



**PEP**

**Promotion of European Passive Houses**  
[www.europeanpassivehouses.org](http://www.europeanpassivehouses.org)



# Passiivitalon energiasuunnittelu

---

Jyri Nieminen

Jenni Jahn

Miimu Airaksinen

### PEP

PEP eli Promotion of European Passive Houses on eurooppalainen hanke, jonka tarkoituksena on edistää passiivitalojen rakentamista. Euroopan komissio (Directorate General for Energy and Transport) tukee hanketta.

Energian hinnan jatkuva kallistuminen ja pyrkimykset pienentää energian käytöstä johtuvia emissioita painottavat energian tehokkaan käytön ja energiansäästön merkitystä. Kyse ei ole pelkästään energiankäytön ympäristövaikutuksista, vaan samalla myös energiankäytön taloudellisista vaikutuksista. Rakennukset kuluttavat noin 40 % kaikesta energiasta. Rakennusten energiankäytön pienentämisellä voidaan vaikuttaa energiankäytöstä aiheutuvien päästöjen määrään. Passiivitalo on erityisesti asuintaloihin tarkoitettu konsepti, jolla rakennusten energiantarvetta voidaan pienentää merkittävästi. Konsepti soveltuu myös muiden rakennustyyppien enoenergiansäästöratkaisuksi.

PEP-työryhmässä ovat mukana:



## Passiivitalo

Passiivitalo on äärimmäisen energiatehokas asuinrakennus, jossa on hyvä ja terveellinen sisäilmasto ympäri vuoden. Passiivitalokonsepti perustuu rakennuksen pieniin lämpöhäviöihin, jotka voidaan kattaa yksinkertaisin taloteknisin ratkaisuin. Pienet energiakustannukset ja yksinkertainen tekniikka tekevät passiivitalosta elinkaariedullisen rakennuksen.

Passiivitalon lämmöneristys on matalaenergiatalojen tasoa parempi, rakenteissa on vähän kylmäsiltoja, ja talon ulkovaippa on ilmanpitävä. Auringon energiaa voidaan hyödyntää passiivisesti, ja jäljelle jäävä lämmityksen energiantarve voidaan kattaa erilaisilla uusiutuvilla energiamuodoilla.

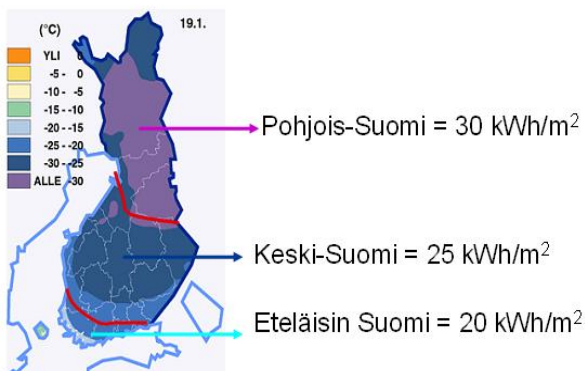
Passiivitalon määritelmä perustuu sen energiantarpeeseen. Suomen ilmastossa passiivitalon energiatavoitteet ovat alla olevassa kuvassa. Lämmityksen energiantarpeen rajat ovat suuntaa-antavia. Suomi on jaettu kolmeen alueeseen: eteläinen rannikkoalue, Keski-Suomi ja Pohjois-Suomi:

- Lämmityksen energiantarve:
  - Etelärannikko 20 kWh/m<sup>2</sup>
  - Keski-Suomi: 25 kWh/m<sup>2</sup>
  - Pohjois-Suomi: 30 kWh/m<sup>2</sup>
- Primäärienergiantarve vastaavasti 130 - 140
- Rakennuksen ulkovaipan ilmanpitävyys,  $n_{50} = 0,6$  1/h.

Euroopan eri osissa sovellettavat passiivitalon määritelmät löytyvät PEP-hankkeen kotisivuilta:

<http://www.europeanpassivehouses.org/>.

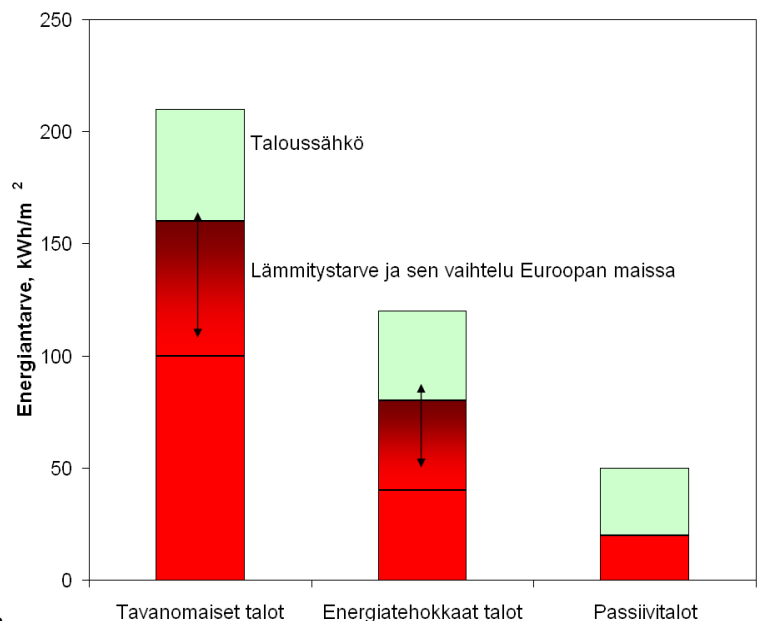
Passiivitalon lämmitysenergian tarve  
Suomen ilmastossa



Ulkoilman lämpötilakartta kylmänä talvipäivänä  
<http://www.ilmatieteenlaitos.fi/>



Passiivitalojen lämmityksen energiantarve on vain noin puolet matalaenergiatalojen energiantarpeesta.



