

SQUARE – Laatu järjestelmä muutettaessa asuinkerrostaloja energiat ehokkaiksi

Energiansäästötoimenpiteet – ja niiden
vaikutus sisäilmastoon

Supported by

Intelligent Energy  Europe



SQUARE – Laatujärjestelmä muutettaessa asuinkerrostaloja energiatehokkaiksi

Energiansäästötoimenpiteet – ja niiden vaikutus sisäilmastoon

Work Package 5 Energy Improvement Measures,
Deliverable 5.1 report

SQUARE
Coordinated by
SP Technical Research Institute of Sweden
Box 857, SE-501 15 BORÅS, Sweden
www.iee-square.eu

Esipuhe

Tämä osaraportti on osa SQUARE-projektia (EIE/07/093/SI2.466701), jonka tavoitteena on laatu järjestelmän kehittäminen kerrostalojen matalaenergiakorjauksia varten. Projekti on osittain rahoitettu Euroopan komission taholta osana Intelligent Energy Europe (IEE) ohjelmaa. SQUARE-projektin tavoitteena on systemaattisella ja kontrolloidulla tavalla samanaikaisesti energiatehokkaasti korjatut asuinkerrostalot ja hyvä sisäilmasto.

SQUARE projektin partnerit ovat::

- AEE Institute for Sustainable Technologies, Itävalta
- EAP Energy Agency of Plovdiv, Bulgaria
- Aalto yliopiston Teknillinen Korkeakoulu, Energiatekniikan laitos, LVI-tekniikka, Suomi
- Trecodome, Hollanti
- TTA Trama Tecno Ambiental S.L, Espanja
- Poma Arquitectura S.L., Espanja
- SP Technical Research Institute of Sweden, Ruotsi
- AB Alingsåshem, Ruotsi

Kirjoittajat: Armin Knotzer – AEE INTEC, Austria

Sonja Geier – AEE INTEC, Austria

Käännös Jari Palonen - Aalto/TKK

All rights of the pictures and figures in this report are reserved by the owner!

Tiivistelmä

Energiatehokkuudelle asetettu parantamistavoite eurooppalaiselle pääosin 1960-80 rakennetulle asuinkerrostalokannalle asetettu tavoite on 50 % pois nykyisestä kulutustasosta. SQUARE projektin pilotkohteissa tavoitteet on asetettu huomattavasti korkeammiksi, aina 80-90 % säästö lämmönkulutuksesta. Jotta tavoitteisiin päästäisiin, tulee tehokkaimmat energiansäästötoimenpiteet tuntea tarkasti.

Työpaketti 5 keskittyy energiatehokkuutta parantamiseen siten, että samalla parannetaan myös rakennusten sisäilmastoa. Koska Euroopassa vallitsee useita erilaisia ilmastovyöhykkeitä, tulee energiansäästötoimenpiteet suunnitella ilmastonmukaisiksi. Tämä toteutettiin jakamalla Eurooppa kolmeen ilmastovyöhykkeeseen.

Raportissa kuvataan 10 tärkeintä energiansäästötoimenpidettä. Energiatehokkuuden lisäksi toimenpiteillä saadaan paremmin toimiva rakennus. Jokaisesta toimenpiteestä on yleinen kuvaus toimenpiteen sisällöstä, tulosten systemaattisesta varmentamisesta, niiden vaikutus sisäilman laatuun ja parhaat käytännöt sekä linkkejä muihin tietolähteisiin.

Edellä mainittujen lisäksi on laadittu lyhyt lista esitys näistä 10 toimenpiteestä. Ne on tarkoitettu kiinteistö- ja asunto-osakeyhtiöiden päätöksentekijöille, arkkitehdeille ja muille konsulteille. Tiedotusaineisto on ladattavissa SQUARE:n kotisivuilta.

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	1
1.1	SISÄLLÖN JA MENETELMIEN KUVAUS	1
1.2	TAVOITTEET JA KOHDETYHMÄT	1
1.3	RAJOITUKSET	1
2	TAUSTA	3
3	MENETELMÄT	5
4	KAKSI ERILAISTA TOIMENPIDETYYPPIÄ	6
5	ENNAKOIVAT TOIMENPITEET ERI ILMASTOALUEILLA	8
6	KYMMENEN KEINOA PARANTAA ENERGIA TEHOKKUUTTA	9
6.1	ULKOVAIPAN TÄYDELLINEN ERISTÄMINEN	9
6.1.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUUTEEN	9
6.1.2	MUUT EDUT/HAITAT JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	10
6.1.3	ARVOT	10
6.1.4	VERIFIOINTI	10
6.1.5	“PARHAAT KÄYTÄNNÖT” JA LISÄTIEDOT	10
6.2	TERMISESTI OPTIMOIDUT IKKUNAT/OVET	11
6.2.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUUTEEN	12
6.2.2	MUUT EDUT/HAITAT JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	12
6.2.3	ARVOT	12
6.2.4	VERIFIOINTI	12
6.2.5	“PARHAAT KÄYTÄNNÖT” JA LISÄTIETOA	13
6.3	RAKENNUSVAIPAN TIIVEYS	13
6.3.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUUTEEN	14
6.3.2	MUUT EDUT/HAITAT JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	14
6.3.3	ARVOT	14
6.3.4	VERIFIOINTI	14
6.3.5	“PARHAAT KÄYTÄNNÖT” JA LINKI LISÄTIETOIHIN	15
6.4	ULKOSI JA AURINKOSUOJAT	15
6.4.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUUTEEN	16
6.4.2	MUUT EDUT/HAITAT JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	16
6.4.3	ARVOT	16
6.4.4	VERIFIOINTI	16
6.4.5	“PARHAAT KÄYTÄNNÖT” JA LINKIT LISÄTIETOIHIN	17
6.5	VAPAA JÄÄHDYTYS	17
6.5.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUUTEEN	18
6.5.2	MUUT EDUT/HAITA JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	18
6.5.3	ARVOT	18
6.5.4	VERIFIOINTI	18

6.5.5	“PARHAAT RATKAISUT” JA LINKIT LISÄTIETOIHIN	19
6.6	KÄYTTÄJIEN OPASTUS/ ASUKKIDEN KÄYTÖS	19
6.6.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUTEEN	20
6.6.2	MUUT EDUT/HAITAT JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	20
6.6.3	ARVOT	20
6.6.4	VERIFIOINTI	20
6.6.5	“PARHAAT KÄYTÄNNÖT” JA LINNKEJÄ LISÄTIETOOON	21
6.7	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SÄÄTÖ	21
6.7.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUUTEEN	22
6.7.2	MUUT EDUT/HAITAT JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	22
6.7.3	ARVOT	22
6.7.4	VERIFIOINTI	22
6.7.5	“PARHAAT RATKAISUT” JA LINNKEJÄ LISÄTIETOOON	23
6.8	UUSIUTUVIEN ENERGIALÄHTEIDEN KÄYTTÖ	23
6.8.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUUTEEN	24
6.8.2	MUUT EDUT/HAITAT JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	24
6.8.3	ARVOT	24
6.8.4	“PARHAAT KYTÄNNÖT” JA LINKIT LISÄTIETOIHIN	24
6.9	LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN SÄÄDÖN OPTIMOINTI	25
6.9.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUUTEEN	25
6.9.2	MUUT EDUT/HAITAT JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	25
6.9.3	ARVOT	25
6.9.4	VERIFIOINTI	26
6.9.5	“PARHAAT KÄYTÄNNÖT” JA LINKIT LISÄTIETOIHIN	26
6.10	OPTIMAALINEN ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ	26
6.10.1	VAIKUTUS ENERGIA TEHOKKUUTEEN	27
6.10.2	MUUT EDUT/HAITAT VAIKUTUS JA VAIKUTUS SISÄILMASTOON	27
6.10.3	ARVOT	27
6.10.4	VERIFIOINTI	27
6.10.5	“PARHAAT KÄYTÄNNÖT” JA LINKIT LISÄTIETOIHIN	28
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA LISÄTIEDOT	29
8	KIRJALLISUUSLÄHTEET	31
 Liitteet		
A	ENERGIA TEHOKKUUDTOIMENPITEET - DOKUMENTATIO	32
B	ISO 7730 ANALYYSI	37

1 Johdanto

Tämä työpaketti 5 raportti kuvaa kestävän kehityksen mukaisia ratkaisuja asuinkerrostalon energiatehokkuuden parantamiseksi eri puolilla Eurooppaa. Korjausratkaisuissa on huomioitu sisäilman laatu ja lämpöviihtyisyyskysymykset sekä rakennusperinöseit.

1.1 Sisällön ja menetelmien kuvaus

Ensiaskel on energiansäästöpotentialinarviointi (sosiaalilissa) asuinkerrostaloissa eri puolilla Eurooppaa.

Toiseksi arvioida ja asettaa paremmuusjärjestykseen eri energiasäästövaihtoehdot ottaen huomioon rakennussuojelu, ilmasto-olot ja resurssit. Toisaalta arvioidaan näiden merkitys sisäilmaston kannalta.

Lopuksi arvioidaan energiansäästötoimenpiteiden vaikutuksia rakennusten käytettävyyteen ja muihin huomioitaviin seikoihin nähden.

1.2 Tavoitteet ja kohdetyhmät

Keskeisin tavoite on osoittaa energiatehokkuustoimenpideluettelon merkitys. Toimenpiteiden ei tule keskittyä vain peruskorjausjakoon vaan rakennuksen käyttöön peruskorjausten jälkeen. .

Toinen tavoite on luoda tiedotusaineistoa asuinkerrostalon energiatehokaasta korjauksesta eri ilmasvyöhykkeillä ja erilaisissa asuinkerrostaloissa. Tiedot on muokattu käytettäväksi kiinteistöosaakeyhtiöiden, asunto-osaakeyhtiöiden rakennuttajien, isännöitsijöiden, konsulttien ja asukkaiden toimesta. (Luetteloitu SQUARE työpaketti 3).

1.3 Rajoitukset

Raportin sisältö perustuu SQUARE projektin tuloksiin. ja kohderyhmien kannalta keskeisiin energiatehokkuuden parantamistoimenpiteisiin. Lyhyen ja havainnollisen katsauksen luonti on hyvin tärkeää. Tarkoitus ei ole mennä yksityiskohtiin ja erilaisiin rakennustyyppisiin tai rakennusperintön resursseihin vaan tehdä selväksi, mitkä parannustoimenpiteet ovat todella tärkeitä peruskorjauksen ja käytön kannalta ottaen huomioon energiatehokkuus ja sisäympäristö



Kuva 1: Sosiaalinen vuokrakerrostalo
Makartstraße Linz - Austria AFF

(Ilman laatu ja lämpöviihtyisyys).

Energiansäästötoimenpiteet on valittu siten, että ne sopivat vuosina 1960 ja 1980 (kuva 1), koska kyseisenä aikakautena kaikkialla Euroopassa rakennettiin runsasti asuinkerrostaloja. Näiden rakennusten energiatehokkuus on myös heikointa laatua (SQUARE työpaketti 2).

