

# BETONIRAKENTEINEN PASSIIVITALO

Jyri Nieminen, erikoistutkija  
VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka



1

Passiivitalolla tarkoitetaan rakennuskonseptia, jonka pieni energiantarve saavutetaan nykyiseen rakentamistapaan verrattuna vain vähäisin lisäkustannuksin. Passiivirakentaminen perustuu jo kaupallistettuun uuteen teknologiaan ja hyvään suunnittelun ja rakentamisen laatuun. Kokonaisuuden laadukas suunnittelu ja toteutus ovat onnistuneen passiivitalon edellytykset.

Passiivitalon konsepti kehitettiin Saksassa jo 1990-luvun alussa. Rakentamistapa on kasvattanut Keski-Euroopassa suosiotaan tasaisesti. Kuluttajien tietoisuus ilmastonmuutoksen haasteista on yhä lisännyt rakentamistavan menestystä. Vantaan Tikkurilaan rakennettiin betonirakenteinen passiivitalo, jossa toteutetaan Suomen ilmastoon sopivan, kustannustehokkaan passiivitalon periaatteita.

## MIKÄ ON PASSIIVITALO?

Passiivitalon keskeisiä ominaisuuksia ovat ulkovaipan huomattavasti normitasoa parempi lämmöneristys, ilmanvaihdon tehokas lämmön talteenotto, ilmanpitävällä ulkovaipalla saavutettava vedoton sisäilmasto ja lämmöneristyksellä saavutettavat lämpimät sisäpinnat. Tavoitteina ovat siis pieni energiantarve ja hyvä sisäilmasto.

Passiivirakentaminen muuttaa jossain määrin totuttuja rakentamisen periaatteita. Tavanomainen talo voi hyötyä auringon tuottamasta passiivisesta ilmaislämmöstä, mutta passiivitalossa asia ei aina ole näin yksinkertainen. Kokonaisuuden suunnitteluun liittyy olennaisena osana sisäilman lämpötilatasojen analysointi. Auringon lämpökuorma aiheuttaa passiivitaloon helposti yllämpöä. Talon ratkaisut, sijoittelu tontille, suuntaus ja varjostuksen tarve on tarkasteltava kokonaisuutena. Passiivitalon periaatteena on, että tilojen viilentämisen tarve poistetaan tai minimoidaan suunnittelun keinoin, ja mekaanista viilentämistä käytetään vain poikkeuksellisesti.

Passiivitalon energiatavoitteet Suomen ilmastossa on esitelty oheisessa kuvassa. Lämmityksen energiantarpeen rajat ovat suuntaa-antavia. Tavoite on, että sama taloratkaisu soveltuu passiivitaloksi koko maassa.

Euroopan eri osille sovellettavat passiivitalon määritelmät perustuvat *Eurooppalaisen Intelligent Energy Europe -tutkimusohjelman* tutkimuksessa *Promotion of European Passive Houses PEP ja Passive-on* esitettyihin toimivuuspohjaisiin vaatimuksiin.

- Etelä-Euroopan lämpimät ilmastot, energiantarve käytettävissä oleva lattiapinta-alaa kohti:
  - Tilojen lämmitysenergian tarve 15 kWh/m<sup>2</sup>
  - Viilentämisen energiantarve 15 kWh/m<sup>2</sup>
  - Primäärienergian tarve 120 kWh/m<sup>2</sup>
- Keski-Eurooppa, energiantarve käytettävissä oleva lattiapinta-alaa kohti:
  - Tilojen lämmityksen ja viilentämisen tarve yhteensä 15 kWh/m<sup>2</sup>
  - Primäärienergian tarve 120 kWh/m<sup>2</sup>
- Suomi, energiantarve lämmitettävää bruttopinta-alaa kohti:
  - Tilojen lämmityksen energiantarve 20 - 30 kWh/m<sup>2</sup> rakennuksen sijainnista riippuen
  - Primäärienergian tarve 130 - 140 kWh/m<sup>2</sup>
- Kaikissa ilmastoissa rakennuksen ilmastuotoluku  $n_{50} < 0,6$  1/h

