

# M4

## Energiankysynnän vähentämisstrategiat: uusien ja kunnostettujen rakennusten potentiaali



# Sisältö

---

## 1. // Johdanto

### 1.1. Rakennussektorin energiankulutus

### 1.2. Elinkaarianalyysi – kokonaisvaltainen näkemys

### 1.3. Rakennusmateriaalien sisältämä energia

## 2. // Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys

### 2.1 EU:n direktiivi 2002/91/EC

### 2.2 EU:n direktiivi 2010/31/EC

### 2.3 Luokittelut ja sertifikaatit

## 3. // Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

### 3.1. Passiivinen: lämpöinertia / eristäminen / aurinkoenergiansäätö / ilmanvaihto

### 3.2. Hybridi: vapaajäähdytys / lämmönkeruu / maaputket

### 3.3. Aktiivinen: energiatehokkaat asennukset

### 3.4. Rakennuksen huolto- ja säätöjärjestelmät

## 4. // Kaupunkisuunnittelun käyttämiä menetelmiä rakennusten energiakunnostuksessa

### 4.1. Energiatehokkuuskunnostamisen tärkeys

### 4.2. Kaupunkisuunnittelun innovatiiviset ohjesäännöt

# 1. Johdanto

## 1.1. Rakennussektorin energiankulutus

Rakennussektorin osuus Euroopan kokonaishiilidioksidipäästöistä: 40%. [1]



[1] EPBD - *Energy Performance Buildings Directive* 2002/91/EC 4th of January 2003  
*Official Journal of the European Communities*

**Energiakulutuksen lopullinen jakautuminen sektoreittain. Kokonaisenergiankulutus: 9714 ktep. Katalonia 2007. Lähde: ICAEN**

# 1. Johdanto

## 1.1. Rakennussektorin energiankulutus

Katalonian  
asuntosektorin kokonais-  
energiankulutus

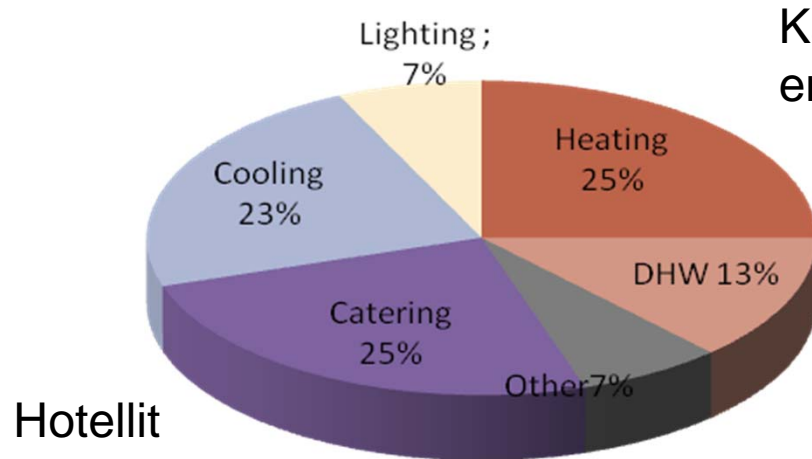
Kotitalouksien kokonais- energiankulutus/m2 2007	Kotitalouden energiankulutus	Lämmitys	DHW / Ruoanlaitto	Sähkö- laitteet	Valaistus	Jäähdytys
kWh/m2	83.0	34.3	22.9	18.5	6.4	1.2

Lähde: Associació LIMA – Low Impact Mediterranean Architecture, “Regional Benchmark Analysis”, based on data from IDESCAT and ICAEN, elaborated in the frame of the MARIE project, 9/2011