## Thermal Comfort and Indoor Air Quality

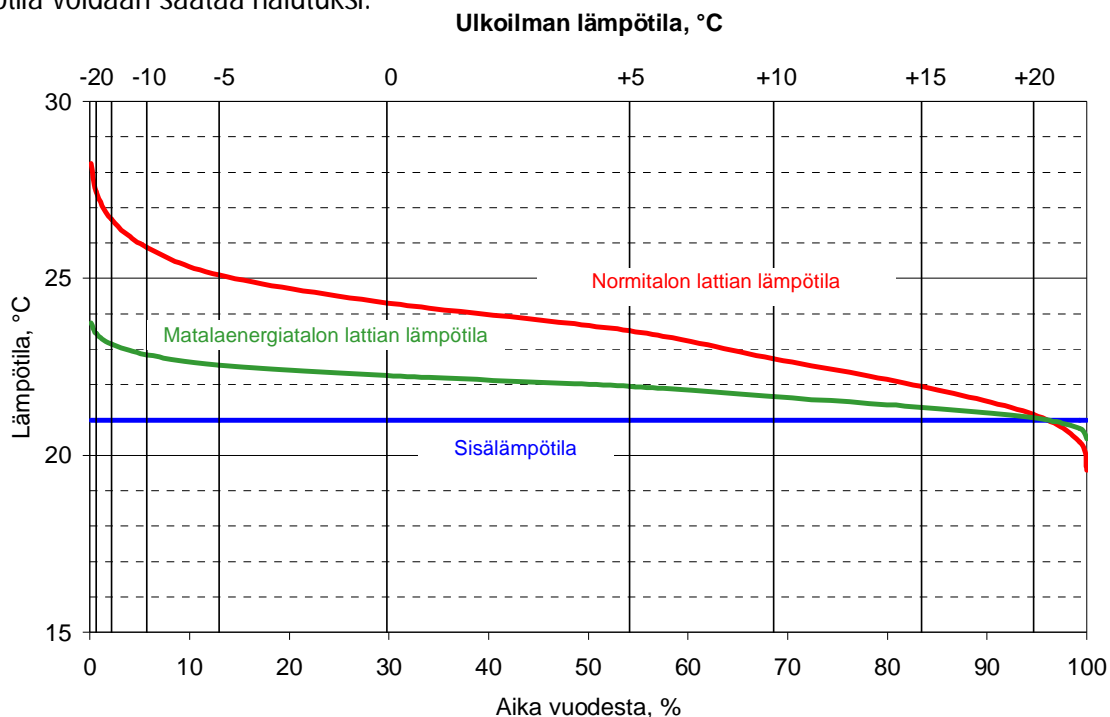
Passiivitalon ulkovaippa on hyvin lämmöneristettyjä ilmanpitävä. Ilmanvaihdon lämmön talteenoton vuosihyötysuhteen tavoitearvo on vähintään 70 %. Talon lämpöhäviöt ovat pienet, ja siksi talossa ei tarvita perinteisiä lämmönjakojärjestelmiä kuten radiaattoreita tai lattialämmitystä. Samalla ilmanvaihtolämmitys on riittävä lämmönjakotapa. Energiasuunnittelijan tehtävänä on esittää vaatimukset talon lämpötekniselle toimivuudelle kokonaisuutena, jotta lämmöntarve voidaan kattaa kaikissa olosuhteissa tehokkaasti. Suunnittelun tavoite on hyvä, viihtyisä ja vedoton sisäilmasto.

Ilmatiivis talo tarvitsee toimivan ja oikein mitoitetun ilmanvaihtojärjestelmän. Toisaalta kaikkien ilmanvaihtojärjestelmien (painovoimainen, koneellinen tai hybridi-ilmanvaihto) hyvä toimivuus edellyttää talon ulkovaipan ilmanpitävyyttä, tarvitsevat ilmanpitävän ulkovaipparakenteen, jotta ilmanvaihto toimisi halutulla tavalla. Energiatehokkuuden varjolla ei pidä pienentää ilmanvaihtomääriä.

Rakentamismääräyskokoelmassa esitetyt ilmanvaihdon suunnitteluperusteet edustavat minimi-ilmanvaihtoa. Sisäilmastoluokitus 2000:n perusteella paras luokitus edellyttää määräysten minimitasoa suurempaa ilmanvaihtoa. Rakentamismääräysten perusteella minimi-ilmanvaihto on usein keskimäärin hieman yli 0,5 ilmanvaihtokertaa tunnissa. Ilmanvaihdon tavoitetaso riippuu huoneen käyttötarkoituksesta.

Passiivinen aurinkolämmitys on osa passiivitalon lämmitystä. Eri huoneiden lämpötila voi vaihdella aurinkokuorman, käytön ja muiden sisäisten kuormien johdosta. Huonekohtainen lämpötilan säätö on suositeltavaa jo eri huoneille asetettujen lämpötilatavoitteiden takia.

Ilmanvaihtolämmitykselle on kaksi periaatevaihtoehtoa. Tuloilmaa voidaan lämmittää joko keskitetysti heti ilmanvaihtokoneen jälkeen tai huonekohtaisesti ilmanvaihdon päätelaitteissa. Ensimmäinen vaihtoehto tuottaa jokaiseen huoneeseen saman lämpöistä ilmaa. Huonekohtainen lämpötilan säätö edellyttää tuloilman lämmitystä joko päätelaitteissa tai kanavissa päätelaitteiden edessä. Tässä tapauksessa ilman lämpötila voidaan säätää halutuksi.