2 Tausta

Asuinkerrostalon energiatehokkaasta peruskojauksesta tarkasteltaessa keskeistä on alhainen primääri ja loppuenergian käyttö suunnittelun, rakentamisen ja käytön aikana. Tätä tulee korostaa sekä peruskorjaustoimenpiteissä ja talotekniikkajärjestelmissä. .

Energia-analyyseja varten tarvitaan tiedot nykyisestä energiankäytöstä ja tavoitteeksi asetetuista kulutusluvuista (Liite A). Lämpöviihtyisyyden laskennallinen tarkastelu edellyttää U-avojen selvittämistä. Näiden avulla voidaan tehdä tarvittavat viihtyisyystarkastelut lämmityskaudella ISO 7730 mukaisesti. Tämän lisäksi on paljon muuta huomioon otettavaa. Asuinkerrostalon energiankäytön analyysi ja ymmärtäminen edellyttää useiden asioiden selvittämistä energiakatselmuksessa.

Tarjolla on lukuisia erilaisia vaihtoehtoja energiatehokkuuden parantamiseksi eri ilmastovyöhykkeillä. SQUARE projektissa päädyttiin kolmen eri ilmastovyöhykkeen käyttöön. Nämä on esitelty taulukossa 1. Jako ei ole tieteellisen tarkka vaan enemmänkin havainnollinen tapa osoittaa ilmastovyöhykkeittäin keskeiset energiansäästöratkaiut.

Taulukko 1. Kolmen Eurooppalaisen ilmastovyöhykkeen ominaispiirteet. Ilmastovyöhykkeet on yarkoitettu ainoastan energiansäästöratkaisuiden valinta varten. (Vyöhykejako on kehitetty SQUARE projektissa AEE INTEC toimesta.

ILMASTO/ OMINAISPIIRTEET	Lämmin	Leuto	Viileä
Lämmityskauden mitoituslämpötila [°C]	0 to -10	-10 to -16	-12 to -32
Ulkoilman keskilämpötila lämmityskaudella [°C]	+ 8 to +10	+2 to +4	+2 to -10
Kesäajan keskilämpötila [°C]	+20 to +24	+17 to +22	+10 to +16
Lämmitystarveluku 20/12 [K.d]	1.200 – 3.000	3.000 - 4.500	4.500 – 7.000
Auringon säteilyenergia vaakasuoralle pinnalle [kWh/m²a]	1.200 – 1.500	1.000 - 1.200	Up to 1.000

Edellä mainittujen seikkojen lisäksi sisäilmastoparametrit, taulukko 2. Huonelämpötilojen suunnitteluvarot vaihtelevat eri maissa paikallisten suunnitteluperusteiden mukaisesti. Myös sisäilman mittausmenetelmät vaihtelevat maittain. Pohjoimaat suosivat ilmamäärien mittausta ja laskennallista asunnon

ilmanvaihtokerointa, muualla Euroopassa suositetaan CO₂-pitoisuutta asunnonilmanvaihdon ja ilman laadun indikaattorina. Tämä on ymmärrettävää koska Etelä-Euroopassa käytetään paljon luonnollista ilmanvaihtoa, jolloin asunnon ilmapuhtaus voidaan mitata vain merkkiaineella- tai kaasulla. Suomessa painovoimainen ilmanvaihto jäi asuinkerroksalosta pois jo 50 vuotta sitten. Poistoilmamäärät ovat todenneuvissa yleensä poistoilmajelimitystä. Espanjassa esimerkiksi uusille asunnoille, joissa on poistoilmajelimityksiä, on asetettu vähimmäisilmanvaihtoluktoimet. lity. CO₂-ohjausta ei kuitenkaan vaadita tässä yhteydessä. CO₂ säätimien käyttö ilmanvaihdon tarpeenmukaiseen ohjauksen olisi kuitenkin erittäin suositeltavaa.

Taulukko 2. Sisäilmaparametrejä eri ilmastovyöhykkeille. (laatinut AEE INTEC ja SQUARE partnerit)

ILMASTO	LÄMMIN	Leuto	Viileä
Huonelämpötila Talvi/Kesä [°C]	21/ < 26	20/ < 26	20/ < 26
Ilmanvaihtokeroin rate [1/h] tai	0,35-0,4	≥ 0,3	0,2-0,5 *
CO ₂ -pitoisuus [ppm]	< 1.000	800	900-1.000

*Tyhjä/Asuttu asunto

SQUARE:n pilotprojektit eri maissa käyttävät erilaisia mittausmentelmiä sisäilmaston laadun analysoimiseksi – opas laatu järjestelmän käyttöön, työpaketti WP4 [6].

3 Menetelmät

Eurooppalaisen asuinkerrostalokannan energiankulutuksen ja sisäilmaston analysointi oli ensimmäinen askel kohti säästöpotentiaalin arvioinnissa. Tämä työ tehtiin yhteistyössä työpaketti 2:ssa (taulukko 3).

Taulukko 3. Arvioitu energiansäästöpotentiaali asuinkerrostaloissa. (Lähde: SQUARE-työpaketti 2:n sisäinen raportti 2, vuonna 2009)

	Lämmitysenergiantarve [kWh/m ² a]	Energiansäästöpotentiaali [%]
Itävalta	210	50-60
Bulgaria	> 170	40
Suomi	> 170	50
Espanja	55 to 100	60
Ruotsi	210	50-60

Yksi tavoitteista oli kerätä tietoa ja kokemuksia erilaisista energiansäästötavoista. Pääasiallisesti on käytetty projektin pilotkohteita (liite A). Asuntojen lämpöolotarkasteluihin käytettiin EXCEL laskentapohjaa, joka perustui ISO 7730 (Liite B).

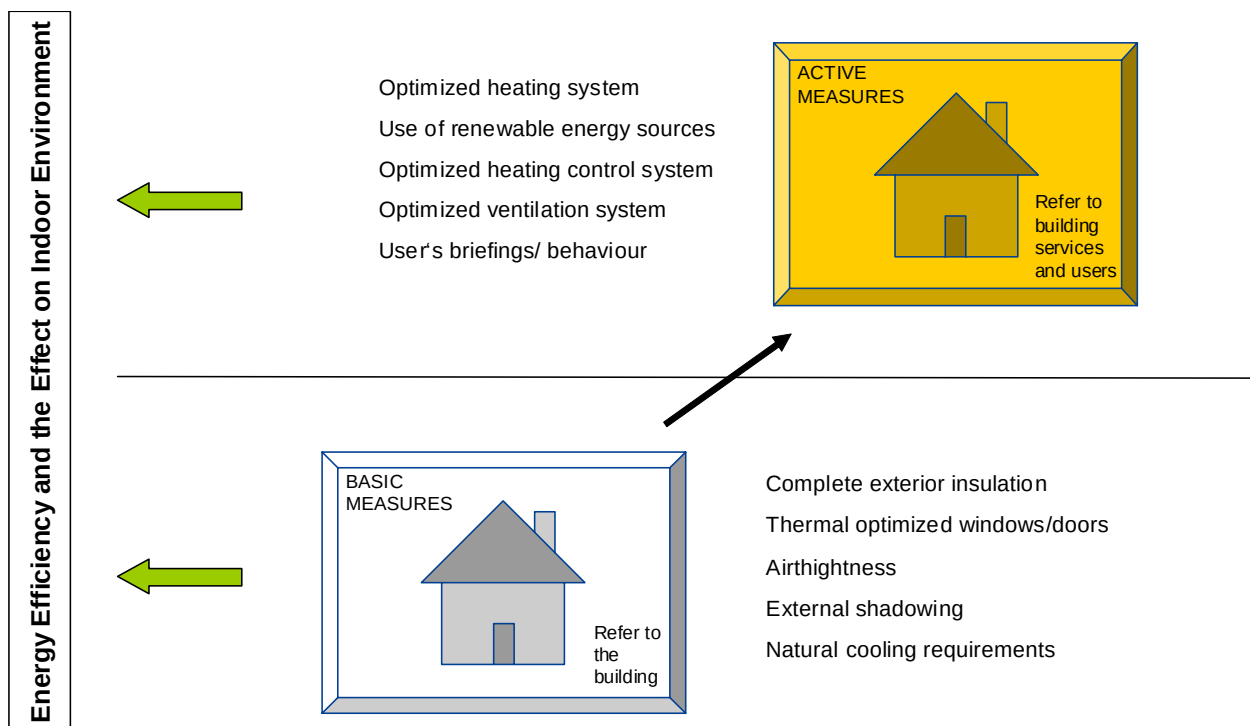
Toisena tavoitteena oli laajenta tarkastelu kaikkien energiatehokkuuden parantamishankeisiin eri ilmastovyöhykkeille Euroopassa. Energiansäätöprojektin osapuolten on helppo tehdä päätös, onko toimenpide toteuttamisen arvoinen. Toimenpiteiden tulee toteuttamiskelpoisia ja helposti ymmärrettäviä. Seuraavaksi esiteltävät 10 eri toimenpidettä on tarkastelujen tulos.

Energiatehokkuuden parantamistoimenpiteet on järjestetty näiden säästöpotentiaalin mukaan erilaisissa asuinkerrostaloissa. Arviointi tehtiin ensisijaisesti ilmasto-olosuhteiden mukaan (lämmitys- ja jäähdytystarve), mutta myös huomioon ottaen rakennustavat ja paikalliset resurssit ja rakentamismääräykset. Lisäksi toimenpiteiden vaikutukset (hyödyt ja haitat) sisäilmastoon (lämpöolot ja ilman laatu) erilaissa rakennuksissa on huomioitu työpaketti WP 5:ssä. .

Kansallisista projekteista työpaketti 6:ssä kerättyjen tietojen, työpaketin omien ja partnereiden kokemusten lisäksi täydensivät työpaketti WP 5 sisällön. .

4 Kaksi erilaista toimenpidetyyppiä

Energiatieteiden parannustoimenpiteet voidaan jakaa kahteen ryhmään nergy input or demand (kuva 1.).



