuvuutena arvoa 0,45 vaihtoa tunnissa laskettuna rakennuksen tilavuutta kohden. Painovoimaisen ilmanvaihdon vuorokautinen käyttöaika on 24 tuntia eli käyntiaikasuhde t on 1.

Astepäiväluvut S vastaavat vuorokautista keskilämpötilaa. Jos käyttöaika osuu vain päiväajalle, on todellinen astepäiväluku pienempi. Tällöin astepäivälukua korjataan kertoimella r . Jos laskelmat suoritetaan vuosijaksolle, on $r = 1,00$ ympärivuorokautisessa käytössä, $r = 0,93$ päiväaikaisessa käytössä ja jos käyttö on vain yöaikaista, on $r = 1,07$. Kertoimen r tarkemmat arvot on esitetty taulukossa 3.



Kuva 3. Kertoimella r muunnetaan vuorokautinen astepäiväluku vastaamaan todellisen käyttöajan astepäivälukua.

Taulukko 3. Astepäiväluvun muuntokerroin r , kun ilmanvaihtolaitos on käynnissä vain päiväaikana (klo 08–17).

Kuu- kausi	Sisälämpötila (°C)					
	+25	+20	+15	+10	+5	±0
1	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
2	0,98	0,98	0,98	0,97	0,96	0,93
3	0,96	0,96	0,93	0,92	0,87	0,80
4	0,94	0,92	0,89	0,83	0,71	0,50
5	0,83	0,76	0,68	0,52	0,38	0,00
6	0,76	0,66	0,53	0,38	0,00	0,00
7	0,77	0,63	0,36	0,26	0,00	0,00
8	0,78	0,64	0,40	0,04	0,00	0,00
9	0,90	0,86	0,76	0,61	0,35	0,00
10	0,96	0,95	0,93	0,88	0,81	0,67
11	0,99	0,99	0,98	0,97	0,96	0,93
12	1,00	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Vuosi	0,94	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93

3.5 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia

Rakenteiden epätiiviyksien kautta virtaavan vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia on:

$$Q_{\text{vuotoiv}} = c_{pi} \cdot e_i \cdot n_v \cdot V \cdot 24S/3600 \quad (10)$$

jossa	Q_{vuotoiv}	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
	e_i	ilman tiheys, 1,2 kg/m ³
	c_{pi}	ilman ominaislämpö, 1,0 kJ/kgK
	n_v	vuotoilmanvaihtuvuus kertaa tunnissa, l/h
	V	rakennustilavuus, r-m ³ (RT 120.12)
	S	astepäiväluku, Kd
	24	kerroin, joka muuntaa astepäiväluvun astetunneiksi
	3600	kerroin, jolla vaihtuvuus l/h muunnetaan yksiköksi l/s

Tyhjillään olevan rakennuksen vuotoilmanvaihtuvuuskerroin n_v on 0,1 l/h ja käytössä olevan rakennuksen kerroin n_v on 0,2 l/h.

Vuotoilmanvaihto aiheutuu tuulen ja/tai lämpötilaerojen synnyttämistä paine-eroista. Vuodon suuruuteen vaikuttaa rakennustapa, ilmanvaihtojärjestelmä ja sen käyttö. Näiden avulla voidaan joissakin tapauksissa laskea vuotoilmanvaihtuvuudelle n_v tarkempia arvoja. Olemassa olevien rakennusten vuotoilmanvaihtuvuuden suuruutta voidaan myös jossain määrin arvioida mittaustietojen avulla.

3.6 Käyttöveden lämmityksen tarvitsema energia

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema energia riippuu ratkaisevasti rakennuksen käytönaikaisesta toiminnasta. Se voidaan arvioida suuruusluokaltaan taulukon 4 avulla, ellei perustellusti ole syytä käyttää muita arvoja. Jos käyttövesiverkostossa on kiertojohto, kerrotaan taulukon arvot luvulla 1,5, joka ottaa huomioon kiertojohtoverkoston aiheuttamat jatkuvat lämpöhäviöt.