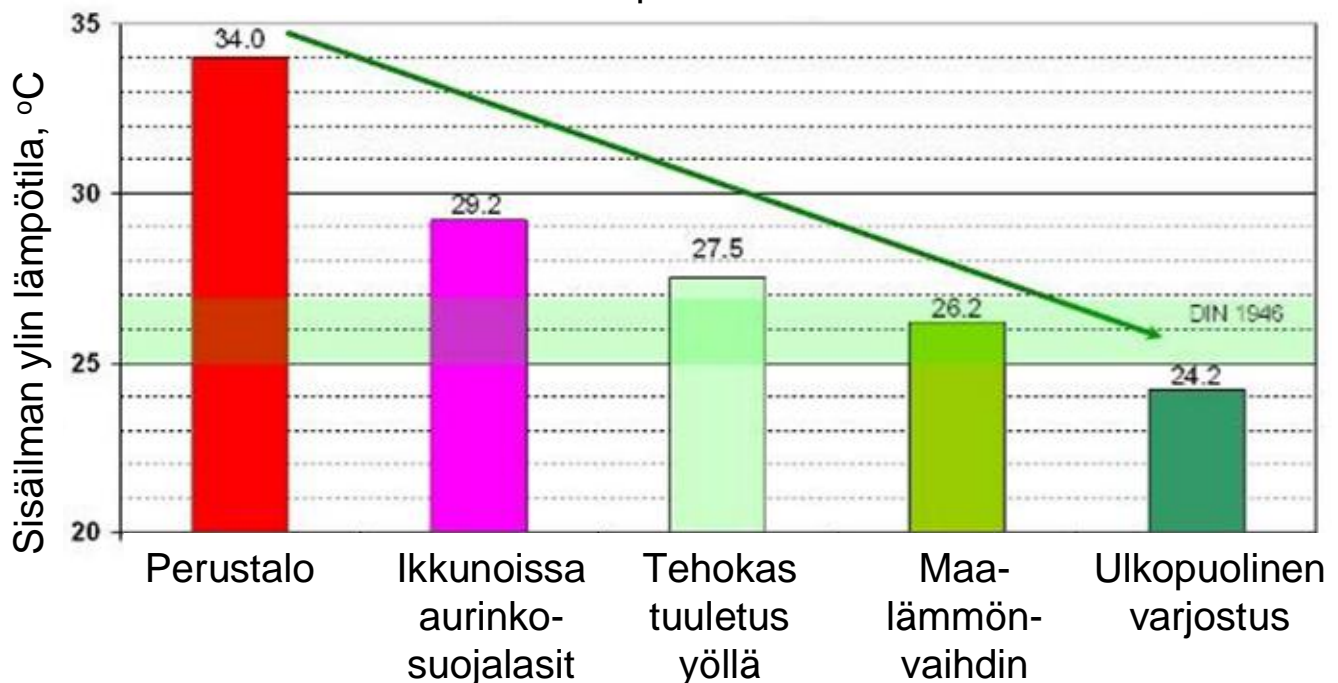
*Lattian lämpötila matalaenergiatalon lattialämmityksessä.*

Kesäaikainen aurinkokuorma voi aiheuttaa ylikuumenemista passiivitaloon. Energiasuunnittelijan on syytä arvioida yhdessä arkkitehdin kanssa ylikuumenemisen mahdollisuutta ja samalla passiivisia keinoja ongelman ehkäisemiseksi. Keinoja ovat esimerkiksi ikkunoiden varjostaminen, yöjäähdytys ilmanvaihdon avulla ja päiväaikainen ilmanvaihdon tehostaminen. Ilmanvaihdon korvausilma voidaan tuoda talon pohjoispuolelta. Maalämmön käyttö raitisilman esilämmittämiseen talvella ja viilentämiseen kesällä on mahdollisuus. Raitisilma voidaan johtaa maaputkiston kautta ilmanvaihtokoneelle, jolloin se joko jäähtyy tai lämpenee. Tällaisen järjestelmän hygienisiä tai terveysvaikutuksia (kosteuden tiivistyminen putkistoon, home, putkiston likaantuminen) ei kuitenkaan ole selvitetty. Nestekiertoisessa järjestelmässä on lämmönvaihdin, ja järjestelmässä on pumppu ja esimerkiksi porakaivo. Porakaivon syvyys on mitoitettava tarvittavan jäähdytystehon perusteella. Suunnittelussa on kuitenkin syytä hakea jäähdytysratkaisua passiivisista keinoista.

Ilmanvaihtolämmityksessä tuloilma jaetaan kaikkiin huonetiloihin. Lattialämmitys on perusteltua kosteissa tiloissa lattian kuivumisen nopeuttamiseksi. Lattian lämpötila tulee mitoittaa tavanomaista lattialämmitystä alemmalle tasolle siten, että lämpötila on 1 - 4 °C ilmanlämpötilaa korkeampi. Suurempi lämpötila voi aiheuttaa ylikuumenemista.

Tuloilman päätelaitteet voivat sijaita väliseinissä. Kattoon sijoitetut päätelaitteet voivat palvella koko tilaa paremmin kuin seinäasennukset, mutta kyse on kuitenkin päätelaitteen valinnasta ja mitoituksesta. Koska ilmanvaihtokanavien tulee katossa sijaita ilmansulun alapuolella, on kattoasennuksia varten varattava riittävä tila kanaville.