Kuva 1 Energiatieteiden parannustoimenpiteiden kaksi tasoa – PERUS ja AKTIIVITASO johtavat parempaan energiatieteeseen ja ja hyvään sisäilmaston laatuun (AEE INTEC)

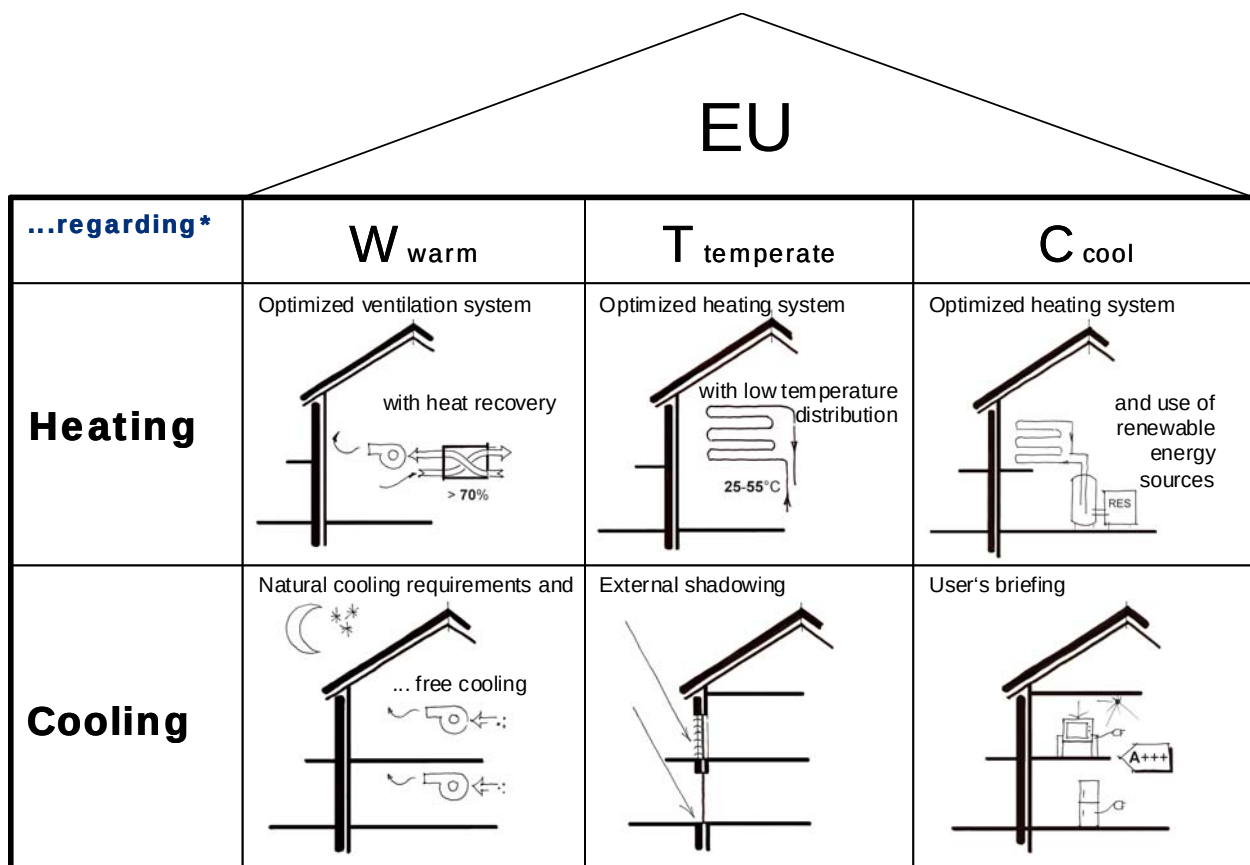
PERUS-tason toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi on tarkoitettu minimivaatimuksiksi energiatehokalle ja sisäilmastoltaan hyvälle rakennukselle ennen taloteknisten järjestelmien optimointia. Nämä toimenpiteet liittyvät rakennuksen rakenteisiin ja niiden osiin. Näiden toimenpiteiden toteutuksen edellyttämä energia on selkeästi vähäisempi kuin saavutettavat säästöt. Optimointi koskaa rakennuksen passiivisia osia.

AKTIIVISET (energiatieteisuus) toimenpiteet ovat täydentäviä ja kunnossapitoon liittyviä toimenpiteet. taloteknisille järjestelmille tarkoituksena parantaa näiden toimintaa tai uusia niitä. Nämä toimenpiteet suoritetaan kun rakennus on saatu korkeintaan energiatieteisuuden luokkaan. Pitkällä tähtäimellä ja verattu perustason toimenpiteisiin näiden vaikutus energiansäästön suuruuteen on pienempi mutta merkittävä. Tarvittava työ ja investoinit ovat suhteessa suuremmat koska investointien elinkaari on lyhyempi. Näitä ovat esimerkiksi lämmönjakokeskuksen, ilman laatuantureiden ja lämmöntalteenoton uusiminen tai rakentaminen. Optimointityö käsittelee rakennuksen aktiivisia järjestelmiä.

Luokituksen mukaan – kaksi relevanttia energiatehokkuuden parantamisperiaatetta asuinkerrostaloja varten voidaan esittää, 5 toimenpidettä on PERUS-tasoa ja 5 toimenpidettä aktiivisia (kuva 1. ja kappale 6.).a

5 Ennakoivat toimenpiteet eri ilmastoalueilla

piteet ovat erilaisia voimavarojen tarpeiltaan ja energiavaikutuksiltaan. Ilmastovyöhykkeittäin tarkasteltuina toimenpiteiden määrä on pieni. Nämä liittyvät lämmitykseen ja jäähdytykseen. Kuvassa 2 pyritään antamaan lyhyt kuvaus ja selkeä kuvaus. Se on kitenkin suppea kuvaus työpaketti WP 5:stä.



* Source: AEE INTEC, verified by SQUARE partners

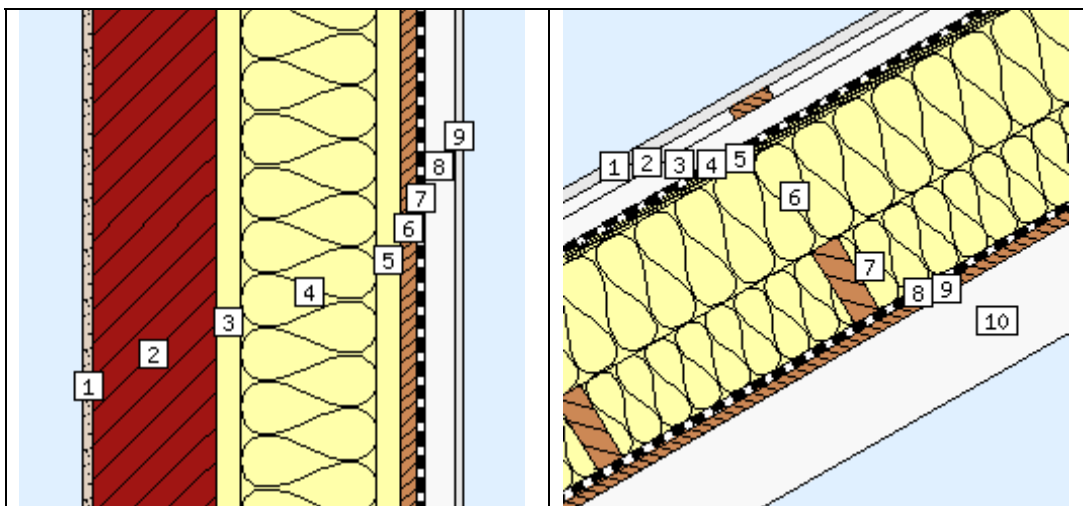
Kuva 2. Keskeiset energiatehokkuutta (lämmitys ja jäähdytys) parantavat toimenpiteet Euroopan eri ilmastovyöhykkeillä sijaitsevilla asuinkerrostaloissa. (AEE INTEC)

6 Kymmenen keinoa parantaa energiatehokkuutta

6.1 Ulkovaipan täydellinen eristäminen

Kaikilla ilmastyövyöhykkeillä on tarvetta parantaa rakennusten eristystä. Etelässä riittää 5cm ja pohjoisessa tarvitaan jopa 40cm. Ennen lisäeristystä rakenteet tulee tutkia tarkoin (alapohja, ulkoseinät, katto jne.). Havaitut kosteusvauriot tulee kuivata ja selvittää niiden aiheuttaja.

Rakennusfysikaalisista syistä eristys tulee sijoittaa kantavan ulkoseinärakenteen ulkopuolella (katso kuva 3.). Näin on myös helpompi korjata ja välttää kylmäsiltoja, prittä paksumpien ikkunoiden karmit ja hyväksikäyttää rakennuksen massa lämpö- ja kylmävarastona. Sisäpuolista eristettä käytetään historiallisesti arvoissa rakennuksissa mutta se on riskialtisratkaisu.



Kuva 3. Yksityiskohtia ulkoseinän ja katon lisäeristyksestä. Numerot viittaavat eri kerroksiin. Seinä 1 Pintarappaus, 2 Tiilipintainen elementtiseinä, 3-4-5 Mineraalivilla Flax between different thick wood C-posts, 6 Puulevy ja 1mm ilmarako levyjen välissä, 7 Kosteutta läpäisevä tuulensuojalevy, 8 Tuuletusrak ja hyönteisverkko, 9 Kuitusementtilevy. Katto: 1 Kate, 2 Rimoitus 3/5, Ristitimoitus ja tuuletusväli 5/5, 4 Kosteutta läpäisevä tuulensuojalevy, 5 hengittävää puukuitua, 6 ja 7 mineraalivillaa tai vastaavaa vertikaalisen ja horisontaalisen runkorakenteen välissä, 8 Kosteussulku, 9 Exposed shuttering - tongue and groove, 10 Freely visible rafters (Reference: IBO - Austrian Institute for Healthy and Ecological Building, 2009)

6.1.1 Vaikutus energiatehokkuuteen

Lisäeristys vähentää lämpöhäviöitä ja kylmäsiltoja.

6.1.2 Muut edut/haitat ja vaikutus sisäilmastoon

Lisäeristys parantaa lämpöviihtyisyyttä, mikäli alkuperäisen rakenteen U-arvo on suuri. Kylmäsiltojen aiheuttamat kosteusvauriot poistuva massaa voidaan hyödyntää jäähtymyksessä vain mikäli eriste on seinän ulkopinnassa (katso kohta 6.5).

6.1.3 Arvot

Eristyksen hyvyyttä mitataan U-arvolla (yksikkö: W/m^2K). Se vaihtelee $< 0,2 W/m^2K$ (tai vähemmän passiivitaloissa) kylmässä ilmastossa $< 0,5 W/m^2K$ lämpimässä ilmastossa.

Kylmäsilan vaikutusta kuvaa termi W/mK (U). Se kuvaa kylmäsilasta aiheutuvaa ylimääräistä lämpöhäviötä. Kylmäsilan lämmönjohtavuudelle on vaikeaa esittää enimmäisarvoa. Se riippuu ympäröivän materiaalin lämmönjohtavuudesta. Paksu eriste kylmäsilan ympärillä on tärkeää mutta se heikentää olennaisesti kokonaisuuden lämmöneristävyyttä. Alhainen U:n arvo ilmoittaa kylmäsilan vaikutuksen olevan vähäinen. Se merkitsee myös tasaista seinän pintalämpötilajakaumaa. Tavoitteellinen arvo on alle $0,05 W/mK$ [2].