Passiivitaloon liittyy usein harhaluulo, että talossa ei ole lämmitysjärjestelmää. Talon oletetaan pysyvän lämpimänä sähkölaitteista ja asukkaista vapautuvalla lämmöllä. Passiivitaloissa on kuitenkin lämmönkehittimet. Passiivitalossa ulkovaipan lämmöneristystaso on niin hyvä, että taloissa ei tarvita perinteisiä lämmönjakojärjestelmiä. Tilojen lämmitys voidaan hoitaa ilmanvaihtoon kytketyllä ilmanvaihtolämmityksellä. Panostamalla ulkovaipan lämmöneristykseen voidaan talotekniikan kustannuksia pienentää ja siten saavuttaa kustannustehokas pienen energiantarpeen talo. Passiivitalon voi toki toteuttaa myös perinteisin lämmönjakoratkaisuin.

## SUOMALAISEN JA KESKIEUROOPPALAISEN PASSIIVITALON EROT

Passiivitalon määrittely Keski-Euroopan käytännöstä poikkeavalla tavalla on aiheuttanut keskustelua siitä, voiko yllä olevaan määrittelyyn perustuva suomalaista taloa kutsua passiivitaloksi. Keskieurooppalaisista passiivitaloista kuitenkin vain harvat täyttävät suomalaisen passiivitalon energiantarvevaatimuksen. Suomalaiset nyt rakenteilla olevat tai valmistuneet passiivitalot täyttäisivät helposti Keski-Eurooppaan rakennettuina passiivitalon vaatimukset.

Oheisessa taulukossa on kuvailtu keinoja passiivitalotason saavuttamiseksi sekä suunnittelun eroja eri maissa. Merkittävin tekijä esimerkiksi Saksan ja Suomen käytäntöjen eroissa on ilmanvaihdon määrä. Saksalaisen passiivitalon energiantarpeen laskennassa käytettävä ilmanvaihto ei täytä Suo-

1 Passiivitalon tilojen lämmitysenergian tarve. Esitetyt rajat ovat suuntaa-antavia.

2 Passiivitalo perustuu hyvään lämmöneristykseen, tehokkaaseen ilmanvaihdon lämmön talteenottoon ja energia-  
tehokkaisiin ikkunoihin ja ulko-oviin. Pienet lämpöhäviöt mahdollistavat perinteisten lämmönjakotapojen korvaamisen yksinkertaisella ilmanvaihtolämmityksellä. Kuvassa 2 on Wienissä Dreherstrassen varrelle vuonna 2007 valmistuneita asuintaloja. Passiivitalojen lämpöeristeenä on käytetty 300 mm EPS eristettä. Talon energiantarve on vuodessa 13,0 kWh/m<sup>2</sup>.



Suunnittelukohde	Suomi	Saksa
<b>Yleiset suunnittelun keinot</b>		
Rakenteiden U-arvot W/m <sup>2</sup> K	≤ 0,1	≤ 0,15
Ikkunoiden U-arvo W/m <sup>2</sup> K	0,8 – 0,9	0,7 – 0,9
Ilmanvaihto	0,5 – 0,6 1/h	0,3 – 0,4 1/h
Lämmön talteenoton vuosihyötysuhde	75 – 80 %	90 %
Maalämmönvaihdin	Ei	On

men rakentamismääräysten hyvän sisäilmaston turvaamiseksi vaadittavaa ilmanvaihtoa. Lisäksi Saksassa huonekorkeudet ovat joskus suomalaista tavonomaista käytäntöä matalampia.

Saksalaisissa passiivitaloissa käytetään lämmöneristetyillä karmeilla ja puitteilla varustettuja muovi- tai alumiini-ikkunoita. Siksi ikkunoiden kokonaislämmönläpäisykertoimet ovat hieman suomalaista puuikkunaa parempia. Saksassa ikkunan U-arvo esitetään usein lasirakenteen keskiosan U-arvona, joka on selvästi koko ikkunan U-arvoa pienempi. Lisäksi talon ominaisuuksia esiteltäessä käytetään ns. standardi-ikkunan U-arvoa, joka on määritelty 1,28 x 1,48 m<sup>2</sup> ikkunalle. Suomessa vastaava käytäntö on 1,2 x 1,2 m<sup>2</sup> ikkuna. Suuremman ikkunan U-arvo on parempi kuin vastaavan pienemmän ikkunan.