### Sisäilman lämpötilan hallinta helteellä



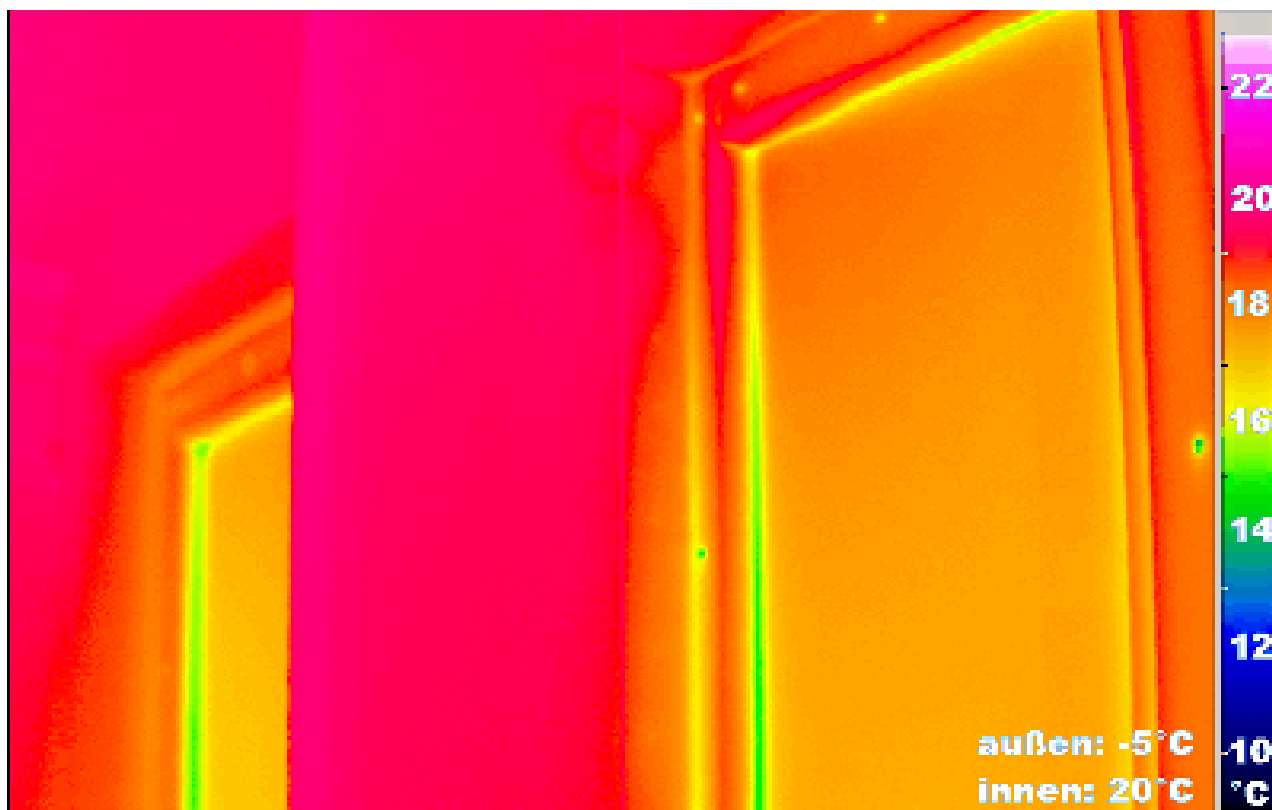
*Passiivisilla jäähdytystavoilla voidaan kattaa pääosa talon jäähdytystarpeesta. Ikkunoiden ulkopuolinen varjostus pienentää jäähdytystarvetta parhaimmillaan jopa 60 %. (VTT)*

Lämpöviihtyvyys ja sisäilman laatu edellyttävät tuloilman hyvää sekoittumista sisäilmaan. Sekoittuminen pienentää huonetilan ilman korkeussuuntaista lämpötilaeroa. Sekoittuminen on tärkeää erityisesti keskitalven kovien pakkasten aikana, sillä tuloilman lämpötila voi suurimmillaan olla lähes 50 °C.

Korkealla sijaitsevista päätelaitteista tulevan ilman nopeuden tulee olla riittävän suuri, jotta sekoittuminen on tehokasta. Oleskelu vyöhykkeellä ilman nopeuden tulee taas olla matala, korkeintaan 0.15-0.20 m/s, jotta ilmavirtaus ei heikennä viihtyvyyttä.

Huonetilan korkeussuuntaisen lämpötilaeron tulee olla alle 2 °C 0.1 m ja 1.1 m välillä istuvan ihmisen nilkan ja niskan välillä. Korkeissa huonetiloissa (kahden kerroksen korkuinen huone) hyvä terminen viihtyvyys on hankalampaa saavuttaa. Passiivitalon ulkovaipan lämpötekniset ominaisuudet ovat hyvät, joten pienten lämpötilaerojen ylläpitämien on helppoa. Ilman johtaminen huoneisiin lattiassa olevien päätelaitteiden kautta auttaa saavuttamaan hyvän sekoittumisen, mutta alhaalta puhallettava ilma nostattaa pölyä..

Passiivitalo hyödyntää ns. ilmaisenergiaa eli asukkaista ja laitteista vapautuvaa lämpöä. Terminen massa auttaa ilmaisenergioiden hyödyntämistä. Termisen massan tarvittava määrä on kuitenkin pieni, esimerkiksi massiivinen lattia, väliseinä tms. on riittävä. Järjestelmän kannalta ilman lämpötilojen on sallittava vaihdella, jotta terminen massa pystyy varaamaan ja luovuttamaan lämpöä tehokkaasti. Lämpötilan liukuvalla säädöllä saadaan massasta suurin hyöty. Hyvä lämmöneristystaso ja terminen massa pienentävät myös jäähdytystarvetta kesällä.