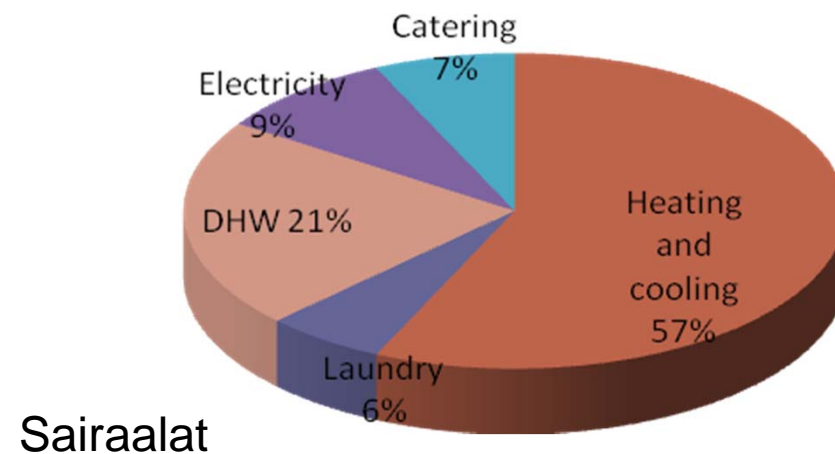
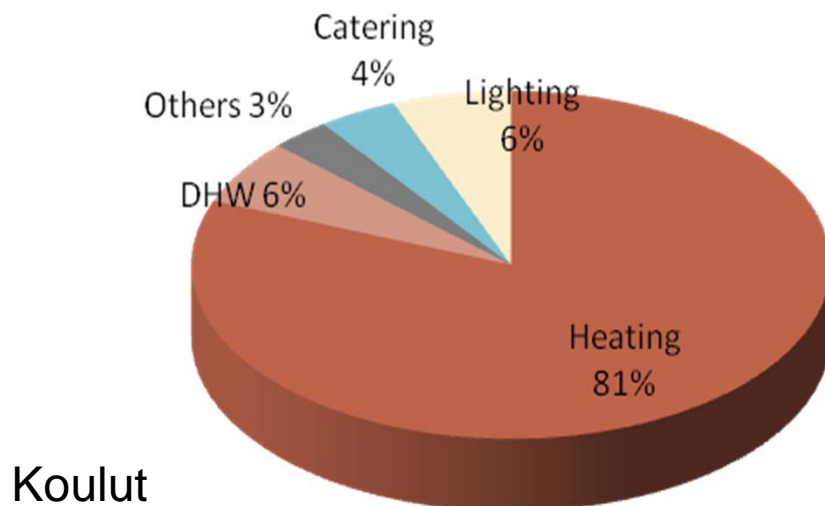
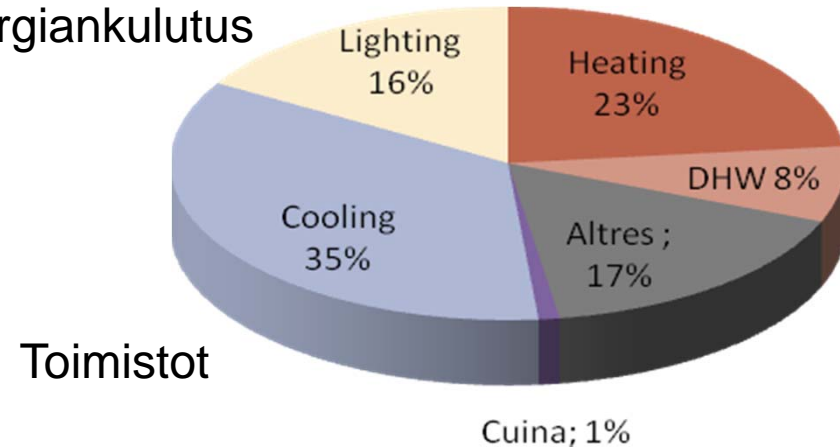