Jos kiertojohtoverkostossa on pattereita (kylpyhuoneissa ja vastaavissa kohteissa), kerrotaan taulukon 4 arvot luvulla 2.

Taulukko 4. Lämpimän käyttöveden energiantarpeen talotyyppikohtaisia normaaliarvoja.

Rakennustyyppi	Q_{lv} , kWh/r-m ³ ,kk
Asuinpienitalot	0,4
Asuinkerrostalot	0,6
Toimistorakennukset	0,1
Koulut	0,1

3.7 Sisäisistä lämmönlähteistä ja auringon säteilystä hyödynnettävä energia

Rakennuksessa vapautuu siellä tapahtuvasta toiminnasta lämpöä, etenkin valaistuksesta ja ihmisistä. Samoin osa ikkunoista sisään tulevista auringon säteilyenergiasta voidaan hyödyntää rakennuksen lämmityksessä. Molempia voidaan hyödyntää vain sillä edellytyksellä, että samanaikaisesti esiintyy lämmitystarvetta ja että säätölaitteet vähentävät muun lämmön tuottoa vastaavalla määrällä. Nämä tekijät vähentävät rakennuksen lämmitysenergian tarvetta seuraavasti:

$$Q_s = \eta_s \cdot \eta_r \cdot (Q_{säh} + Q_{hlö} + Q_{aur} + Q_{lv \text{ hyöty}}) \quad (12)$$

jossa	Q_s	sisäisistä lämmönlähteistä ja auringon säteilystä hyödynnettävä energia, kWh
	η_s	kerroin, joka ottaa huomioon säätöjärjestelmän vaikutuksen energioiden hyväksikäyttöasteeseen
	η_r	ideaalinen sisäisten energioiden hyväksikäyttöaste
	$Q_{säh}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva energia, kWh
	$Q_{hlö}$	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
	Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh
	$Q_{lv \text{ hyöty}}$	lämpimän käyttöveden laitteista vapautuva energia, kWh

Hyödynnettävä energiaosuus on laskettu vastaamaan keskimääräisiä olosuhteita kuukausittain ja koko vuodelle. Mitä lyhyempiä laskentajaksoja käytetään sitä tarkempi tulos saadaan. Käytännössä kuukausi- ja yksinkertaisissa tapauksissa vuosijaksokin antaa kuitenkin tyydyttävän tuloksen.

Säätöjärjestelmän vaikutus energioiden hyväksikäyttöasteeseen η_s ilmaisee sen, kuinka suuri osuus rakennuksessa vapautuvista energioista verrattuna ideaaliseen säätöjärjestelmään saadaan käytettyä hyväksi lämmityksessä. Kertoimen suuruus on riippuvainen lämmitys- ja ilmanvaihtojärjestelmästä. Kerroin valitaan erilaisille järjestelmille taulukon 5 avulla.

Taulukko 5. Erilaisten säätöjärjestelmien vaikutus energioiden hyväksikäyttöasteeseen η_s

Lämmitys/säätöjärjestelmä	η_s
Lämmitys tai ilmanvaihtojärjestelmä, jonka kierrätys- tai kiertoilman osuus on suuri	0,85

Suora sähkölämmitys	0,85
Vesipatterilämmitys, jossa säätö huonetermostaattilla	0,80
Vesipatterilämmitys, jossa säätö julkisivukohtaisesti	0,60
Vesipatterilämmitys, jossa säätö ulkolämpötilaohjauksella	0,40
Ei säätöä	0,20

Ideaalinen sisäisten energioiden hyväksikäyttöaste η_r riippuu kuormituksen suhteellisesta suuruudesta.