*Hyvä lämmöneristys ja matalaenergiaikkunat - ei kylmiä pintoja.*  
<http://www.passivhaustagung.de/>

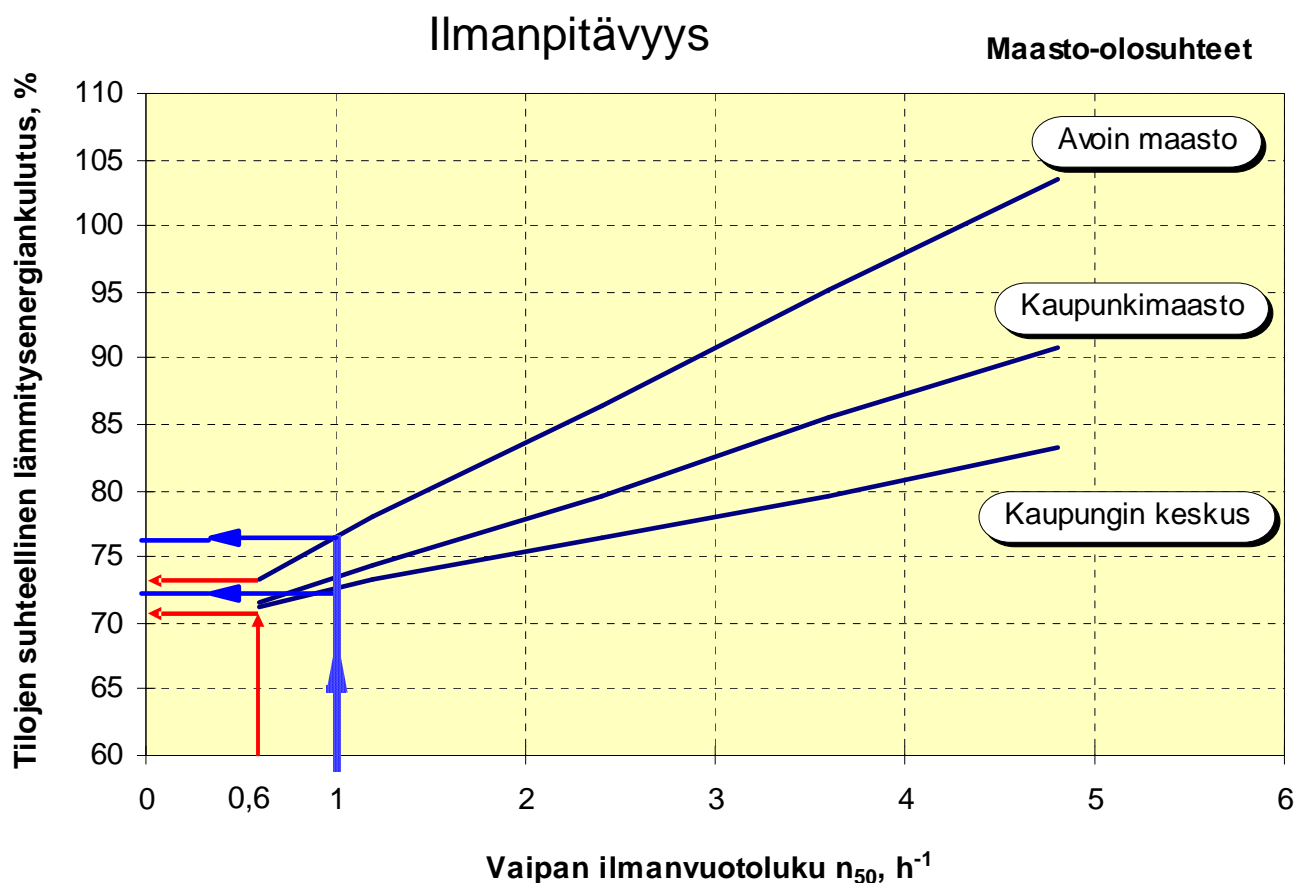


## Ulkovaipan ominaisuudet

Passiivitalon määritelmä perustuu energiatehokkuudelle (lämmitysenergia ja kokonaisprimäärienergia) asetettuihin toimivuustavoitteisiin. Jotta järjestelmät voidaan mitoittaa pientä energiantarvetta vastaan, on energiasuunnittelijan oltava varma ulkovaipparakenteiden lämpöteknisestä laadusta.

Suunnitteluvaiheessa myös energiasuunnittelijan on kyettävä esittämään vaatimukset talone rakennerratkaisujen ominaisuuksille.

Passiivitalon lämmitystehon tarve on mitoitusolosuhteissa pieni. Esimerkiksi 150 m<sup>2</sup> omakotitalossa se on alle 3 kW. Siksi huonekohtaisten tehontarvelaskelmien tulee olla tarkkoja. Ylimoitettu teho voi vaikeuttaa lämpötilan säätöä ja kasvattaa energian kulutusta. Samalla ylimittaus lisää järjestelmän kustannuksia. Suunnittelu yhteistyö arkkitehdin, LVI-suunnittelijan ja rakennesuunnittelijan välillä on tarpeen. Näin vältetään ratkaisuilta, jotka lisäävät tarpeettomasti energiantarvetta tai heikentävät asumisviihtyvyyttä. Passiivitalon arkkitehtuuri on kuitenkin rakennuttajan toive, mutta hyvä suunnittelu yhteistyö on myös talon arvon, pitkäaikaisen kestävyys, helpon huollettavuuden yms. tae.