# 1. Johdanto

## 1.1. Rakennussektorin energiankulutus



### Katalonian palvelusektorin kokonais-energiankulutus

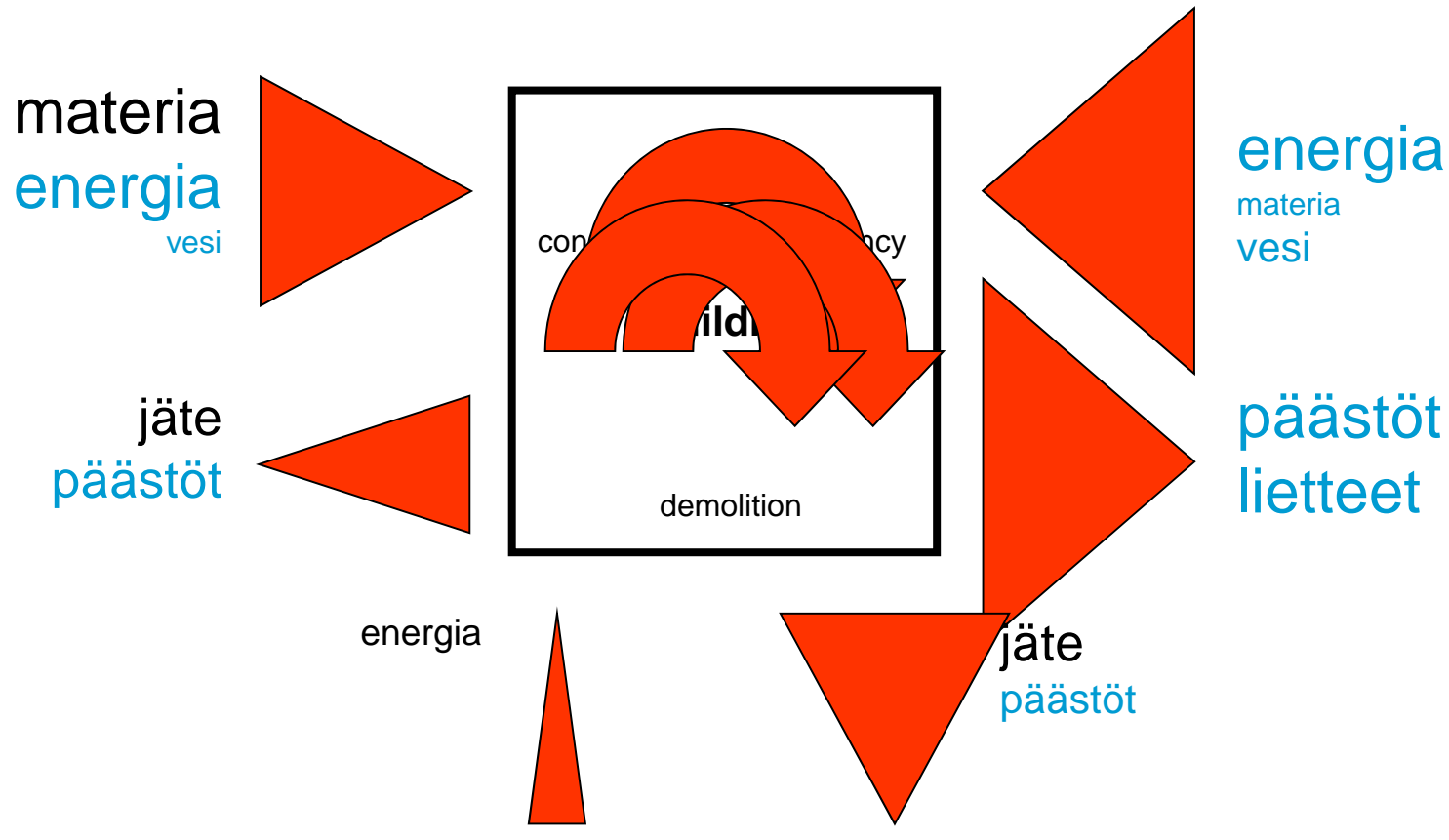


ICAEN (2004): Dades de consums i comportament energètic per a diferents sectors consumidors Projecte Ciutat Sostenible. Fòrum Barcelona 2.004