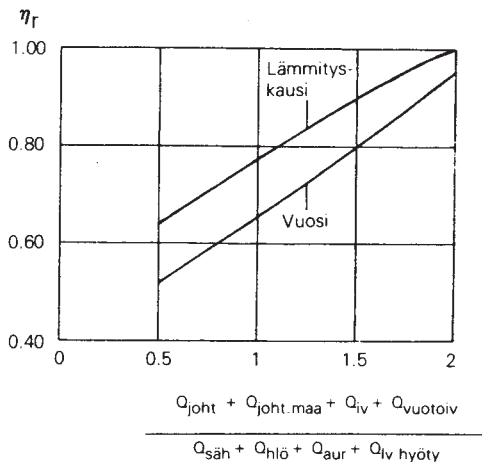
Kuukausilaskennassa η_r saadaan seuraavasti:

$$\eta_r = \frac{Q_{\text{joht}} + Q_{\text{joht.maa}} + Q_{\text{iv}} + Q_{\text{vuotoiv}}}{Q_{\text{säh}} + Q_{\text{hlö}} + Q_{\text{aur}} + Q_{\text{iv hyöty}}} \quad (13)$$

jossa η_r	ideaalinen sisäisten energioiden hyväksikäyttöaste
Q_{joht}	johtumisenergia rakenteiden läpi, kWh
$Q_{\text{joht.maa}}$	johtumisenergia maahan, kWh
Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh
Q_{vuotoiv}	vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva energia, kWh
$Q_{\text{hlö}}$	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh
$Q_{\text{iv hyöty}}$	lämpimän käyttöveden laitteista vapautuva lämpöenergia, kWh

Jos kaavasta (13) laskettu η_r on suurempi kuin 1, niin käytetään arvoa $\eta_r = 1$.

Lämmityskauden ja koko vuoden laskennassa η_r saadaan kuvasta 4.



Kuva 4. Ideaalinen sisäisten energioiden hyväksikäyttöaste η_r

3.7.1 Henkilöiden luovuttama lämpöenergia

Henkilöiden luovuttama lämpöenergia lasketaan oleskeluajan mukaan siten, että yhden henkilön lämmöntuotto on 60 W. Jos henkilökuormitusta ja käyttöaikoja ei tiedetä, voidaan käyttää taulukon 6 arvoja.

Taulukko 6. Henkilöiden luovuttama lämpöenergia $Q_{\text{hlö}}$ eri rakennustyypeissä

Rakennustyyppi	$Q_{\text{hlö}}$, kWh/r-m ³ , kk
Asuinpientalot	0,3
Asuinkerrostalot	0,4
Toimistorakennukset	0,2
Koulut	0,6

3.7.2 Lämpimän käyttöveden laitteista vapautuva lämpöenergia

Käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta energiasta vapautuu huomattava osa rakennukseen joko vedenvarauksen ja putkiston lämpöhäviöinä tai suoranaisena lämmitysenergiانا esimerkiksi kylpyhuoneissa. Osa lämmöstä siirtyy roilujen tms. kautta suoraan ulos, joten vain osa vapautuvista energioista on hyödynnettävissä. Ellei tarkentavin laskelmin muutoin osoiteta, on hyödynnettävä osuus aina laskelmissa, $Q_{\text{iv hyöty}} = 0,3 \cdot Q_{\text{iv}}$.

3.7.3 Valaistuksesta ja sähkölaitteista vapautuva energia

Rakennuksen valaistuksesta sekä sähkölaitteista vapautuva energia voidaan laskea käytetyn sähkötehon ja käyttöajan avulla. Jos tähän tarvittavia tietoja ei ole käytettävissä voidaan käyttää seuraavassa taulukossa olevia arvoja.

Taulukko 7. Valaistuksesta ja muista sähkölaitteista vapautuva energia $Q_{\text{säh}}$ eri rakennustyypeissä.