*Ulkovaipan ilmanpitävyys on passiivitalon perusvaatimus. Ilmanpitävä passiivitalon toimivuus on hyvä talon sijainnista riippumatta. Samalla tarkoituksenmukainen ilmanvaihto toimii olosuhteista riippumatta.*

Rakenteiden lämmönläpäisykertoimet ja siten myös lämpöhäviöt ovat pieniä. Tyypilliset rakenteiden U-arvot ovat:

Ulkoseinä 0,07 - 0,09 W/m<sup>2</sup>K

Alapohja 0,08 - 0,1 W/m<sup>2</sup>K

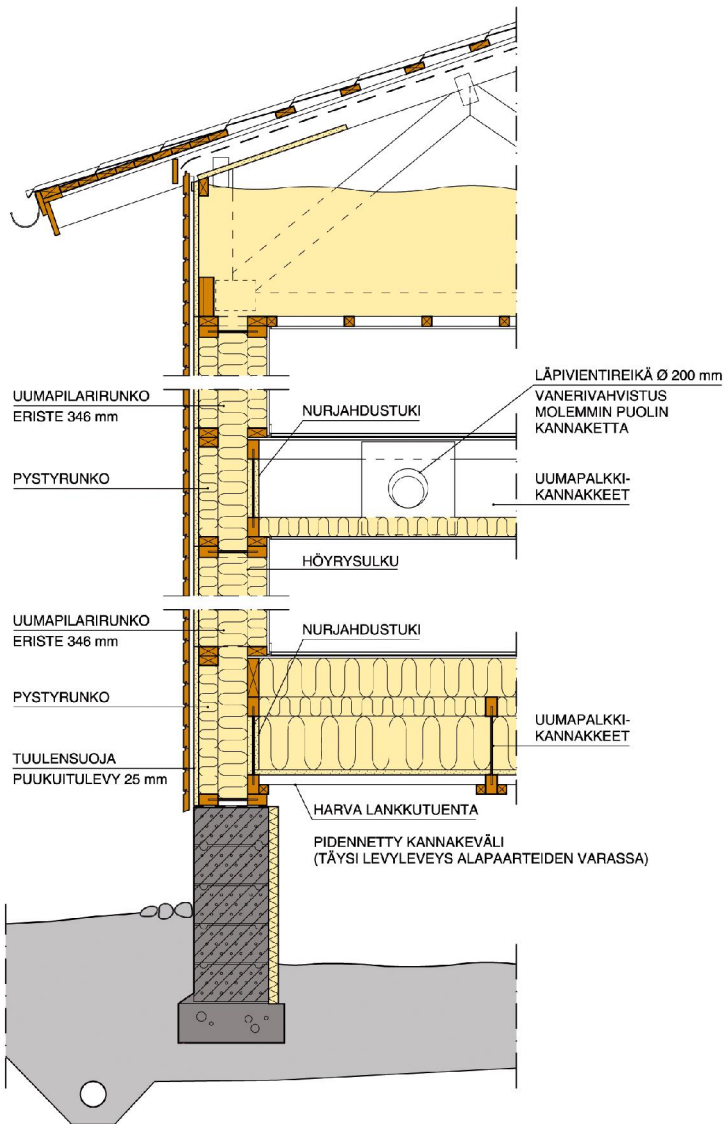
Yläpohja 0,06 - 0,09 W/m<sup>2</sup>K

Ikkuna 0,7 - 0,9 W/m<sup>2</sup>K

Kiinteä ikkuna 0,6 - 0,8 W/m<sup>2</sup>K

Ulko-ovi 0,4 - 0,7 W/m<sup>2</sup>K

Rakenteiden kylmäsilat sisältyvät U-arvoihin. Ulkovaipan ilmanpitävyys  $n_{50} < 0,6$  1/h tarkoittaa painekokeella varmennettua ilmanpitävyyttä. Hyvä ilmanpitävyys tarkoittaa samalla pieniä ilmapuodoista johtuvia lämpöhäviöitä.



Rakennuksen käytön ja rakentamiskustannusten kannalta yksinkertaiset ja pitkäikäiset järjestelmät ovat suunnittelun tavoite. Samoin toimiva ja helppokäyttöinen säätöjärjestelmä on tarpeen. Passiivitalon tulee soveltua erilaisille käyttäjäryhmille. Talon energiatehokkuuden perusteiden ja järjestelmien käytön selvittäminen käyttäjille on kuitenkin tarpeen esimerkiksi talon huoltokirjassa.

*Ulkovaipan lämpötekniisten ominaisuuksien tulee olla tarkkoja energiasuunnittelun tarpeisiin.*