6.1.4 Verifiointi

Seuraavissa kansainvälisissä ja eurostandardeissa kuvataan lämmöneristävyyden laskentaa ja mittauksia:

- EN ISO 6946 – Rakkekomponentit ja -elementit – Terminen vastus ja lämpöjohtavuus – Laskentamenetelmä (U-arvo)
- EN 15251 - Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics
- EN ISO 7730 - Ergonomics of the thermal environment - Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria (thermal comfort) – Excel työkalu saatavissa SQUARE projektilta (katso liite B)
- EN ISO 10211 - Thermal bridges in building construction - Calculation of heat flows and surface temperatures, e.g. Part 2: Linear thermal bridges (thermal bridges)
- Detailed engineering drawings are useful to identify and describe thermal bridges

6.1.5 “Parhaat käytännöt” ja lisätiedot

Kaikisa SQUARE projektin koekohteissa on käytetty ulkovaipan lisäeristystä keskeisenä toimenpiteenä (katso kuva 4, kuva x ja kansallisia raporteja [3]).

Linkejä Saksan ja Itävaltaan:



<http://www.ibo.at/en/index.htm> ja <http://www.baubook.info/PHBTK/>:
Passiivitalojen yksityiskohtia – Luettelo ekologisista ratkaisuista
<http://www.impulsprogramm.de>:

Kuva 4.: Esivalmistettu ja -eristetty
moduliseinä Dieselweg, Graz; AEE INTEC

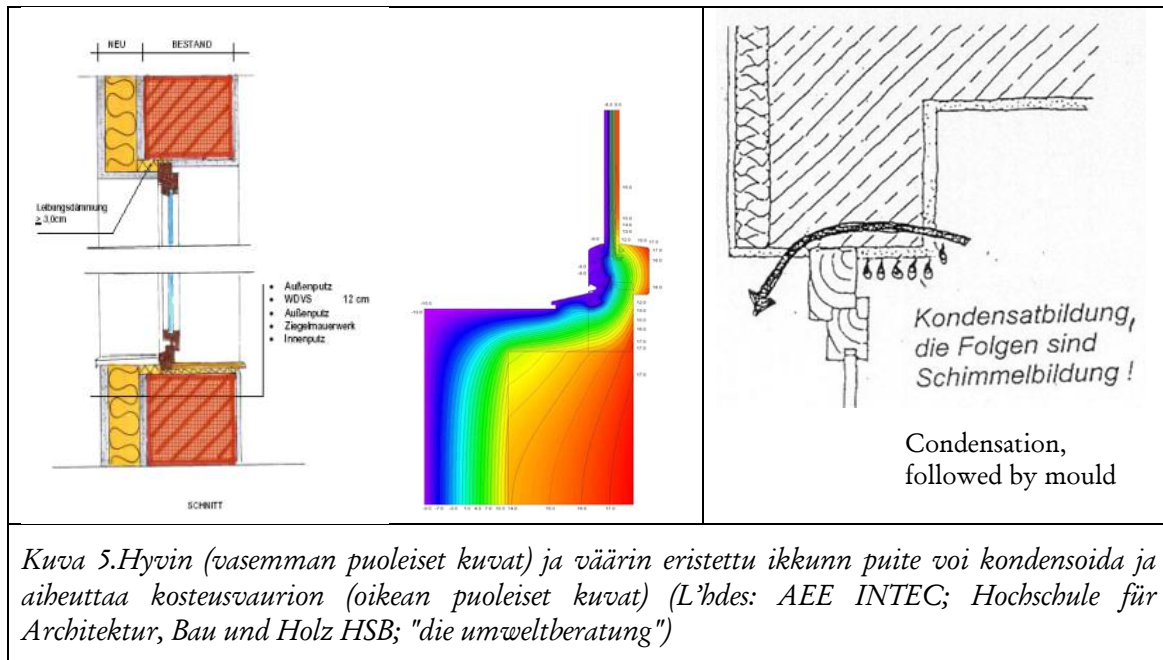


Kuva 5. Lisäeriste ja uusi fasadi Brogården/Sweden (vasen kuva) ja sama sisältäpäin tapauksessa, jossa ulkoseinän ulkopintaa ei voida lisäeristää historiallisessa rakennuksessa San Juan de Malta/Spain (References: SP ja TTA)

6.2 Termisesti optimoidut ikkunat/ovet

Kaikisa Euroopan ilmastovyöhykkeillä tarvitaan paremmin eristettyjä ikkunoita ja ulko-ovia. Tämä on erityisen tärkeää kylmässä ja leudossa ilmastossa. Ne yleistyvät myös lämpimässä vyöhykkeessä.

Ikkunoiden ja ovien alhaisen U-arvon lisäksi niiden ilmanpitävyys on erittäin myös lämpöviihtyisyyden kannalta (kuva 5.).



6.2.1 Vaikutus energiatehokkuuteen

Ikkunat ja ovet, joilla on alhainen U-arvo vähentävät lämpöhäviöitä ja parantavat lämpöviihtyisyyttä niiden läheisyydessä lämmityskaudella. .

6.2.2 Muut edut/haitat ja vaikutus sisäilmastoon

Suuret ikkunat hyvin eristetyssä asunnossa nostaa huonelämpötiloja keväällä ja kesällä. Ratkaisuna tähän ongelmaan on esimerkiksi ikkunakoon pienentäminen, aurinkosuojaus (katso myös kappale 6.4).

6.2.3 Arvot

Ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvot vaihtelevat alle $1 \text{ W/m}^2\text{K}$ (tai passiivitalotasoa) kylmässä ilmastossa aina $3 \text{ W/m}^2\text{K}$ lämpimässä ilmastossa. Auringonsäteilyn läpäisykerroin. (G-arvo) (huomioi ikkunan kautta satavan lämmitysenergian). Se vaihtelee 0,4 (erittäin hyvin eritetty ikkuna) ja 0,75 (kaksilasinen ikkuna) [4]. Se tarkoittaa sitä, että 40-75% auringonsäteilyä läpäise ikkunan.

6.2.4 Verifiointi

Seuraavissa kansainvälisissä ja eurostandardeissa kuvataan ikkunoiden ja ovien lämmöneristävyyden laskentaa ja mittauksia:

- EN ISO 10077 - Thermal performance of windows, doors and shutters - Calculation of thermal transmittance (U-value)
- EN 410 - Glass in building - Determination of luminous and solar characteristics of glazing (g-value)
- DIN 4108 - Thermal protection in building construction (fixing windows; „RAL-mounting“)

- ÖNORM B 5320 - Connection joints for windows, French doors and doors in external construction elements – Principles for design and execution of work (fixing windows)

6.2.5 “Parhaat käytännöt” ja lisätietoa

Kaikissa SQUARE projektin koerakentamiskohteissa käytetään korkealaatuisia ikkunoita ja ulko-ovia [3]. Pilot-projektissa Dieselweg Graz/ Itävalta, käytettiin esivalmistettuja julkisivuelementtejä, joihin ikkunat on asennettu valmiiksi (kuva 6).

Linkit Itävaltaan ja Saksaan:

<http://www.ift-rosenheim.de/>: iikkunoiden testaus ja sertififointi

<http://www.ibo.at/en/index.htm> and <http://www.baubook.info/PHBTK/>:

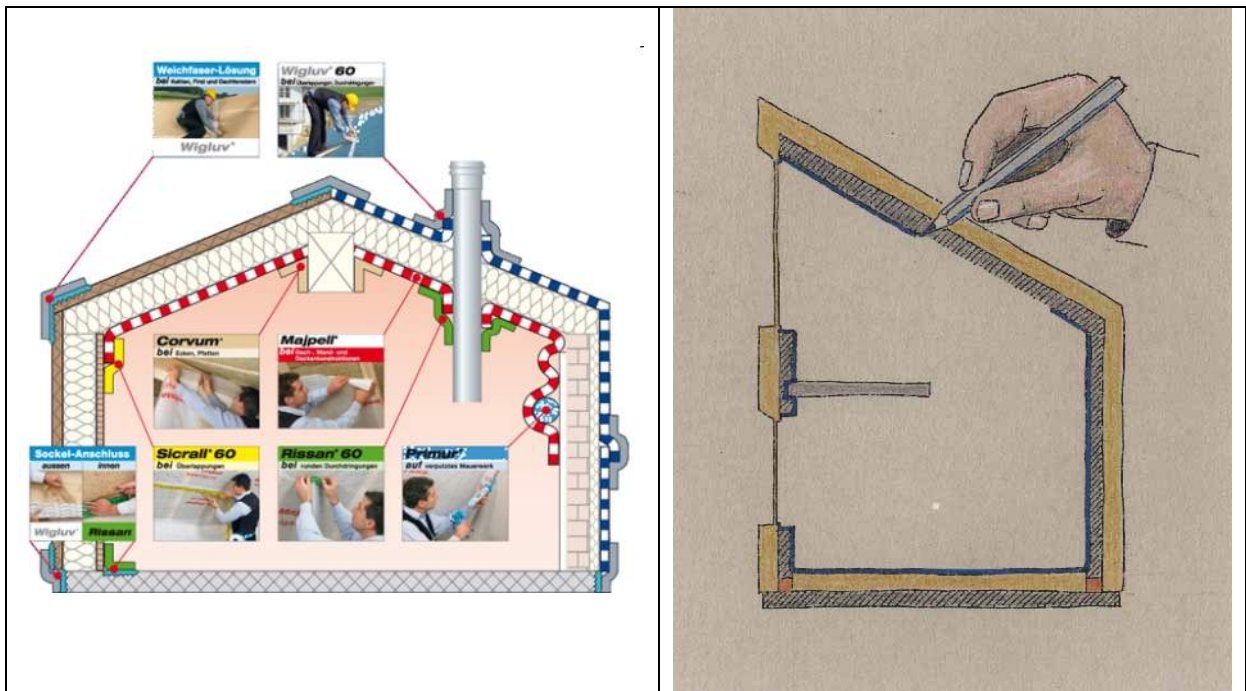
Passiivitalojen rakennusratkaisut – Lettelo ekologisista ratkaisista



Kuva 6. Kolmilasiset ikkunat, joiden U-arvo on $0,85 \text{ W/m}^2\text{K}$, pilot projektissa Brogården/Sweden (vasen kuva) ja julkisivuelementtiin integroitu ikkuna Dieselweg Graz/Austria (References: SP and AEE INTEC)

6.3 Rakennusvaipan tiiveys

Periaatteessa kaikissa, mutta erityisesti kylmässä ja lauhkeassa ilmastovyöhykkeessä tarvitaan ilmanpitäviä ulkovaipparakenteita. Tärkein periaateratkaisu on se, mine ilmanpitävä rakenne tehdään (ulkoseinän sisäpinnalle vai uuden ja vanhan rakenteen rajapintaan, jne) ja miten muut rakkennusosat kuten ikkunat ja ulkoovet liitetään siihen. (katso kuva 7).