# 1. Johdanto

## 1.2. Elinkaarianalyysi – kokonaisvaltainen näkemys

Resurssien kierron tämän hetkinen malli

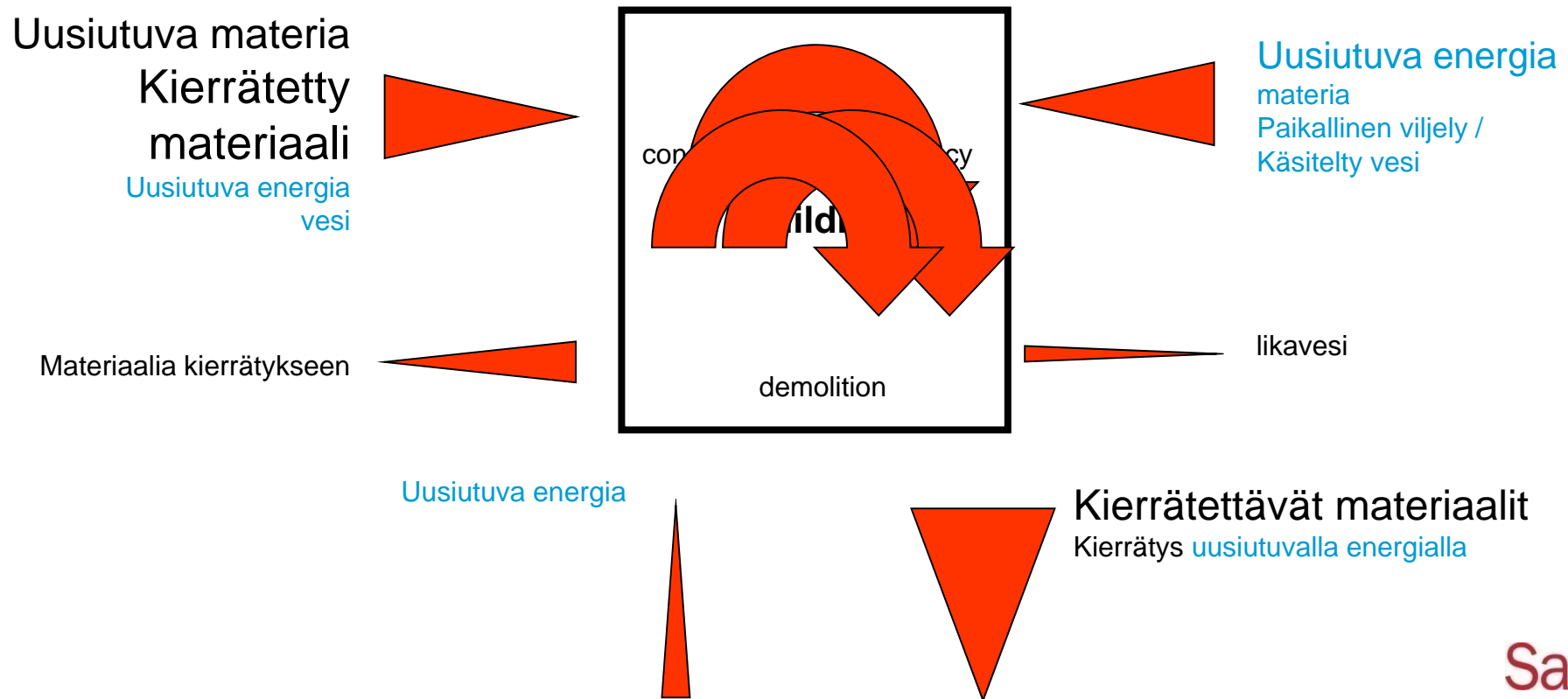


SaAS

# 1. Johdanto

## 1.2. Elinkaarianalyysi – kokonaisvaltainen näkemys

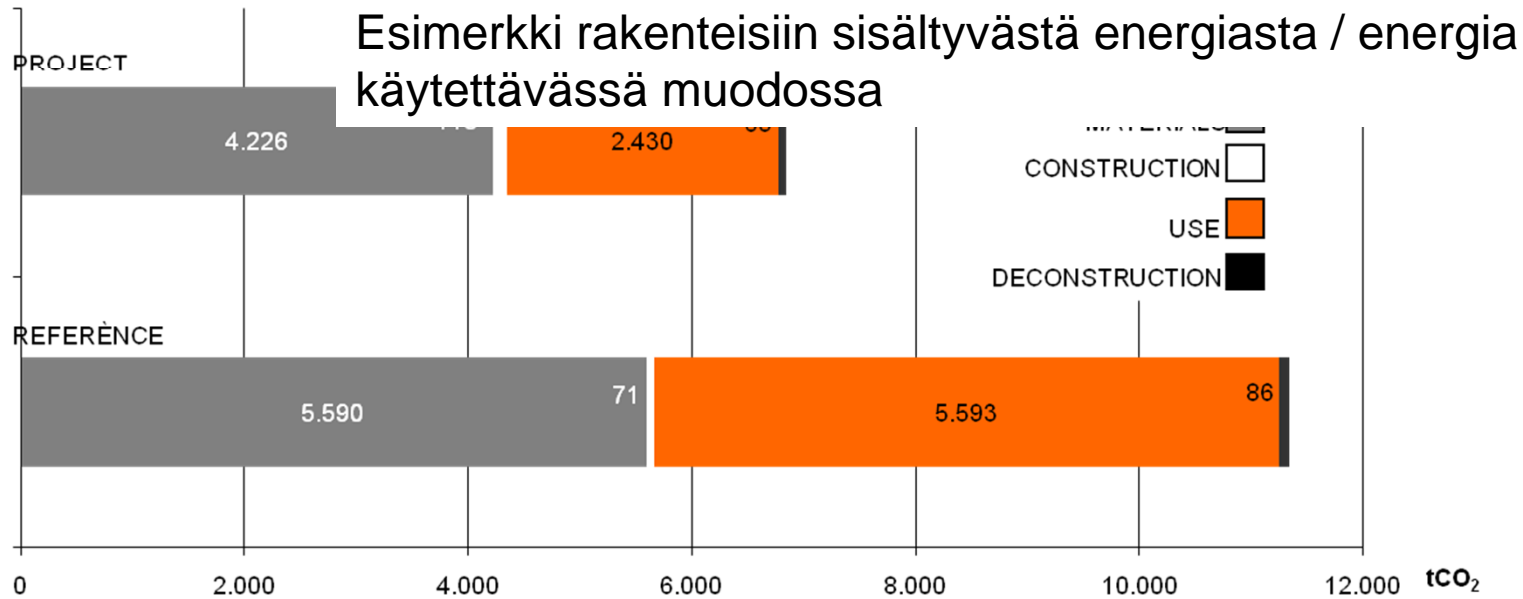
### Resurssien kierron tavoite



SaAS

# 1. Johdanto

## 1.2. Elinkaarianalyysi – kokonaisvaltainen näkemys



Elinkaaren vaihe	Energiankulutus			CO <sub>2</sub> päästöt		
	Vertailu MWh	Projekti MWh	Vähennys %	Vertailu t CO <sub>2</sub>	Projekti t CO <sub>2</sub>	Vähennys %
Materiaalit	16.333	12.589	23%	5.590	4.226	24%
Rakentaminen	167	289	-73%	71	118	-66%
Käyttövaihe	23.388	10.162	57%	5.593	2.430	57%
Purkaminen	251	194	23%	86	65	24%
<b>Yhteensä</b>	<b>40.139</b>	<b>23.234</b>	<b>42%</b>	<b>11.340</b>	<b>6.839</b>	<b>40%</b>