Rakennustyyppi	$Q_{\text{säh}}$, kWh/r-m ³ ,kk
Asuinpientalo	0,5
Asuinkerrostalo	
– matala varustetaso	0,6
– korkea varustetaso	0,8
Toimistorakennus	
– matala valaistustaso	0,7
– korkea valaistustaso	
> 25W/m ²	1,0
Koulurakennus	0,6

3.7.4 Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia

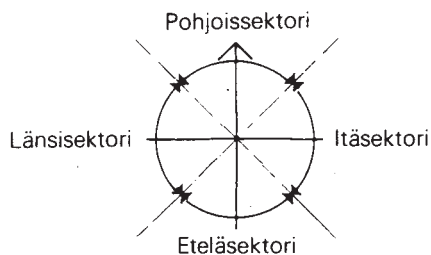
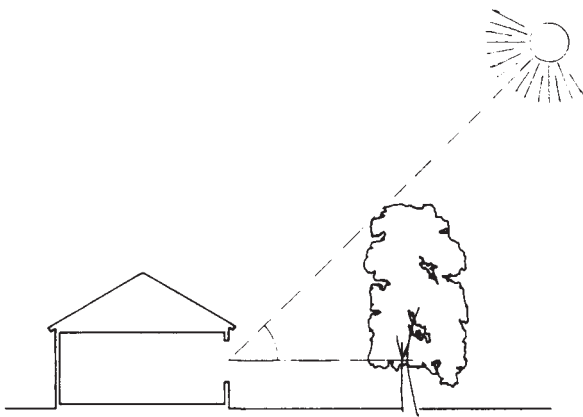
Ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia lasketaan jokaiselle julkisivulle seuraavasti:

$$Q_{\text{aur}} = C_{\text{var}} \cdot C_{\text{rak}} \cdot \tau \cdot q_{\text{vaakat}} \cdot A_{\text{ikk}} \quad (14)$$

jossa	Q_{aur}	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh
	C_{var}	ympäristön varjostuksen huomioon ottava kerroin
	C_{rak}	ikkunan rakenteen huomioon otettava kerroin
	τ	ikkunan energiatekninen läpäisy-suhte
	q_{vaakat}	vaakatasolle osuva auringon säteilyenergia, kWh/m ²
	A_{ikk}	ikkunoiden pinta-ala julkisivukohdasta laskettuna, m ²

Kerroin C_{var} ottaa huomioon ympäristön varjostuksen. Kun varjostuskulma on 0°, on kerroin aina 1,0. Kun varjostuskulma on 45°, saadaan kerroin taulukosta 8. Kulmien 0° ja 45° väliset arvot saadaan lineaarisella interpolatiolla. Jos rakennuksen sijoituksesta ei laskentatarketella ole tarkempaa tietoa, käytetään varjostuskulmaa 15°. Taulukkoa 8 käytetään kaikilla ilmastoalueilla.

Taulukko 8. Ympäristön varjostuksen huomioon ottava kerroin C_{var} , kun varjostuskulma on 45°



Kuukausi	Ikkunan suunta		
	Etelä	Itä/Länsi	Pohjoinen
1	0,25	0,60	0,95
2	0,30	0,50	0,90
3	0,40	0,50	0,90
4	0,50	0,50	0,80
5	0,70	0,55	0,80
6	0,75	0,50	0,60
7	0,75	0,55	0,70
8	0,40	0,40	0,65
9	0,45	0,50	0,85
10	0,30	0,55	0,90
11	0,20	0,60	0,90
12	0,20	0,80	0,95
Vuosi	0,50	0,50	0,75
Lämm. kausi	0,45	0,55	0,80

Kerroin C_{rak} ottaa huomioon mm. lasien lukumäärän ja ikkunan rakenteelliset suojat. Taulukkoon 9 on koottu tyypillisimmät käytännön arvot.

Taulukko 9. Ikkunan rakenteen huomioon ottava kerroin C_{rak} .

Ikkunatyyppe	C_{rak}
Kolmilasinen ikkuna, kirkas	1,00
Kaksilasinen ikkuna, kirkas	1,05
Kolmilasinen ikkuna säleverbolla, kirkas	0,50
Kolmilasinen ikkuna sisustusverbolla, kirkas	0,75

Pinnoitteisille ikkunoille kertoimena C_{rak} voidaan käyttää valmistajan antamia arvoja.