Ilmanvaihdon lämmön talteenoton hyötysuhde on saksalaisissa passiivitaloissa suomalaista suurempi. Saksassa lämmön talteenottolaitteiden jäätyminen ei aiheuta samankaltaista lämmön talteen-

oton hyötysuhdetta pienentävää ongelmaa kuin Suomessa. Lisäksi Saksassa käytetään ilmanvaihdon esilämmittämiseen maalämmönvaihdinta, jossa raitisilma kiertää maassa olevissa putkissa. VTT ei suosittele ratkaisua siihen liittyvien ja toistaiseksi selvittämättömien terveysriskien takia.

#### **BETONIRAKENTEINEN PAROC PASSIIVITALO**

*Paroc Oy Ab:n passiivitalohankkeessa* kehitettiin passiivitalon konsepti. Konseptiin perustuvia taloja rakennetaan Vantaan Tikkurilaan, Valkeakoskelle ja Rovaniemelle.

Vantaan passiivitalo on betonirakenteinen. Rakennuksen suunnitteluarvot ovat:

- Lämmönläpäisykertoimet (U-arvot)
  - Ulkoseinät: 0,09 W/m<sup>2</sup>K
  - Yläpohja: 0,07 W/m<sup>2</sup>K
  - Alapohja: 0,10 W/m<sup>2</sup>K
  - Ikkunat: kiinteä 0,7 ja avattava 0,8 W/m<sup>2</sup>K
- Ilmanvaihto > 0,5 1/h
- Lämmön talteenoton vuosihyötysuhde: 80 %

Talon ulkoseinänä on esivalmistettu betonielelementti, jonka ulkopinnassa on 450 mm kivillä. Lämmöneristys toimii samalla ohutrappauksella viimeistellyn julkisivun alustana. Julkisivun huolellisella viimeistelyllä on saavutettu julkisivun hyvä vedenpitävyys. Sadeveden pääsy rakenteisiin ja putkistojen vuodot ovat suurimmat passiivitalojen käytön aikaiset kosteusriskit.

Yläpohja on puurakenteinen ristikkorakenne. Huolellisella toteutuksella saavutettiin hyvä ulkovaipan ilmanpitävyys. Rakennuksen mitattu ilma- vuotoluku  $n_{50}$  on 0,28 1/h, kun passiivitalolle asetettu vaatimus on 0,6 1/h. Tavanomaiseen rakentamiseen verrattuna rakennuksen ulkovaippa on liki 10 kertaa ilmanpitävämpi.

Rakennus vastaa passiivitalojen tavoitetta: energiantarpeen minimi on saavutettu pienin lisäkuuttannuksin. Tilojen lämmityksen laskennallinen energiantarve on vain 18 kWh/m<sup>2</sup> ja kokonaisenergian tarve alle 70 kWh/m<sup>2</sup>. Lämmitys tapahtuu ilmanvaihtolämmityksellä ja kosteissa tiloissa matalalämpöisellä lattialämmityksellä. Asunnoissa on myös tulisijat. Tulisijalämmityksellä saatava energiahyöty riippuu tulisijojen käyttötavoista: passiivitalossa tulisijan käyttö on syytä opetella, jotta tulisijasta vapautuva lämpö ei aiheuta yllämpöä.

Ulkoseinän kokonaispaksuus on noin 600 mm. Rakennuksen ikkunat on sijoitettu rakenteeseen siten, että ikkunan uloin lasi ei jää syvälle rakenteeseen. Betonielementteihin asennettiin korvakkeet leveällä 205 mm karmilla varustettujen ikkunoiden kiinnittämiseksi rakenteeseen ilmanpitävästi.



Paroc Oy

3



Paroc Oy

4



Paroc Oy

5

Paroc Passiivitalon rakentamisen lisäkustannus on 75 euroa/m<sup>2</sup> ja 85 euroa/m<sup>2</sup>, kun tavanomaisen talon rakentamiseen verrattuna hieman suurempi oman työn osuus otetaan huomioon. Kokonaiskustannuksista (rakentaminen, tontti yms.) jälkimmäinen tarkoittaa alle 4 % lisäkustannusta.