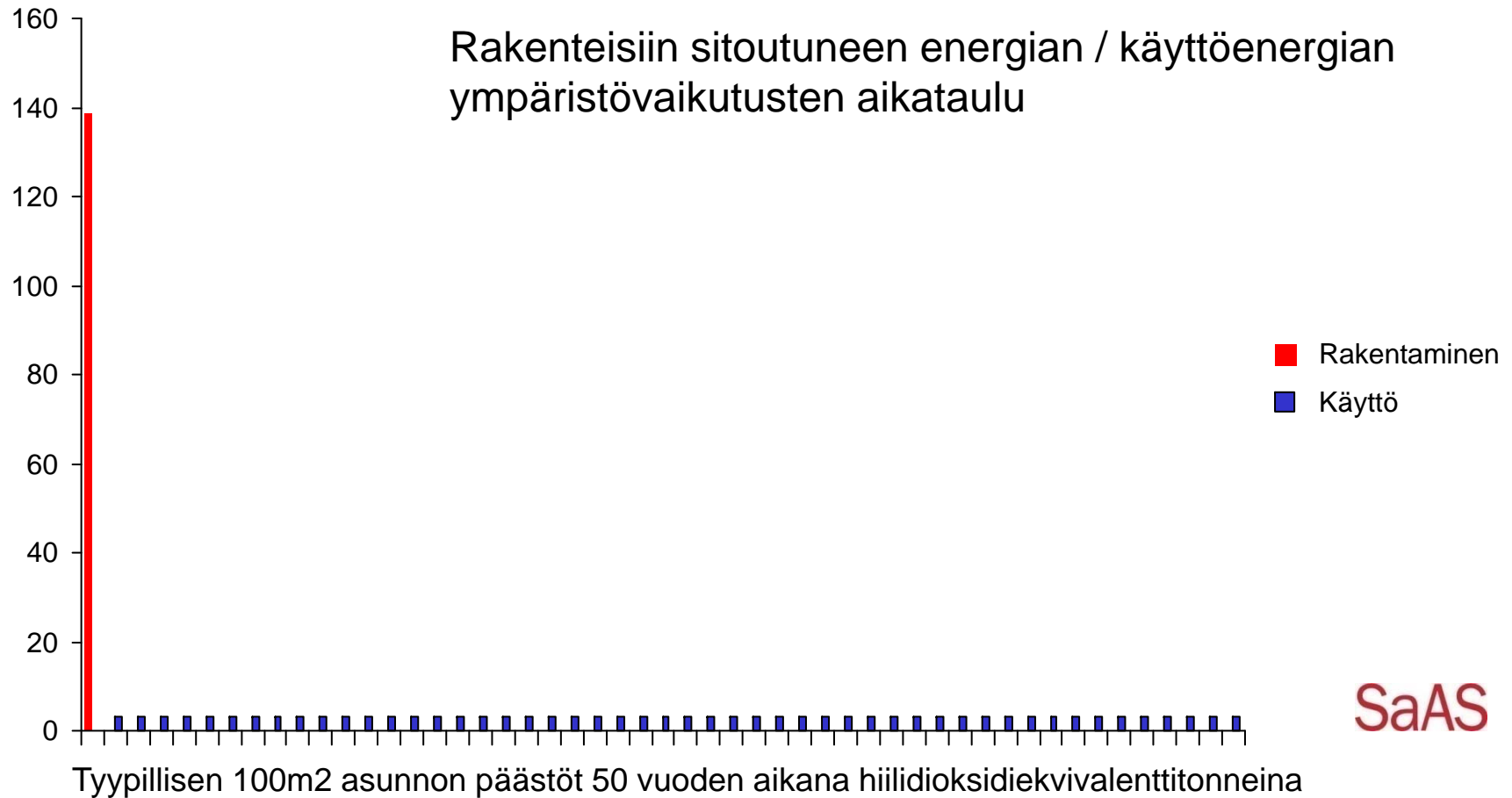
SaaS

60 asunnon kerrostalon elinkaarianalyysi, SaAS 2007



# 1. Johdanto

## 1.2. Elinkaarianalyysi – kokonaisvaltainen näkemys



# 1. Johdanto

## 1.3. Rakennusmateriaalien sisältämä energia



Lampaan villa: 0,043 W/m·K (12% polyester kuitu)



Lähde: Victermofitex



Selluloosa: 0,040 W/m·K (10% Borax, palontorjunta ja fungisidi)