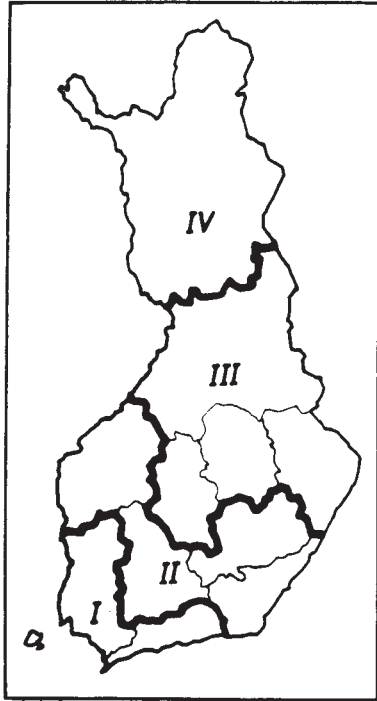
Taulukko 10. Ikkunan energiatekninen läpäisy-suhte τ , jolla vaakatasolle osuva säteilyenergia muunnetaan ikkunasta sisään tulevaksi energiaksi.

Kuukausi	Ikkunan suunta		
	Etelä	Itä/Länsi	Pohjoinen
1	2,20	0,40	0,20
2	1,50	0,55	0,20
3	0,90	0,50	0,20
4	0,65	0,40	0,20
5	0,45	0,40	0,20
6	0,40	0,40	0,20
7	0,40	0,45	0,20
8	0,55	0,50	0,20
9	0,80	0,45	0,20
10	1,40	0,40	0,20
11	2,40	0,35	0,20
12	2,50	0,30	0,20
Vuosi	0,70	0,45	0,20
Lämm. kausi	0,80	0,45	0,20

Laskelmissa käytettävät vaakatasolle osuvan auringon energian arvot eri ilmastoalueilla on koottu liitteen taulukkoon 3.

Liite Säätiedot

Suunnitteluvaiheessa lämpötekniset laskelmat suoritetaan kullekin ilmastolliselle alueelle normioidulla säätiedolla. Ilmastolliset alueet on esitetty kuvassa 1. Alueiden säätietojen normiointi pohjautuu Helsingin (I), Jokioisten (II), Luonetjärven (III) ja Sodankylän (IV) säähavainto-asemien mittauksiin. Vyöhykkeiden rajat on sovitettu lääninrajoihin.



Kuva 1. Laskelmissa käytettävien säätietojen alueellinen kattavuus.

Taulukko 1. Mitoittavat (Tu) ja keskimääräiset (T) ulkolämpötilat eri vyöhykkeillä.

Vyöhyke	Mitoittava ulkolämpötila .C	Keskilämpötila .C
I	-26	+5
II	-29	+4
III	-32	+2
IV	-38	±0

Taulukko 2. Astepäiväluvut S (20) kuukausittain eri ilmastovyöhykkeillä.

Kuukausi	Astepäiväluku S (20)			
	Vyöhyke I	Vyöhyke II	Vyöhyke III	Vyöhyke IV
1	800	817	879	1045
2	757	770	829	943
3	696	714	749	854
4	536	551	583	684
5	310	325	346	471

6	155	171	175	248
7	109	131	127	169
8	148	175	192	265
9	315	334	366	430
10	434	512	555	670
11	587	606	657	846
12	730	749	820	975

Vuosi	5577	5855	6278	7600
-------	------	------	------	------

Taulukko 3. Auringon säteilyenergia vaakatasolle (q_{vaaka}) kuukausittain eri ilmastovyöhykkeillä.