Kuva 7. Ilmanpitävä rakenne; kiinnitä huomio liitoskohtiin (Lähde: Siga; PHI Darmstadt)

6.3.1 Vaikutus energiatehokkuuteen

Hyvä ilmanpitävyys säästää lämmityskuluissa kylmässä ilmastovyöhykkeessä ja jäähdytyskuluissa läpimässä vyöhykkeessä.

6.3.2 Muut edut/haitat ja vaikutus sisäilmastoon

Kylmässä ilmastossa vetoisuus vähenee.. Kosteus- ja homevaurioiden riski vähenee kun kostea ilma ei pääse viileän rakenteen sisälle. Yhden millimetrin levyisestä ja metrin pituisestä raosta virtaa päivässä 800 grammaa vettä rakenteisiin mikäli ilmanpitävyys on ainoastaan $0,5\text{g}/\text{m}^2(\text{l})$ [5].

6.3.3 Arvot

Ilmanpitävyys voidaan mitata asunnon ulko-oviaukkoon asennettavalla yli/alipaineistajalla "Blower Door Test".. Tuloksena on n_{50} -luku. Peruskorjauksen jälkeen luvun tulisi olla enintään 1,5 /h (passiivitalossa enintään 0,6 /h) [2].

6.3.4 Verifiointi

Seuraavassa Eurooppalaisessa standardissa kuvataan menetelmä ilmanpitävyyden mittaamiseksi:

EN 13829 – Rakennusten lämpöteknillinen toiminta - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method (blower door test)

6.3.5 “Parhaat käytännöt” ja linkki lisätietoihin

SQUARE-projektin koekohteista suurin haaste on aikaansaada riittävä ilmanpitävyys (katso kuba 8. ja raportti [3]).

Hyödyllinen linkki Saksaan:

<http://www.passiv.de/>: information to meet the requirements here



6.4 Ulkoiset aurinkosuojat

Ulkoisten auringonsuojien tarkoituksena on estää asunnon ylikuumeneminen kesällä.

Se on erityisen tärkeää lämpimässä ilmastossa mutta parantuneen eristyksen myötä myös muissa ilmastovyöhykkeissä. On myös muita syitä kuten asunnon asunnon lisäntyvät lämpökuormat (asunnon tekniset laitteet), isot ikkunat ilman omaa suojausta jne.



6.4.1 Vaikutus energiatehokkuuteen

Ulkoiset auringonvarostimet vähentävät jäähdytystarvetta ja säästävät jäähdytysenergiaa mikäli koneellista jäähdytystä käytetään. Ne voivat vähentää keinovalontarvetta (kuva 9) tai ne voivat lisätä keinovalon tarvetta (kuva 10).

6.4.2 Muut edut/haitat ja vaikutus sisäilmastoon

Päivänvalon käyttö vähentää keinovalon tarvetta. Miköli sälekaihtimet ovat suljetut ilman, että päivänvaloa pääsee sisälle, keinovalon tarve kasvaa tarpeettomasti. Asunnon sisäinen suojaus vähentää häikäisyä ja heijastuksia.

6.4.3 Arvot

Valoaläpäivän rakenneosan auringonläpäisykerroin ilmaistaan $F_c(z)$ - tai T_s -arvoina. Sen arvn tulee olla enintään 0,3 – mikä tarkoittaa, että enintään 30 % auringonsäteilyä läpäisee rakenteen. Vastaavasti päivänvalokerrointa D käytetään ilmaisemaan päivänvalo-ominaisuuksia. On hyvin yleistä ja helppoa vaikuttaa huoneen päivänvalon laatuun. Sitä kuvataan luminanssina (yksikkö on %). Mitä suurempi D :n arvo on, sitä enemmän päivänvaloa on saatavilla huoneessa. Sen tulee olla suurempi kuin 4 kaikissa huoneissa (4 % ulkoilman luminanssista).

6.4.4 Verifiointi

Seuraavat kansainväliset ja kansalliset stadardit käsittelevät varjostuksen ja päivänvalon määrän ja laadun laskentaa ja mittausta.

- EN 14501 - Blinds and shutters- Thermal and visual comfort- Performance characteristics and classification (solar transmittance)
- ASTM E1084 - 86(2009) - Standard Test Method for Solar Transmittance (Terrestrial) of Sheet Materials Using Sunlight (solar transmittance factor)
- ÖN B 8110-3 - Thermal protection in building construction - Heat storage and solar impact (solar transmittance values)
- DIN 5034 - Daylight in interiors- Part 4: Simplified determination of minimum window sizes for dwellings
- VDI 6011-1 - Optimisation of daylighting and artificial lighting – fundamentals (daylight)

6.4.5 “Parhaat käytännöt” ja linkit lisätietoihin

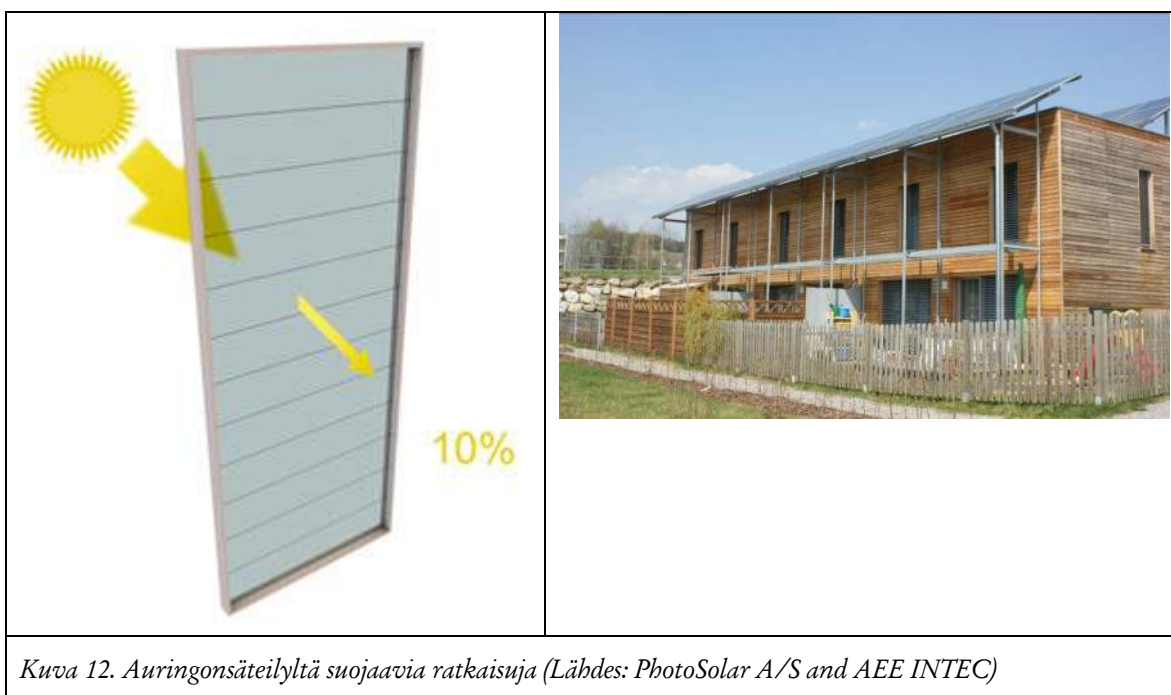
SQUARE-projektin pilotkohteissa käytetään erilaisia suojausratkaisuja [3]. Suomessa tavoitteena oli käyttää parvkkeita ilman lasituksia.

<http://www.keep-cool.eu/CM.php>: Viihtyisyys kesäaikana rakenuksissa.

<http://www.es-so.com/en/Solar-shading/types-of-shading-devices.html>:

Erilaisia

varjostimia (katso kuva 12.)

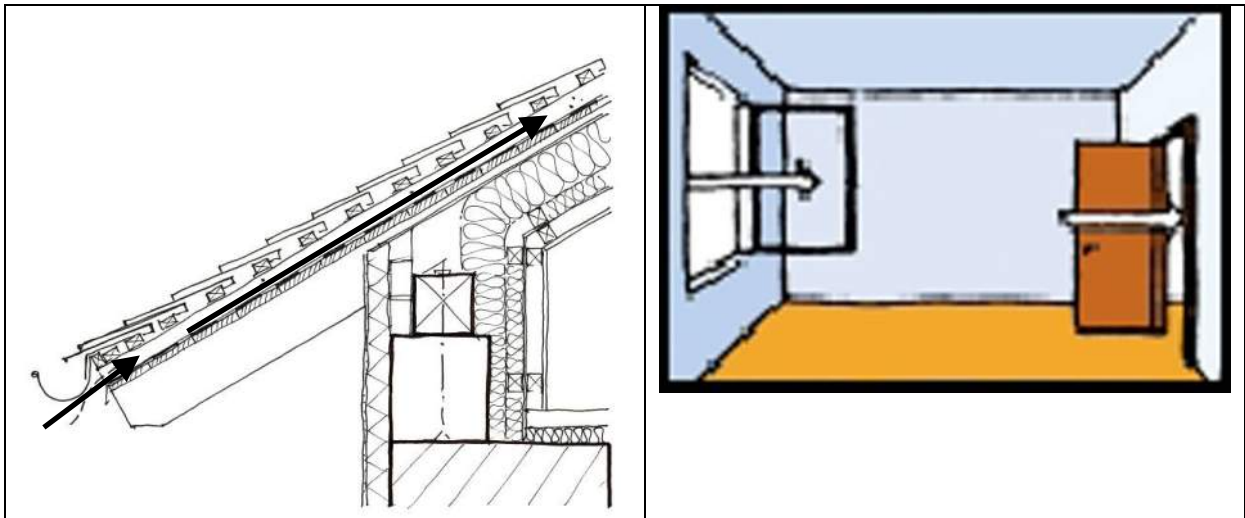


Kuva 12. Auringonsäteilyltä suojaavia ratkaisuja (Lähdes: PhotoSolar A/S and AEE INTEC)

6.5 Vapaa jäähdytys

Lämpimän ilmaston alueella ullakontuuletus (luonnos kuvassa 13) ja vaaleaksi väritetty katto ja julkisivu, läpituuletus (kuva 13.) ja yötuuletus (katso kappale 6.10),

yhdistettyinä ulkoiseen eristykseen ja sisäpuoliseen lämpöä varastoivaan massaan ovat suositeltavia ratkaisuja sisälämpötilan hallintaan kesällä myös leudossa ilmastossa..



Kuva 13. Tuuletettu ullakko (katto) ja läpituuletus ovat vapaa jäähdytyksen perusratkaisujas (Lähdes: AEE INTEC)

6.5.1 Vaikutus energiatehokkuuteen

Vapaa jäähdytys vähentää jäähdytysenergian tarvetta. Asuinkerrostaloissa tulisi välttää koneellisen jäähdytyksen käyttöä. Kaukokylmä tai maaperästä saatava kylmä ovat energiatehokkaita vaihtoehtoja jäähdytysenergian lähteitä.