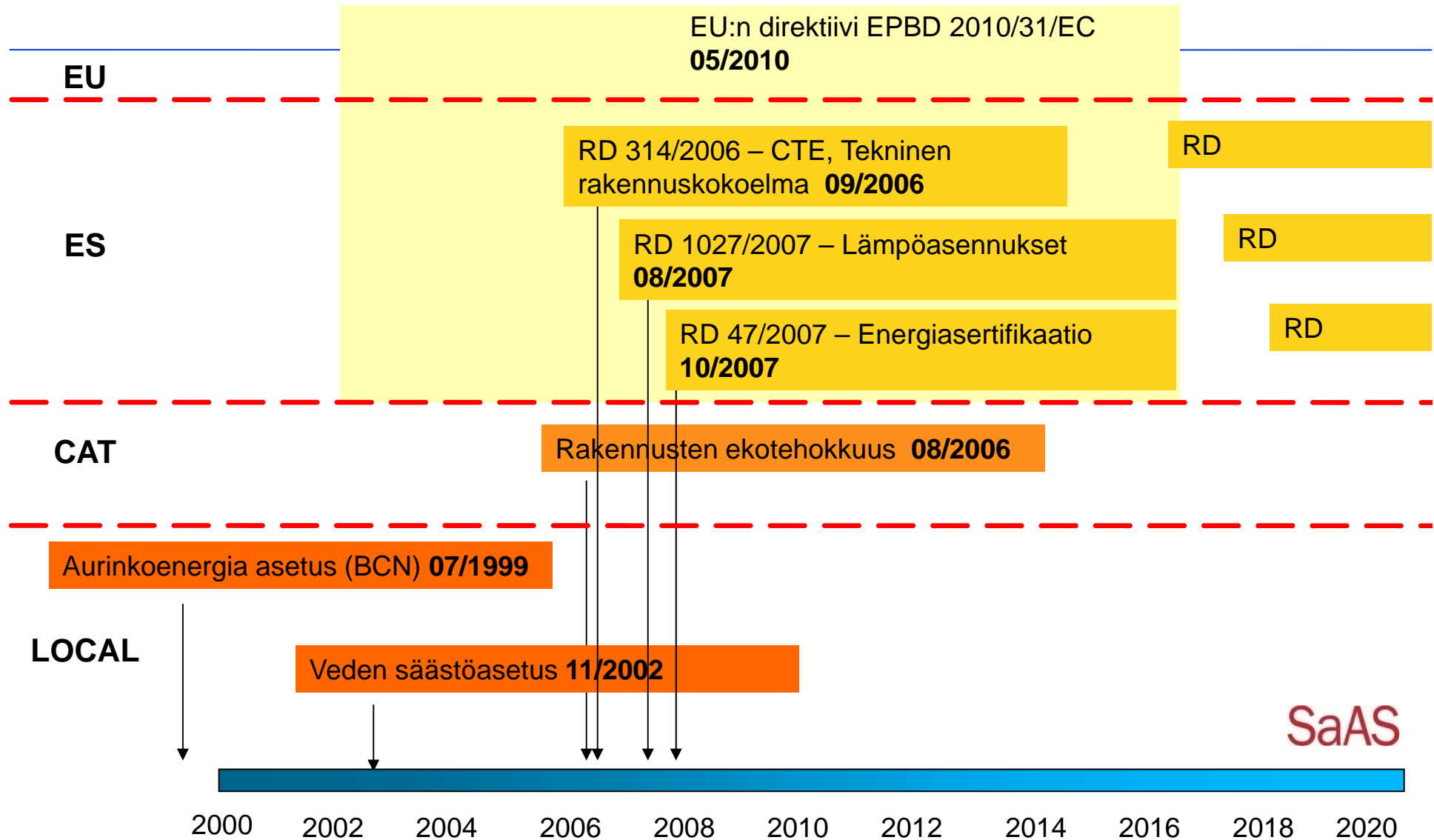
Lähde: CLIMACELL, Christoph Peters

# 1. Johdanto

## 1.3. Rakennusmateriaalien sisältämä energia

Eristys materiaali	Primäärienergia (MJ/kg)	Päästöt (kgCO <sub>2</sub> eq/kg)	Hinta (Euro/m <sup>3</sup> )	Lähde MJ - kgCO <sub>2</sub> eq
Polystyreeni, ruiskutettu	92,4	9,580	107	EMPA
Polystyreeni, turpoava	105,0	4,120	65	EMPA
Polyuretaani PUR	100,0	4,210	136	EMPA
Lasivilla	45,1	1,490	26	EMPA
Kivivilla	21,7	1,480	115	EMPA
Vaahtolasi	16,5	0,600	295	PROVEIDOR
Lampaan villa	14,7	0,045	108	PASSIVHAUS
Korkki	25,0	0,021	402	EMPA
Puukuitu	13,7	-0,183	224	PROVEIDOR
Selluloosa	7,2	-0,907	90	PASSIVHAUS

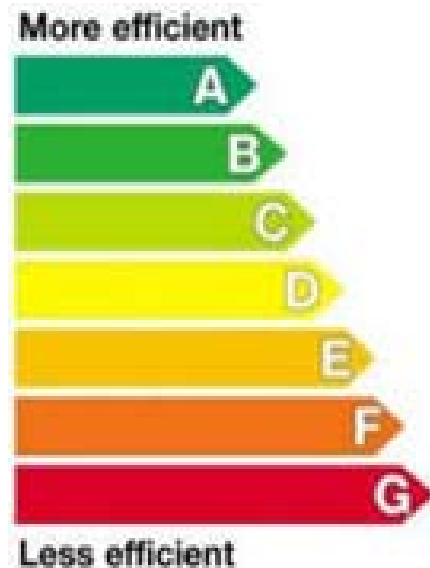
## 2. Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys



## 2. Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys

### 2.1. EU:n direktiivi 2002/91/CE – EPBD

Direktiivi vahvistaa vaatimukset seuraavasti kohtien suhteen:



- Yleiset kehykset rakennusten kokonaisenergiatehokkuuden laskemiseksi;
- Uusien rakennusten energiatehokkuuden minimivaatimukset;
- Suurten olemassa olevien kunnostettavien rakennusten energiatehokkuuden minimivaatimukset;
- Rakennusten energiasertifiointi;
- Rakennusten kattila- ja ilmastointijärjestelmien säännöllinen tarkastaminen ja lisäksi yli 15 vuotta vanhojen kattiloiden lämpöasennusten arviointi

• Click to edit the outline text format

• Second Outline Level

• Third Outline Level

• Fourth

Outline Level

## 2. Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys

### 2.1. EU:n direktiivi 2010/31/CE – EPBD recast

18.6.2010

EN

Official Journal of the European Union

L 153/13

DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL  
of 19 May 2010  
on the energy performance of buildings  
(recast)

*Artikla 9*

#### **Lähes nollaenergiarakennukset**

**31. joulukuuta 2018** jälkeen, **julkisten viranomaisten** käytössä olevat ja omistamat rakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia.