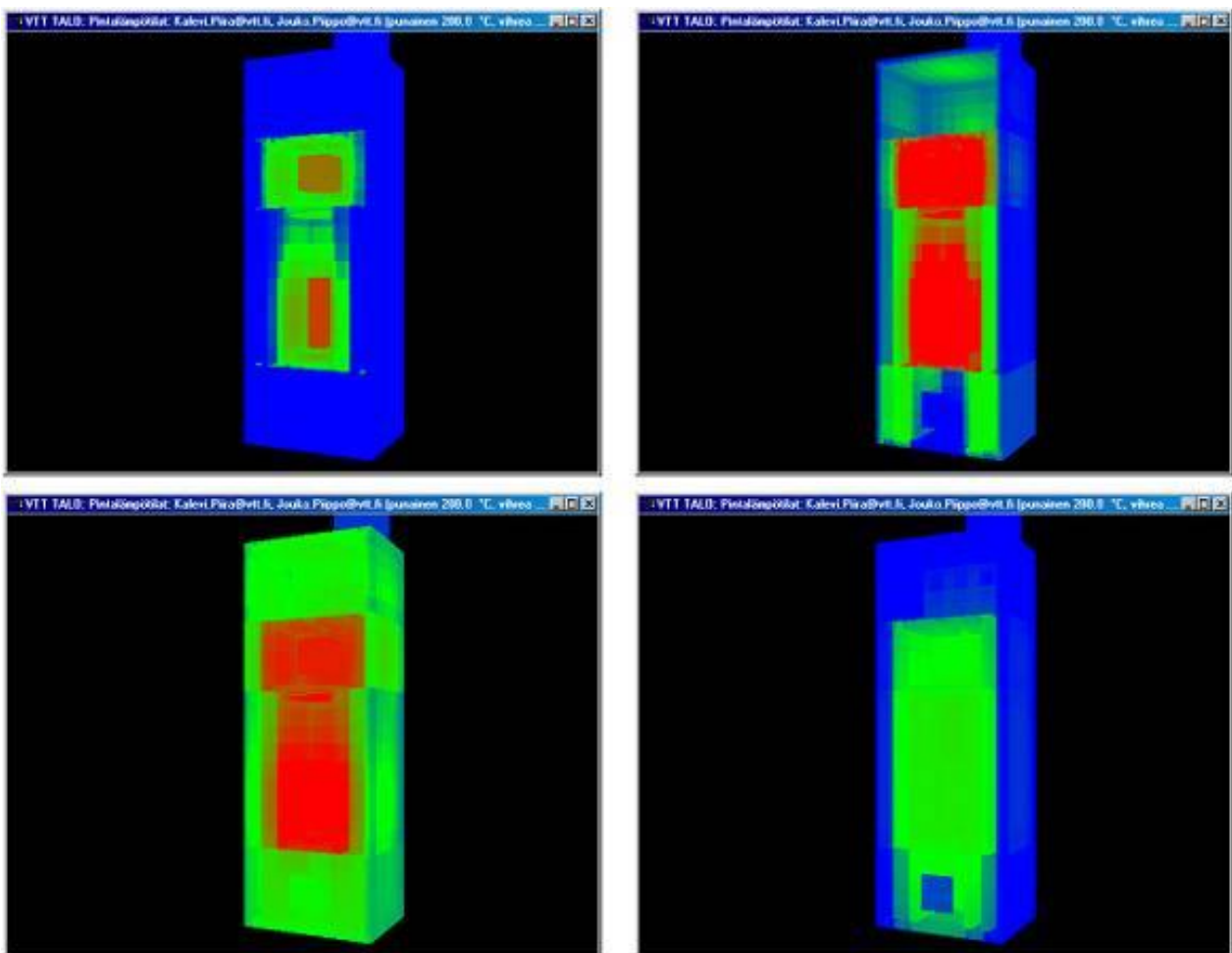


## Energialaskennan vaatimukset

Passiivitalo edellyttää kahdenlaisia energiatarkasteluja. Talon määräystenmukaisuus tulee osoittaa Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D3 Rakennusten energiatehokkuus (uusittuna voimaan 1.1.2008) osittamalla tavalla tasauslaskennalla. Tässä tarkastelussa käytetään Jyväskylän Luonetjärven säätietoja

Passiivitalon suunnitteluun eri vaiheissa on syytä käyttää yllä mainittua menettelyä tarkempia tarkastelutapoja rakennuksen toimivuuden varmistamiseksi jo suunnittelussa. Eri suunnitteluvaihtoehtojen tarkasteluilla voidaan karsia energiantarpeeseen vaikuttavia ratkaisuja talon suunniteltujen ominaisuuksien siitä kärsimättä.

Talon energiantarpeelle asetetut vaatimukset voivat edellyttää dynaamisten laskentamenetelmien käyttöä. Suomessa yleisesti käytettyjä laskentaohjelmia ovat VTT Talo, TASE, TRNSYS ja IDA-ICE..



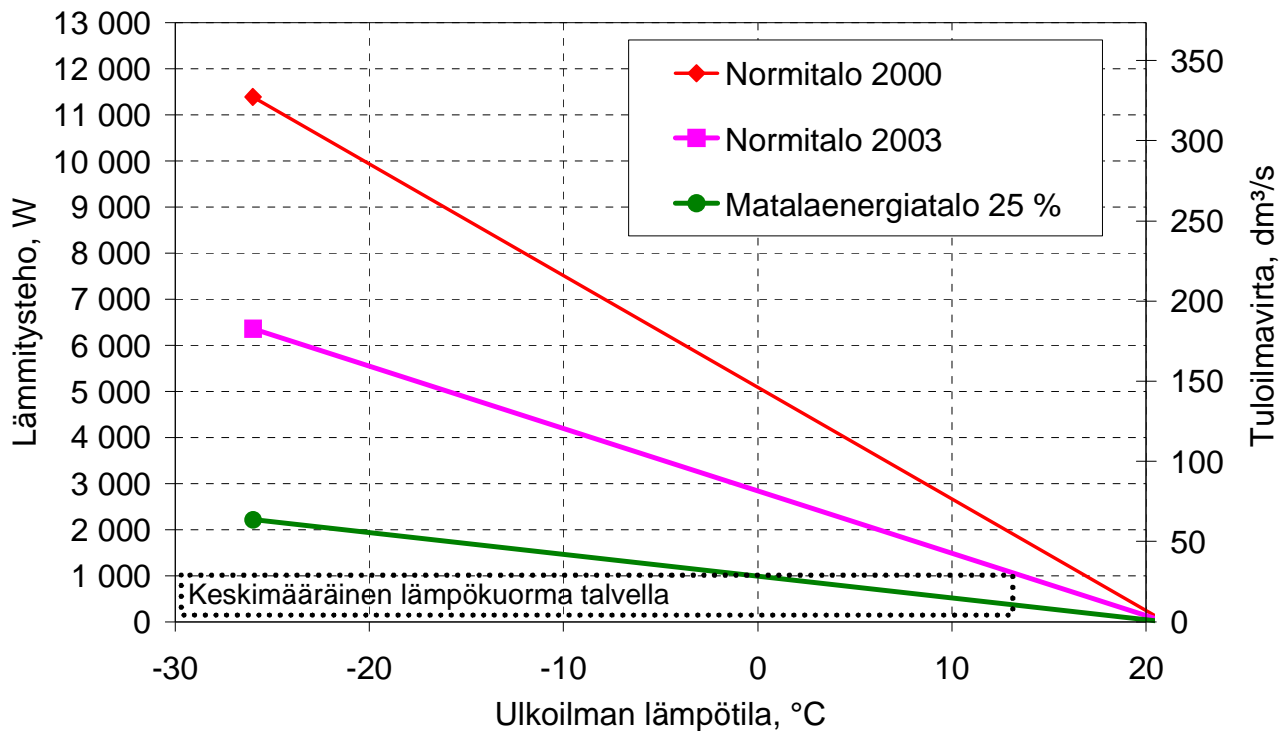
*Dynaamisten laskentamenetelmien avulla voidaan joko arvioida rakennuksen lämmitystavan ja ulkovaipan yhteensopivuutta tai yksinkertaisesti laskea rakennuksen lämmitystarve ulkoilmaston todellisia vaihteluita vastaan. Passiivitaloon sijoitettavan tulisijan ominaisuuksia voidaan tarkastella esimerkiksi VTT Talolla, jolloin varmistutaan tulisijan lämmön luovutusdehon sopivuudesta passiivitaloon.*