6.5.2 Muut edut/haita ja vaikutus sisäilmastoon

Vaaleat julkisivut (eriste ulkopinnassa tai tuuletettu rakenne) ja tuuletettu katto suojaavat materiaaleja lämpötilavaihteluiden aiheuttamilta materiaalivaurioilta koska ne heijastavat tai poistavat rakenteisiin kohdistuvan auringon säteilylämmön pois. Läpituuletus on tietyissä tilanteissa koneellisen jäähdytyksen täydentäjä. Ulkoilman alhainen lämpötila, liikennemelu, katumelu, katupöly, siitepöly, nopeat säävaihtelut estävät ikkunatuuletuksen käytön. Ikkunatuuletuksella ei myöskään voida ratkaista heinä- elokuussa esiintyvää liian kostean ulkoilman aiheuttamaa viihtyisyyshaittaa.

6.5.3 Arvot

Jotta ilma virtaisi kattorakenteessa, tarvitaan vähintään 2 cm suuruinen virtausrako katteen ja eristyskerroksen väliin. Läpituuletus edellyttää tuuletusikkunaa ja parvekkeen ovea vastakkaisilla puolilla rakennusrunkoa. Avattavat ikkunat asunnoissa ovat Suomessa pakollisia. Lämpöä varastoivan ja luovuttavan massan tulisi olla etelän puoleisissa huoneissa 1.500 to 5.000 kg ikkuna neliometriä kohden.

6.5.4 Verifiointi

Seuraavat kansainväliset ja kansalliset standardit käsittelevät laskentaa ja mittausta:

- EN 12792 - Ventilation for buildings - Symbols, terminology and graphical symbols (cross ventilation)
- EN ISO 13786 - Thermal performance of building components - Dynamic thermal characteristics - Calculation methods (heat storage)
- DIN 4108 - Thermal protection in building construction (heat storage)
- ÖN B 8110-3 - Thermal protection in building construction - Heat storage and solar impact (heat storage)
- Simulations (heat storage, cross ventilation,...)

6.5.5 “Parhaat ratkaisut” ja linkit lisätietoihin

Espanjan pilotprojektissa käytetään tuuletettua kattoa.

<http://www.keep-cool.eu/CM.php>:

Kesäajan viihtyisyys rakennuksissa

Kuva 14: Tuuletettu katto Espanjan pilotkohteessa (TTA)



Linkki Itävaltaan:

<http://www.ziegel.at/main.asp?content=technik/Waerme/waermesp.htm>

6.6 Käyttäjien opastus/ Asukkaiden käyttö

Jokainen peruskorjausprojekti on ennen kaikkea teknillinen ja organisatorinen haaste. Asukaille (käyttäjille) suunnattu tiedonvälitys ja opastus tehokkaasen energiankäytön ja hyvästä sisäilmasta huolehtimiseen rakennuksen elinkaaren aika on yhtä tärkeää. Käyttäjien ymmärrys heidän elintapojensa vaikutuksesta energiatehokkuuteen ja rakennuksen kunnon säilymiseen ja asumisviihtyisyyteen on hyvin tärkeitä. On tärkeää antaa asukkailla tietoa ja työkaluja niin, että he voivat oppia minkälaisen asioiden kanssa he ovat tekemisissä (talotekniset järjestelmät, kotilaulaitteiden sähkön kulutus, ilmanvaihtojärjestelmän käyttö ja toiminta, jne.).. Tavoitteena on energiatehokas asuminen, hyödyntäkäämme asukkaiden kiinnostus ja kokemukset (katso kuva 14.).



*Kuva 14 Korjaustyön aikainen tiedonvälitys ja asukkiasen opastus paikan päällä
(Lähdes: AEE INTEC; Dir. Peter Friedl)*

6.6.1 Vaikutus energiatehokkuteen

Tiedonvälitys ja keskustelut käyttäjien kanssa alentavat (epäsuorasti) energiankäyttöä koska asukkaat ovat tietoisia teknisten järjestelmien ominaisuuksista, services and maintenance. Tämä edesauttaa energiakäytön ”optimointia” kiinteistössä.

6.6.2 Muut edut/haitat ja vaikutus sisäilmastoon

Käyttäjien opastus nostaa heidän tietoisuuttaan, siitä miten järjestelmien tulee toimia. Näin virhetoiminnot ehkä raportoidaan aiemmin kuin ennen. Mikäli asukas muuttaa käyttäytymistään joutuessaan tekemisiin uuden ilmanvaihto- ja lämmitystekniikan kanssa tämä edistää energiatehokasta käyttäytymismallia yleensäkin. Asukaiden opastus edellyttää kiinteistöyhtiöltä aktiivisuutta asukkaisiin päin koska etenkin vuokra-asunoissa asukkaiden vaihtuvuus voi olla suuri.

6.6.3 Arvot

Tiedonvälitystä ja keskusteluja asukkaiden kanssa tulee harjoittaa ennen peruskorjausta, sen aikaan ja sen jälkeen. (Aivan kuten sitä on harjoitettu peruskorjauksen yhteydessä projektin konsulttien ja urakoitsijoiden kanssa)

Teknillinen esimerkki: Mikäli rakennuksen päivänvalo-ominaisuudet parantuvat peruskorjauksen myötä ja asukkaat on opastettu käyttämään keinovaloa energiatehokkaasti ja käyttämään A-luokan lamppuja tai jopa tehokkaimpia (A+, A++). Lopputuloksena vaaistuksen energiankulutus voi laskea jopa viidesosaan ja asuntojen tarpeeton lämpeneminen vähenee.

6.6.4 Verifiointi

Menetelmiä:

- Asukasoppaats
- Älykkäät mittarit
- Energialuokitukset ja -merkit

6.6.5 “Parhaat käytännöt” ja linnkejä lisätietoon

Kaikissa SQUARE:n koerakentamiskohteissa on annettu tai annetaan opastusta tuleville asukkille (kuva 15 ja viite [3]).

Opastusta asukaskyselyiden teon ja opastustoiintaan on esitetty erillisessä oppaassa SQUARE:n laatujärjestelmään [6].

Linkkejä Itävaltaan:

www.topprodukte.at: Energiatohokkaat laitteet

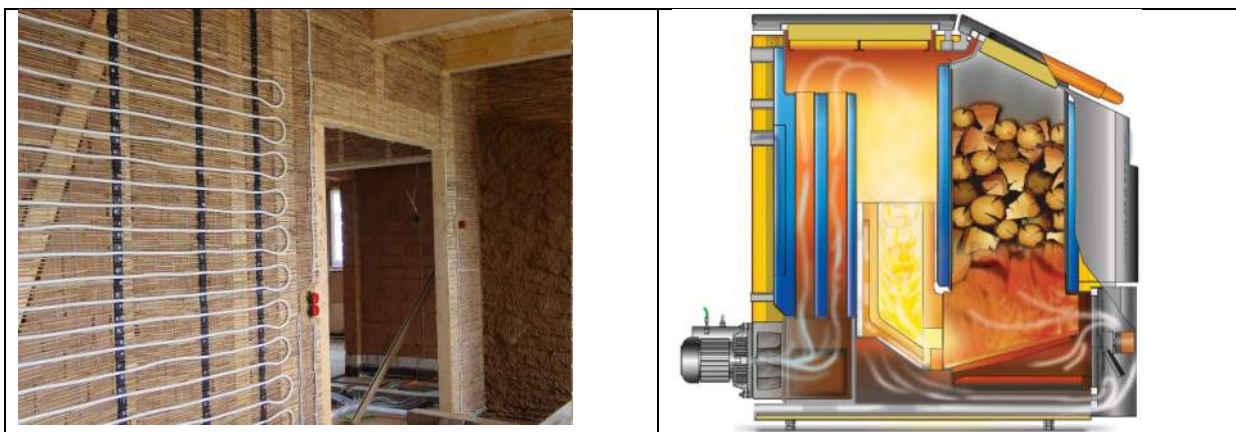
www.hausderzukunft.at: Asukkaiden osallittuminen peruskorjausprosessiin



Kuva 15 Insinööri opastaa asukkaita ilmanvaihtokoneen käyttöön (vasen kuva); Aukastapaaminen Brogårdenissa (Lähdes: AEE INTEC; SP)

6.7 Lämmitysjärjestelmän säätö

Kylmässä ja leudossa ilmastossa tule olla selkeät tavoitteet lämmitysenergian käytön minimoimiseksi. Tekniset ratkaisut kuten putkien eristäminen, matalalämpötilaratkaisut, kattilalaitoksen oikea mitoitus (mikäli sellaista käytetään), uusimmat lämmönkehittimet (katso kuva 16.) ja lämmön varastointiratkaisut, kondenssikattilat, jne ovat esimerkkejä, jotka johtavat lämmitysjärjestelmän optimointiin.



Kuva 15. Matalalämpötilalämmitys, esimerkkinä seinälämmitysratkaisu ja uusinta kattilatekniikkaa (Lähdes: Natürlich bauen gmbh; Guntamatic)

6.7.1 Vaikutus energiatehokkuuteen

Energiankulutus vähenee.

6.7.2 Muut edut/haitat ja vaikutus sisäilmastoon

Matalalämpötilajärjestelmät voidaan liittää aurinkokerääjäjärjestelmiin. Lattia- tai seinälämmitys ovat suositeltavia. (Katso kuva 16., vaen kuva ja kuva 5.). Jopa talvella on suositeltavaa operoida 40° tai 50°C menoveden lämpötiloilla (aurinkokeräämistä) sen sijaan, että käytettäisiin 60° tai 70°C menoveden lämpötilaa. Lattia- ja seinälämmitys tarjoaa parhaimman lämpövihtyisyyden.

6.7.3 Arvot

Yli 15 vuotta vanhat kattilat tulee vaihtaa uusiin. Näiden hyötysuhteiden tulee olla vähintään 90%. Lämmitysjärjestelmän vuosihyötysuhteen tulee olla vähintään (puu vähintään 75%, lämpöpumput > 4, aurinkolämpöjärjestelmät > 35%). Kiertovesipumppujen hyötysuhteiden tulee olla hyvät. Lämönjakoputkien tulee olla riittävästi eristetyt ja menoveden lämpötilan 25 - 55°C (matalalämpötilaratkaisu).