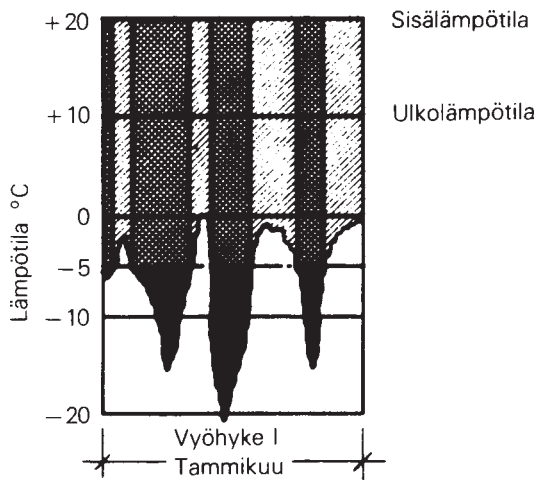
Kuukausi	Auringon säteilyenergia vaakatasolle kWh/m ² , kk			
	Vyöhyke I	Vyöhyke II	Vyöhyke III	Vyöhyke IV
1	9	7	7	2
2	24	23	23	14
3	70	72	72	57
4	109	109	108	106
5	156	152	141	144
6	178	177	169	157
7	166	162	155	149
8	121	117	112	96
9	71	71	63	52
10	31	28	26	19
11	8	7	7	3
12	4	4	3	0
Vuosi	947	929	886	799

Rakennuksen sisälämpötilan poiketessa +20°C:sta suoritetaan laskelmat taulukkojen 4 avulla. Laskelmissa käytettävä kuukausittainen astepäiväluku luetaan tällöin halutun sisälämpötilan alapuolella olevasta sarakkeesta.




Kun ilmanvaihdon ilmavirtaa muutetaan, esimerkiksi puolitetaan pakkaskaudella, on energiankulutuslaskelmat suoritettava erikseen täydelle ilmavirralla ja puolitetulle ilmavirralla. Astepäiväluvut (S(20)) niille jaksoille, jolloin ulkolämpötila on jotain tiettyä lämpötilaa alhaisempi, saadaan taulukkojen 5 avulla.

Esimerkki:

Jos ilmanvaihto puolitetaan ulkolämpötilassa -5°C, on vyöhykkeellä I puolitetua ilmavirtaa vastaava astepäiväluku tammikuussa 463, helmikuussa 473, maaliskuussa 230, huhtikuussa ei enää esiinnykään -5°C kylmempää lämpötiloja. Näin kuukausina esiintyy myös jaksoja, jolloin lämpötila on yli -5°C. Tällöin ilmanvaihto toimii nimellisvirtaamallaan. Sitä käyttöaikaa vastaava astepäiväluku saadaan taulukkojen 4 ja 5 arvojen erotuksena. Tässä esimerkissä nimellisilmavirtaa vastaavat astepäiväluvut ovat 800-463 = 337 tammikuussa, 757-473 = 284 helmikuussa, 696-230 = 466 maaliskuussa ja 536-0 = 536 huhtikuussa, jolloin -5°C kylmempää jaksoja ei enää esiintynyt.



Kuva 2. Taulukosta 2 tai 4 saatava astepäiväluku $S(20)$ vastaa koko sitä pinta-alaa, joka jää sisä- ja ulkolämpötilojen väliin. Taulukosta 5 saatava astepäiväluku $S(20)$ vastaa sisä- ja ulkolämpötilojen väliin jäävää koko pinta-alaa niiltä osin, kun ulkoilman lämpötila on alle -5°C . Taulukon 4 avulla saadaan selville, kuinka suuri on ulkolämpötilaa -5°C vastaava pakkashuippu.

	$S(20) = 800$
	$S(20)_{-5} = 463$
	$S(-5) = 88$

Taulukko 4 a. Tiettyä sisälämpötilaa vastaavat astepäiväluvut S (T) ilmastovyöhykkeellä I

Kuukausi	Sisälämpötila (°C)										
	+25	+20	+15	+10	+5	±0	-5	-10	-15	-20	-25
1	956	800	645	490	335	188	88	35	10	1	0
2	898	757	616	475	334	196	98	40	12	2	0
3	851	696	541	386	231	90	30	6	0	0	0
4	686	536	386	236	93	7	0	0	0	0	0
5	465	310	163	53	5	0	0	0	0	0	0
6	300	155	46	3	0	0	0	0	0	0	0
7	258	109	15	0	0	0	0	0	0	0	0
8	301	148	32	1	0	0	0	0	0	0	0
9	465	315	167	54	6	0	0	0	0	0	0
10	649	494	339	186	63	8	0	0	0	0	0
11	734	587	437	287	141	46	10	1	0	0	0
12	885	730	575	420	265	134	61	27	11	4	1
Vuosi	7 448	5 637	3 962	2 591	1 473	669	287	109	33	7	1