## Rakennuksen toimivuus

Passiivitalolla pyritään hyvään energiatehokkuuteen ja sisäilmaston laatuun suunnittelun ja rakentamisen laadulla ja yksinkertaisilla taloteknisillä järjestelmillä. Ulkovaippaan kohdistuvista lisäinvestoinneista suuri osa voidaan kattaa järjestelmäkustannusten säästöillä.

Ilmanvaihtolämmitys palvelee sekä ilmanvaihtoa että lämmönjakoa. Järjestelmä on edullinen tapa ylläpitää talon hyvää sisäilmastoa. Painovoimaisen tai mekaanisen poistoilmanvaihdon lämpöhäviöt ovat niin suuret, että ne eivät sovellu passiivitalon ilmanvaihtojärjestelmiksi. Ilmanvaihdon lämmön talteenottojärjestelmän vuosihyötysuhteen tulee olla mahdollisimman korkea, vähintään yli 70 %.

Ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon mahdollinen jäähdytystarve kesällä ja talvella jäätymisenesto. Myös laitteiden ominaissähkötehon tarpeeseen niiden toiminta-alueilla sekä ominaisuuksiin juuri jäätymiseneston suhteen tulee kiinnittää huomiota.



*Passiivitalon lämmityksen tehontarve on pieni. Siksi ilmanvaihtolämmitys sopii sen lämmönjakotavaksi..*

Uusien lämmön talteenottolaitteiden vuosihyötysuhteet ovat jo yli 70 %. Siten laitevalinnassa on erilaisia vaihtoehtoja. Oleellisin valintakriteeri on koneen soveltuminen koko järjestelmän osaksi. Jäätymiseneston energiantarve ohjaa silloin valintaa: mitä pienempi energiantarve sitä parempi yhteensopivuus järjestelmään. Vuosihyötysuhde riippuu toki myös koko järjestelmän suunnittelusta, laitteiden ja kanavien mitoituksesta. Perusilmanvaihtoa suuremmalle ilmamäärälle mitoitettu ilmanvaihtokone takaa pienen ominaissähkötehon koko ilmanvaihdon käyttöalueelle. Sertifioitujen koneiden ominaissähkötehon ja vuosihyötysuhteen riippuvuus on mitattu.



Passiivitaloissa ilmanvaihtolämmitys on edullisin lämmönjakotapa. Koska suuren osan vuotta ilmamäärät vastaavat tavanomaisen talon ilmanvaihtoa, ei äänitekniisiä ongelmia ole. Tehostettu ilmanvaihto voi vaatia lisää äänenvaimentimia, jos ilmanvaihtokone on asuintiloissa, esimerkiksi kodinhoitohuoneessa. Erillinen tekninen tila on suositeltava jo huollon kannalta. Kuitenkin ilmanvaihtolaitteiden melutaso koetaan usein häiritseväksi, vaikka taso on määräysten tasoa (28 dB(A)) alempi. Aukkaat haluavat tätä alemman äänitason eli 22-25 dB(A) erityisesti makuuhuoneisiin. Äänitaso ohjaa myös ilmanvaihdon säätöä erityisesti, jos taustäänien taso on matala. Ilmanvaihdon äänitekkinen suunnittelu voi edellyttää ylimääräisten äänenvaimentimien asentamista etenkin ilmanvaihdon käyttöalueen yläpään äänitason hallitsemiseksi.



*Kerrostalon huonekohtaiseen ilmanvaihtoon tarkoitettu ilmanvaihtokone ja päätelaitteeseen integroitu lämmitin.*

### Energiasuunnittelun muistilista

- Talon ominaisuuksien arviointi ja lähtötietojen realistisuus
- Talotekniikan reitityksen suunnittelu yhdessä arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan kanssa
- Ikkunoiden pinta-alojen tarkastelu vedon ehkäisemiseksi
- Aurinkosuojaus
- Termisen massan määrittely
- Ilmanvaihdon määrät ja ilmanvaihtokoneen toiminta-alueen mitoitus
- Päätelaitteiden sijoitus
- Yliämpötarkastelut
- Kosteiden tilojen lämmitys
- Äänitason hallinta
- Energiantarpeen laskenta



*Ilmanvaihtolämmitykseen tarkoitettu kokonaisratkaisu, jonka on liitetty : jäteilmasta lämpöä keräävä ilmalämpöpumppu.*  
(<http://www.passiv.de>)