6.7.4 Verifiointi

Seuraat lkasainväliset, kansalliset ja Eurooppalaiset standardit käsittelevät mitoitusta ja mittauksia:

- EN 12831 - Heating systems in buildings - Method for calculation of the design heat load
- ON H 5056 - Energy performance of buildings - Energy use for heating systems
- ÖN M 7753, 7755, 7760 and 7763 – national standards for different heat pumps
- Producer's certificates (COPs)
- Measurements to show the annual use efficiency

6.7.5 “Parhaat ratkaisut” ja linnkejä lisätietoon

.Kaikissa SQUARE:n koerakentamiskohteissa lämpöjakojärjestelmä optimoidaan ja lämmönkehitysratkisun hyötysuhdetta nostetaan tarvittaessa. Suomessa vanha radiaattoriverkosto korvataan ilmanvaihtolämmityksellä. Putkien lämmöneristystä parannetaan. [3]



Kuva 16: Seinälämmitystä käytetään uuden ja anhan seinärakenteen välissä, Dieselweg, Graz; AEE

6.8 Uusiutuvien energialähteiden käyttö

Kaikkialla Euroopassa uusiutuvien energiannlähteiden osuutta tulisi kasvattaa. Geotermistä energiaa lukuun ottamatta kaikki uusiutuva energia on lähtöisin auringosta. Kylmässä ilmastossa suositellaan mieluummin vesivoimaa ja biomassaa (katso kuva 17.), kuin aurinkolämpöä tai aurinkosähköä. Tuulta, biomassaa ja geotermistä energiaa voidaan käyttää kaikkialla, missä niitä on saatavilla.

To know about the local sources for decentralized energy generation is crucial to get independent from fossil fuels, to force the local economy and to reduce greenhouse gas emissions for long term perspective.

Maalämpöpumput, vesi-vesi lämpöpumput, ilma-vesi lämpöpumput ovat uusiutuvaa energiaa vain siloin, kun niiden käyttöenergia on lähtöisin tuulesta tai biomassasta.



Kuva 17. Polttopuuta ja pellettikattila (Lähde: AEE INTEC)

6.8.1 Vaikutus energiatehokkuuteen

. Uusiutuva energia korvaa fossiilisia polttoaineita.

6.8.2 Muut edut/haitat ja vaikutus sisäilmastoon

Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen on vältämätöntä, jota hiilidioksidipäästöjä saadaan vähennettyä ja energiaomavaraisuutta notettua. Subjekttiivinen näkökulma: On paljon mukavempaa katsella takkatulta ja puun tuoksia kuin öljyn hajua

6.8.3 Arvot

Tavoitteena on kattaa 100% rakennuksen energiantarpeesta uusiutuvilla energialähteillä. Primäärienergian tarve tulee olla alle 120 kWh/m²a passiivitalostandardin mukaan (PHI Darmstadt, Germany) samoin kuin CO₂-päästöt.

6.8.4 “Parhaat käytännöt” ja linkit lisätietoihin

Itävallan SQUARE pilot projekti käyttää aurinkoenergiaa ja lämpöpumpua yhdessä lämpövaraajan kanssa (Katso kuva 18 ja [3]).



Kuva 18: Aurinkokerääjät julkisivussa Dieselweg, Graz; AEE INTEC

Kansainvälisiä linkkejä (Katso myös opasta laatujärjestelmään [6]):

www.estif.org: For solar heating and cooling technologies and products

www.epia.org: For Solar PV

www.heatpumpcentre.org: Heat pump technologies

6.9 Lämmitysjärjestelmän säädön optimointi

. Ihanteellisen lämmityksen ohjaus ja säätöjärjestelmä ohjaa tarvittavan määrän lämpöenergiaa oikeaan paikkaan ja oikeaan aikaan!

Jokaisessa huoneessa tulee olla säädettävä lämmön luovutin, radiaattori, konvektori tai lämminilmspuhallus. Korkeatasoinen lämmönsätöjärjestelmä on liitetty ulkolämpötilan mittauksen, huonelämpötilan mittauksen ja lämmityksen menoveden lämpötilanohjaukseen.

udet älykkäät ohjausjärjestelmät mittauksineen ovat kykeneviä ohjaamaan yksittäistä lämmönluovutinta koko järjestelmän osana.



*Kuva 18 Termostaattinen patteriventtiili ja ulkolämpötilatrmostatti
(References: AEE INTEC; Star)*

6.9.1 Vaikutus energiatehokkuuteen

Lämmitysjärjestelmän säädön optimointi keskuslämmityksen säädössä säästää energiaa koska lämmitystä voidaan ohjata paremmin ulkoisten olosuhteiden mukaisesti.

6.9.2 Muut edut/haitat ja vaikutus sisäilmastoon

Lämmityksen säätö ja ohjaus parantaa lämpöviihtyisyyttä. Se estää yksittäisten asuntojen lämpemisen liikaa ja/tai liiallisen viilentymisen.

6.9.3 Arvot

Periaatteessa oikein suunniteltu lämmityksen ohjaus mahdollistaa lämpötilan ja lämmityksen yöpudotuksen. Käytännössä hyvin eristetyssä asunnon lämpökasiteetti suhteessa lämpöhävilihin on niin suuri, ettei yön aikaisesta lämpötilapudotuksesta ole merkittävää hyötyä. Asunnon huonelämpötilan lasku yhdellä asteella vähentää laskennallisesti lämmitysenergian tarvetta 5 prosentilla. Kokonaisenergiankulutusta tarkasteltaessa tulee huomioida lämpimän käyttöveden osuus ja yleisten ja yhteisten tilojen lämmityksen osuus. Tällöin vaikutus kokonaislämmönkulutukseen jää enintään 3 prosenttiin.

Joustava säädin kissa huoneissa on suositeltava. Ulkoilman lämpötilaanturi yhdessä termostaattisen patteriventtiilin kanssa (katso kuva 18.).

6.9.4 Verifiointi

Seuraavat kansainväliset ja eurooppalaiset standardit kuvaavat säätöjärjestelmän vaatimuksista:

- EN 215 - Thermostatic radiator valves; requirements and test methods
- EN 60730 - Automatic electrical controls for household and similar use

6.9.5 “Parhaat käytännöt” ja linkit lisätietoihin

Kaikissa SQUARE projektin kohteissa käytetään säätöjärjestelmiä [3].

Kysy energiakonsulteilta – heillä on runsasti tietoa säätöjärjestelmistä.



Kuva 18: Lämmönjako ja integroitu säätöjärjestelmä; AEE INTEC

6.10 Optimaalinen ilmanvaihtojärjestelmä

Hyvin suunniteltu ja huolella asennettu ilmanvaihtojärjestelmä on paras tae hyvästä sisäilmasta. Kaikissa Euroopan ilmastovyöhykkeillä tarvitaan erinomaista ilmanvaihtoratkaisua, joka on hygieeninen ja energiatehokas. Energiatehokas ilmanvaihtojärjestelmä on varustettu lämmöntalteenotola ja energiatehokkailla puhaltimilla. Kylmässä ja lauhkeassa ilmastossa on yleistä käyttää maaperästä ilmaan lämmönsiirrintä esilämmittämään ulkoilmaa. .

Lämpimässä, mutta myös lauhkeassa ilmastossa, ilmanvaihtoa käytetään yleisesti jäähdyttämään tiloja lämpimänä vuodenaikana. Huoneita jäähdytetään viileällä ulkoilmalla yöaikaan (vapaa jäähdytys), koska sisäiset lämpökuormat lämmittävät niitä. Tässä tilanteessa lämmöntalteenotto ohitetaan.



Kuva 19. Lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihdonkone ja eristetyt ilmanvaihtokanavat (Lähdes: AIT; AEE INTEC)

6.10.1 Vaikutus energiatehokkuuteen

Lämmöntalteenotto poistoilmasta vähentää ilmanvaihdon energiankulutusta. Yötuuletus vähentää jäähdytystarvetta erityisesti, jos viileyttä voidaan varastoida rakenteisiin.

6.10.2 Muut edut/haitat vaikutus ja vaikutus sisäilmastoon

neellinen ilmanvaihto, parantaa sisäilman laatua. Se suojaa rakennusta kosteusvaurioita kuivattamalla sisäilmaa, alipaineistamalla rakennusta, suodattaa ulkoilmasta siitepölyt ja haitalliset pienhiukkaset. Mikäli ilman kosteus uhkaa laskea liian alhaiseksi talvella voidaan käyttää regeneratiivista lämmöntalteenottoa, jossa on kosteutta siirtävä pinnoite.

6.10.3 Arvot

Puhaltimien käyttämä energia tulee olla alle $0,4 \text{ Wh/m}^3$. Ilmanvaihtokertoimen tulee olla vähintään $0,3 \text{ l/h}$ jotta hyväksyttävä ilman laatu savutetaan. Joissain maissa käytetään kriteerinä CO_2 -pitoisuutta ilman laadun kriteerinä. Sen tulee olla alle 800 ppm . Täydentäviä kriteereitä ovat sisäänpuhalluslämpötila $>16,5^\circ\text{C}$, ilman keskinopeus oleskeluvyöhykkeellä enintään $0,15 \text{ m/s}$.

Ilman suhteellisen kosteuden tulee lämmityskaudella olla 45 to 60% (kesällä enintään 55%) – tärkeä kriteeri lauhkeilla ja lämpimillä ilmastovyöhykellä!

Lämmöntalteenoton hyötysuhteen tulee olla vähintään 70% . Lämmönsiirrin ei saa jäätyä. Se tulee estää esimerkiksi käyttämällä maalämpöä ulkoilman esilämmityksen. Ulkoilman esilämmityksen hyötysuhteen tulee olla vähintään 20% .

Koneellisen ilmanvaihdon tulee olla hiljainen.

6.10.4 Verifiointi

Seuraavat kansainväliset ja Eurooppalaiset (kansalliset) standardit käsittelevät ilmanvaihtojärjestelmän mitoittamista, suunnittelua ja mittauksia:

- EN 13141 - Ventilation for buildings - Performance testing of components/products for residential ventilation (mechanical ventilation)

- EN 12599 - Ventilation for buildings - Test procedures and measuring methods for handing over installed ventilation and air conditioning systems (mechanical ventilation)
- EN 13053 - Ventilation for buildings - Air handling units - Rating and performance for units, components and sections (mechanical ventilation)
- ANSI/ASHRAE-standards no. 62 and many others (mechanical ventilation)
- VDI 2071 - Heat recovery in heating, ventilation and air conditioning plants
- Producer's certificate (heat recovery)
- Spanish standards CTE and RITE (ventilation, free-cooling)

6.10.5 “Parhaat käytännöt” ja linkit lisätietoihin

Kaikissa SQUARE-projektin koerakennuksissa on poistoilman lämmöntalteenotto [3].

www.komfortlüftung.at: Quality criteria for ventilation systems in multifamily buildings
http://www.engineeringtoolbox.com/ventilation-systems-t_37.html: One example of technical information

Kuva 20: Lämmöntalteenotolla varustettu ilmanvaihtokone; AEE INTEC



7 Johtopäätökset ja lisätiedot

SQUARE:n pilotprojektit osoittavat, että käytettävissä on useita eri menetelmiä, jotka johtavat energiatehokkuuden paranemiseen .

Taulukko 4 esittää yhteenvedon perus- aktiivisista toimenpiteistä asuinkerrostalon energiatehokkuuden parantamiseksi eri ilmastovyöhykkeillä..