Taulukko 4 b. Tiettyä sisälämpötilaa vastaavat astepäiväluvut S (T) ilmastovyöhykkeellä II

Kuukausi	Sisälämpötila (°C)										
	+25	+20	+15	+10	+5	±0	-5	-10	-15	-20	-25
1	972	817	662	507	352	204	100	44	16	3	0
2	911	770	629	488	347	209	107	49	16	5	1
3	869	714	559	404	249	107	40	10	1	0	0
4	701	551	401	251	105	11	0	0	0	0	0
5	480	325	177	62	6	0	0	0	0	0	0
6	318	171	56	5	0	0	0	0	0	0	0
7	282	131	23	0	0	0	0	0	0	0	0
8	329	175	47	3	0	0	0	0	0	0	0
9	484	334	186	65	9	0	0	0	0	0	0
10	666	512	357	203	74	11	0	0	0	0	0
11	756	606	456	306	159	55	14	2	0	0	0
12	904	749	594	439	284	148	72	35	16	6	1
Vuosi	7 672	5 855	4 147	2 733	1 585	745	333	140	49	14	2

Taulukko 4 c. Tiettyä sisälämpötilaa vastaavat astepäiväluvut S (T) ilmastovyöhykkeellä III

Kuukausi	Sisälämpötila (°C)										
	+25	+20	+15	+10	+5	±0	-5	-10	-15	-20	-25
1	1 034	879	724	569	414	263	144	69	27	7	1
2	970	829	688	547	406	267	156	82	36	12	2
3	904	749	594	439	284	140	61	22	4	0	0
4	733	583	433	283	135	24	1	0	0	0	0
5	500	346	196	79	12	0	0	0	0	0	0
6	320	175	61	8	0	0	0	0	0	0	0
7	278	127	25	0	0	0	0	0	0	0	0
8	346	192	58	5	0	0	0	0	0	0	0
9	516	366	216	86	16	0	0	0	0	0	0
10	710	555	400	246	106	22	1	0	0	0	0
11	807	657	507	357	208	84	25	5	0	0	0
12	975	820	665	510	355	209	115	59	28	12	3
Vuosi	8 093	6 278	4 567	3 129	1 936	1 009	503	237	95	31	6

Taulukko 4 d. Tiettyä sisälämpötilaa vastaavat astepäiväluvut S (T) ilmastovyöhykkeellä IV

Kuukausi	Sisälämpötila (°C)										
	+25	+20	+15	+10	+5	±0	-5	-10	-15	-20	-25
1	1 200	1 045	890	735	580	425	286	179	104	52	19
2	1 084	943	802	661	520	381	254	153	80	34	11
3	1 009	854	699	544	389	237	123	61	25	7	3
4	834	684	534	384	234	99	23	3	0	0	0
5	626	471	316	169	55	4	0	0	0	0	0
6	395	248	119	32	2	0	0	0	0	0	0
7	319	169	52	7	0	0	0	0	0	0	0
8	420	265	119	23	0	0	0	0	0	0	0
9	580	430	281	137	36	1	0	0	0	0	0
10	825	670	515	360	207	84	26	6	0	0	0
11	996	846	696	546	397	252	144	74	35	13	3
12	1 130	975	820	665	510	356	234	148	85	45	19
Vuosi	9 418	7 600	5 843	4 263	2 930	1 839	1 090	624	329	151	55

Taulukko 5 a. Tiettyä ulkolämpötilaa kylmempien jaksojen astepäiväluvut S (20)_{Tu} ilmastovyöhykkeellä I