### **PASSIIVITALO ON TULEVAISUUDEN RAKENTAMISTAPA**

Passiivitalon energiantarvetaso vastaa lähitulevaisuuden tavoitteita EU:n tasolla. Passiivitalo on myös perusta uuden rakennusten energiadirektiiviehdotuksen energiatehokkuustavoitteille.

EU kaavaillee uudisrakentamisen tavoitetasoksi nollaenergiataloa vuoteen 2020 mennessä. Nollaenergiatalossa rakennus sekä käyttää talon ulkopuolella tuotettua energiaa että tuottaa ulkopuolista energiaa vastaavan määrän energiaa syötettäväksi energiaverkkoihin. Kun passiivitalo edustaa kustannustehokasta tapaa minimoida rakennuksen energiatarve, on uusiutuvan energian tuottaminen ostoenergiaa vastaavasti mahdollista myös Suomen ilmastossa.

3

Paroc Passiivitalo on betonirakenteinen paritalo. Rakennuksen ilmapuotoluku  $n_{50}$  on 0,28 1/h, kun se tavanomaisissa taloissa on yleensä 2 - 4 1/h.

4

Paroc Passiivitalon tilojen lämmityksen tehontarve riippuu ulkoilman lämpötilasta. Talossa tarvitaan lämmitystä, kun ulkoilman lämpötila laskee alle 0°C lämpötilan.

5

Julkisivun huolellisella toteutuksella saavutetaan myös julkisivun hyvä sateenpitävyys.

### PASSIVE HOUSE OF CONCRETE CONSTRUCTION

The key characteristics of a passive house include the thermal insulation of the external envelope, which has been clearly improved over the normal level, as well as efficient heat recovery of the ventilation system, draft-free indoor climate thanks to the air-tight external envelope and warm internal surfaces achieved through thermal insulation. In other words, the objectives are low energy consumption and good indoor climate.

The Finnish passive house differs from the passive houses in Central Europe, partly even by definition. Very few passive houses in Central Europe would meet the Finnish energy consumption requirements for passive houses, while Finnish passive houses currently under construction or already completed would easily fulfil the European requirements.

The most important factor of difference between e.g. German and Finnish practices is the ventilation rate. The ventilation rate used in the calculation of the energy consumption of a German passive house does not meet the rate requirement set forth in the Finnish Building Code to ensure good indoor climate. Moreover, the room heights are sometimes lower in Germany than what is customary in Finland.

Plastic or aluminium windows with heat-insulated frames and casements are used in German passive houses, which results in slightly better total thermal transmittance coefficients than the values achieved with Finnish wooden windows.

The heat recovery efficiency of ventilation is higher in German passive houses than in Finland. In Germany, freezing of the heat recovery units is not a problem while in Finland freezing decreases the efficiency. In addition, ground heat exchangers are used in Germany to preheat ventilation air, with fresh air circulated in pipes embedded in the ground. VTT does not recommend this solution due to the related health hazards, which have so far not been investigated.

Paroc Oy Ab has developed a passive house concept, and the first house built according to the concept has already been completed in Vantaa. The house fulfils the objectives of passive houses: energy consumption has been minimised at low extra costs. The theoretical consumption of heating energy is only 18 kWh/m<sup>2</sup> and the total energy consumption is less than 70 kWh/m<sup>2</sup>. Heating is implemented by a ventilation heating system supplemented with low-heat radiant floor heating in wet spaces.

The costs of the Paroc passive house are 75 euros/m<sup>2</sup> and 85 euros/m<sup>2</sup> higher than the costs of a conventional house, taking into account the somewhat larger share of owner-builder work. The latter translates into an extra cost of less than 4% of the total costs.



Maritta Koivisto

6



Maritta Koivisto

7

6, 7

ENERGYbase toimistotalo on uusi passiivitalo Wienissä. Sen kantava runko on betonia ja sisätilojen näkyvässä pinnossa on käytetty betonia. Ulkoseinärakenteissa on pyritty keveisiin rakenteisiin. Ethernit-levyillä ja lasilla verhotut julkisivut ovat tiiviit. Rakennus pyrkii hyödyntämään 100 %:sti uusiutuvaa energiaa. Lisätietoja koh-teesta [www.pos-architecture.com](http://www.pos-architecture.com)

8

Passiivitaloperiaatteella toteutettu vanhusten palvelu-talo, Hannover, Saksa.



8