Taulukko 4. Keskeiset perus- ja aktiiviset toimenpiteet eri ilmastovyöhykkeille. (laatija AEE INTEC, yhdessä SQUARE projektin partnereiden kanssa)

	W lämmin	T lauhkea	C kylmä
PERUS-TOIMENPITEET	Ulkoiset varjostimet, vapaa jäähdytys (ikkunatuuletus)	Ulkoinen lsäeristys ja tiivis ulkovaippa	Ulkoinen lsäeristys ja tiivis ulkovaippa ja hyvät ikkunat ja ovet
	Ulkoinen eristys ja lämpö varaavat rakenteet	Hyvät ikkunat ja ovet ja ulkoinen varjostus	Tiivis ulkovaippa
AKTIIVI-TOIMENPITEET	Koneellinen ilmanvaihto ja yötuuletus	Koneellinen ilmanvaihto ja lämmöntalteenotto (maalämpö)	Optimaalinen lämmitysjärjestelmä ja uusiutuvat energialähteet
	Lämmöntalteenotto	Lämmityksen säädön optimointi ja uusiutuvat energianlähteet	Koneellinen ilmanvaihto ja lämmöntalteenotto ja maalämpö

Olemme ymmärtäneet, että energiatehokkuus on muutakin kuin energiansäästö. Nin kauan kun sillä on merkitystä sisäympäristölle ja asukkaiden hyvinvoinnille, on pohtimisenarvoinen asia paneutua yksityiskohtiin innovatiivisten peruskorjaus- ja käyttöprosessien kehittämiseen.

Lisätietoja:

Joukko Itävaltalaisia verkkosivuja, jotka käsittelevät rakennusten energiatehokasta peruskorjausta:

<http://www.hausderzukunft.at/>

(Austrian studies on different building aspects)

<http://energytech.at/> (Austrian platform for innovative technologies in the area of energy efficiency and the use of renewable energy sources)

<http://www.energyagency.at/>

(Austrian energy agency with lot of



Kuva 21.: Erittäin tehokas toimenpide – ulkoinen lisäeristys; Arch. Kaltenecker

information in the area of energy efficient buildings, consulting organisations and subsidies)

<http://www.oegnb.net/> (Austrian total quality assessment platform, offering an assessment guideline [7])

8 Kirjallisuuskatsaus

- [1] IBO - Austrian Institute for Healthy and Ecological Building (2009): Details for Passive Houses - A Catalogue of Ecologically Rated Constructions. Vienna/Springer-Verlag
- [2] Energieinstitut Vorarlberg in Zusammenarbeit mit IBO im Auftrag des BMLFUW (16.02.2009): Technische Erläuterungen. Kriterien zum klima:aktiv haus für Wohngebäudesanierungen. Version 1.1, Austria
- [3] SQUARE partners (2009): National pilot project reports. Deliverable 6:1 - SQUARE work package 6 Pilot Projects. Internal reports and information given during the SQUARE meetings
- [4] Forschungsgesellschaft Joanneum – Institut für Energieforschung, K. Frey, J. Haas, K. Könighofer (Ausgabe 1994): Handbuch für Energieberater. Graz, Austria
- [5] Umweltschutzverein Bürger und Umwelt, "die umweltberatung", Manfred Sonnleithner (2006): Passiv- und Niedrigenergiehäuser, Seite 20, 3. überarbeitete Auflage. St. Pölten, Austria
- [6] SP Technical Research Institute of Sweden, Peter Kovacs and Kristina Mjörnell (2009): A guide to quality assurance for improvement of indoor environment and energy performance when retrofitting multifamily houses, SQUARE work package 4. Borås, Sweden
- [7] Österreichisches Ökologie-Institut, Susanne Geissler, und Kanzlei Dr. Bruck, Manfred Bruck (2002): Leitfaden für die TQ Bewertung, Version 2.0. Vienna, Austria

Energiatohokkuuden dokumentointi

parannustoimenpiteiden

The documentation of the building envelope of the SQUARE pilot projects was one of the first tasks of WP 5. Following excel list (figure 20., first part of “DATA FORM B”) was made to compile this information.

**SQUARE
WP 5**



Energy and indoor environment improvement measures catalogue

Please deliver data form B

- about your solutions for improvement of energy performance of building components

☐	exterior walls
☐	windows
☐	top floors
☐	katot
☐	cellar ceilings
☐	earth touching floors
☐	ceilings to exterior air
☐	walls to not heated building areas

- about your solutions for improvement of airtightness of connections between building components

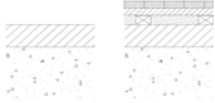
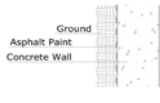
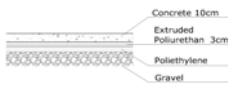
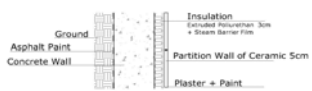
☐	connection between walls
☐	connection between walls and ceilings
☐	connection between walls and windows, doors
☐	penetrations

- about your solutions for elimination of typical heat bridges

☐	windows
☐	balconies
☐	ceilings
☐	attics of flat roofs
☐	plinths (wall connections to cellar)

Kuva 23 Excel lomake pilotprojektien tietojen keruuta varten. (Lähde: AEE INTEC)

Seuraava kuva 24 esittää esimerkin EXCEL työkalusta, (toinen osa lomaketta “DATA FORM B”) SQUARE pilotprojektien tietojen keruuta ja analyysia varten.

	Ground touching floor	Earth touching walls
Building stock (e.g. 1945 - 1980) in SPAIN		
Building component before retrofit (sketch)		
		
Structure of this building component before retrofit	Concrete floor with screed, without insulation	concrete
Typical U-value before retrofit	2,70	2,50
Percentage of heat losses through this building component	0,10	0,15
Requirements		
U-value for new buildings	0,65	1,22-0,74
U-value for passive house standard (recommended)	0,00	0,00
Retrofit measure		
Building component after retrofit (sketch)		
		
Description of retrofit measure	Insulation of ground touching floor	Insulation
Possible building materials	rock wool	rock wool
Comments, tips		
Insulation thickness for new building standard	50 mm	40 mm
Insulation thickness for passive house standard		
Assessment of feasibility		
Economics		
Costs to achieve new building standard	67 € / m ²	38 € / m ²
Costs to achieve passive house standard		
Assessment of economics		
Indoor environment		
Relevance for the indoor environment		
	Moisture reduction	Moisture reduction

Kuva 24. Excel työkalun malli, jossa Espanjan pilotrakennuksen energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä "St Joan de Malta" (Lähde: AEE INTEC)

ISO 7730 mukainen analyysi

SQUARE partnereiden antamien rakennuskohtaisten lähtötietojen perusteella EXCEL työkalulla lasketut lämpöviihtyisyyden arvot. ISO 7730 mukaisesti tarkasteltuna. (kuvat 25 ja 26).

Calculation of the mean radiation temperature of a room

Object: **Dieselweg / Graz / EG Eckzimmer** BEFORE retrofit

Climatic parameters:

ta	Standard inside temperature	[°C]	20
te,1	Outside temperature in situation 1	[°C]	-12
te,2	Outside temperature in situation 2	[°C]	0
te,3	Outside temperature in situation 3	[°C]	10

Room to be evaluated:

	Floor	Ceiling	Wall 1	Window in wall 1	Wall 3	Window in wall 2	Wall 3	Window in wall 3	Wall 4	Window in wall 4
A	Size of surfaces	[m²]	12,16	12,16	8,51	1,56	8,48	10,07	8,48	
U	U-value	[W/m²K]	1,50	1,28	2,00	1,28				
x	touches heated area [cross if applicable]	[x]		x			x		x	
Rsi	Heat transfer resistance	[m²K/W]	0,17	0,00	0,13	0,13	0,13	0,00	0,13	0,13

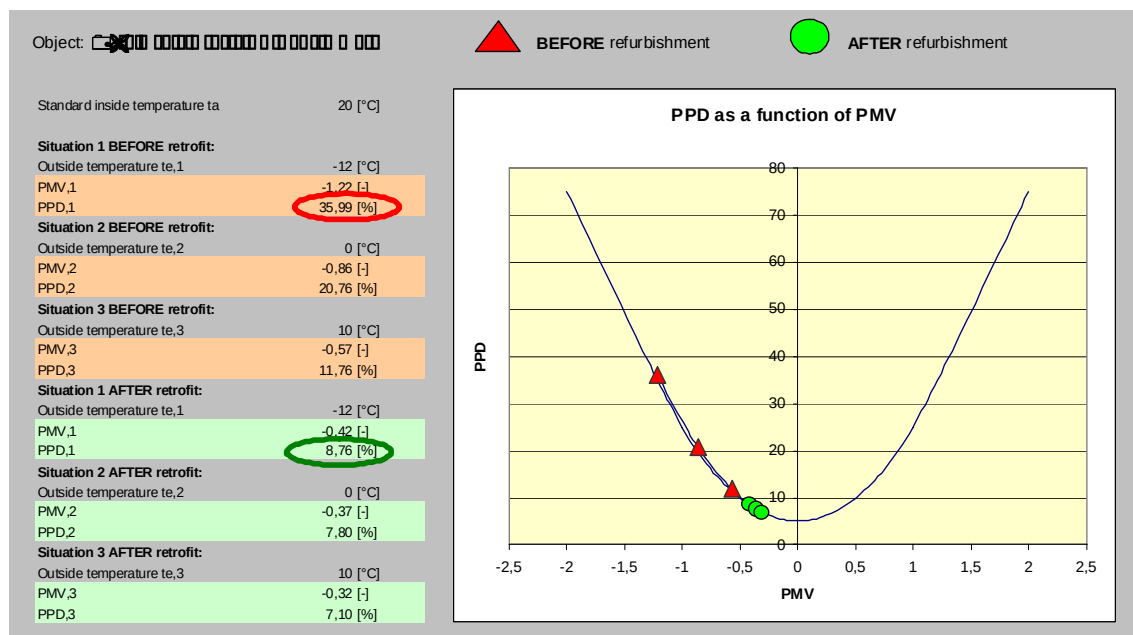
Surface temperatures of building components:

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
tsi,1	11,84	20,00	14,68
tsi,2	14,90	20,00	16,67
tsi,3	17,45	20,00	18,34

Mean radiation temperature:

	Situation 1	Situation 2	Situation 3
tr,1	16,70		
tr,2		17,94	
tr,3			18,97

Kuva 25. Excel Excel työkalu, jossa ISO 7730 mukaiset tarkastelut SQUARE kohteista (Lähde: AEE INTEC)



Kuva 26. Excel työkalu, jossa ISO 7730 mukaiset tarkastelut SQUARE kohteista (Lähde: AEE INTEC)



**SQUARE - A System for Quality
Assurance when Retrofitting Existing
Buildings to Energy Efficient Buildings**

Coordinated by
SP Technical Research Institute of
Sweden
Box 857, SE-501 15 BORÅS, Sweden