Kuukausi	Ulkolämpötila (°C)									
	+20	+15	+10	+5	±0	-5	-10	-15	-20	-25
1	800	800	800	800	688	463	245	115	41	0
2	757	757	757	754	676	473	280	117	42	0
3	696	696	696	696	470	230	66	0	0	0
4	536	536	536	483	107	0	0	0	0	0
5	310	293	223	50	0	0	0	0	0	0
6	155	121	28	0	0	0	0	0	0	0
7	109	60	0	0	0	0	0	0	0	0
8	148	102	14	0	0	0	0	0	0	0
9	315	307	206	66	0	0	0	0	0	0
10	494	494	481	318	108	0	0	0	0	0
11	587	587	587	531	266	110	0	0	0	0
12	730	730	730	730	514	316	177	81	44	1
Vuosi	5 637	5 483	5 058	4 413	2 829	1 592	768	313	127	1

Taulukko 5 b. Tiettyä ulkolämpötilaa kylmempien jaksojen astepäiväluvut S (20)_{Tu} ilmastovyöhykkeellä II

Kuukausi	Ulkolämpötila (°C)									
	+20	+15	+10	+5	±0	-5	-10	-15	-20	-25
1	817	817	817	817	724	500	284	156	43	0
2	770	770	770	770	709	507	319	156	45	1
3	714	714	714	714	507	265	130	1	0	0
4	551	551	551	510	151	0	0	0	0	0
5	325	312	242	66	0	0	0	0	0	0
6	171	141	45	0	0	0	0	0	0	0
7	131	88	0	0	0	0	0	0	0	0
8	175	137	23	0	0	0	0	0	0	0
9	334	331	235	84	0	0	0	0	0	0
10	512	512	503	359	131	0	0	0	0	0
11	606	606	606	564	315	139	32	0	0	0
12	749	749	749	749	568	322	185	121	46	46
Vuosi	5 855	5 728	5 255	4 633	3 105	1 733	950	434	134	47

Taulukko 5 c. Tiettyä ulkolämpötilaa kylmempien jaksojen astepäiväluvut $S(20)_{T_u}$ ilmastovyöhykkeellä III

Kuukausi	Ulkolämpötila (°C)									
	+20	+15	+10	+5	±0	-5	-10	-15	-20	-25
1	879	879	879	879	823	644	399	237	127	46
2	829	829	829	829	787	631	442	281	172	47
3	749	749	749	749	600	336	202	74	0	0
4	583	583	583	570	264	26	0	0	0	0
5	346	336	269	117	0	0	0	0	0	0
6	175	146	58	0	0	0	0	0	0	0
7	127	90	2	0	0	0	0	0	0	0
8	192	163	35	0	0	0	0	0	0	0
9	366	366	296	136	0	0	0	0	0	0
10	555	555	555	451	222	26	0	0	0	0
11	657	657	657	643	444	200	65	0	0	0
12	820	820	820	820	689	490	299	203	92	48
Vuosi	6 278	6 173	5 732	5 194	3 829	2 353	1 407	795	391	141

Taulukko 5 d. Tiettyä ulkolämpötilaa kylmempien jaksojen astepäiväluvut $S(20)_{T_u}$ ilmastovyöhykkeellä IV

Kuukausi	Ulkolämpötila (°C)									
	+20	+15	+10	+5	±0	-5	-10	-15	-20	-25
1	1 045	1 045	1 045	1 045	1 025	911	719	559	372	244
2	943	943	943	943	921	829	663	500	314	146
3	854	854	854	854	797	548	331	200	87	3
4	684	684	684	684	539	223	63	0	0	0
5	471	471	439	325	64	10	0	0	0	0
6	248	234	142	32	0	0	0	0	0	0
7	169	132	37	0	0	0	0	0	0	0
8	265	249	133	0	0	0	0	0	0	0
9	430	430	397	231	21	0	0	0	0	0
10	670	670	670	642	444	156	66	0	0	0
11	846	846	846	846	772	594	374	245	133	48
12	975	975	975	975	936	734	598	435	325	199
Vuosi	7 600	7 533	7 165	6 577	5 519	3 995	2 814	1 939	1 231	640