**31. joulukuuta 2020** jälkeen, kaikki uudet rakennukset ovat lähes nollaenergiarakennuksia.

## 2. Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys

### 2.1. EU:n direktiivi 2010/31/CE – EPBD recast

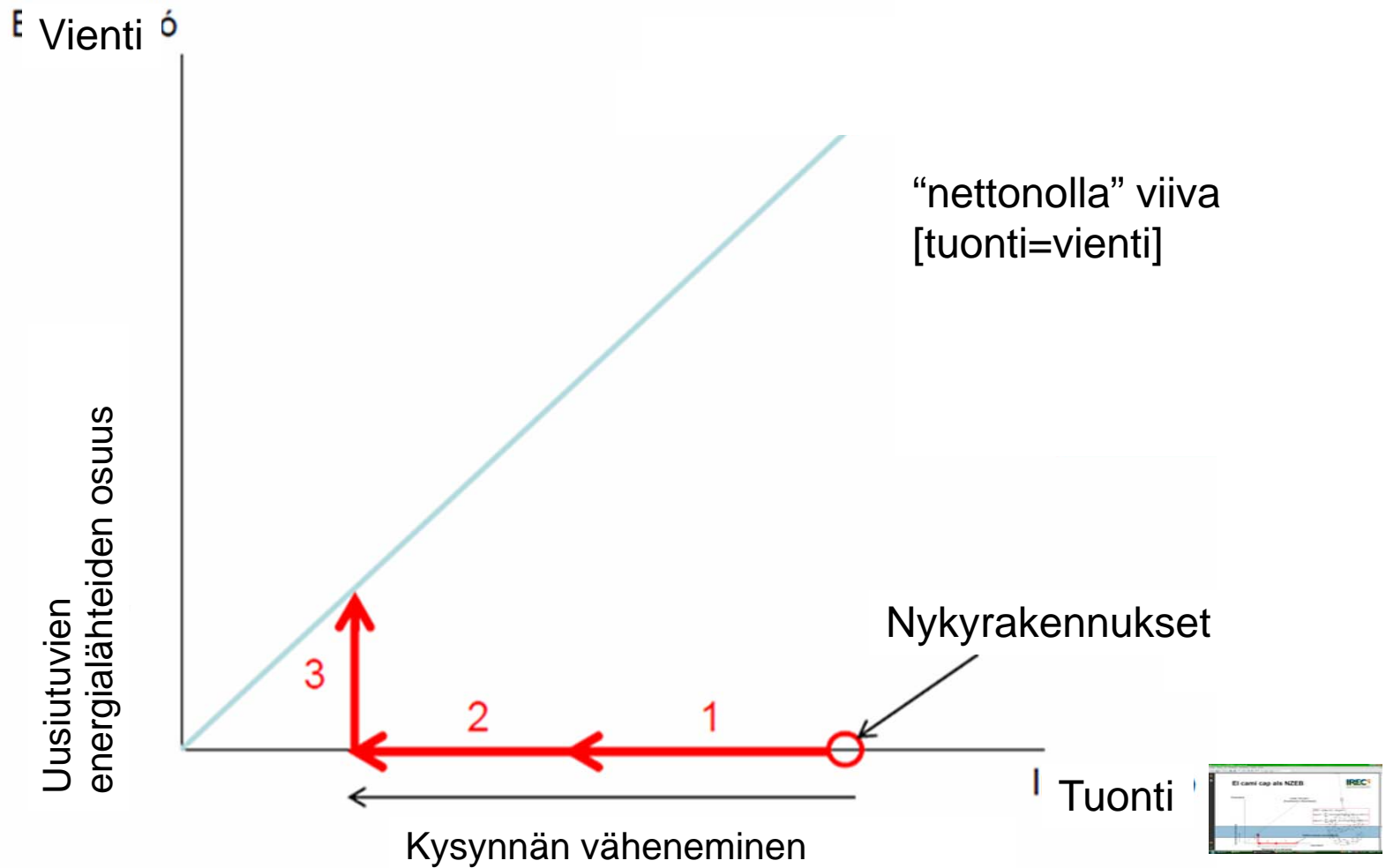
“**Lähes nollaenergiarakennus**” tarkoittaa rakennusta, joka on hyvin energiatehokas. Lähes nolla tai hyvin vähäinen määrä energiaa, joka tarvitaan, tulee tuottaa uusiutuvista energialähteistä paikan päällä tai lähistöllä;

Kansalliset suunnitelmat, joilla lisätään lähes nollaenergiarakennusten määrää:

- Välitavoitteet parantamaan energiatehokkuutta vuoteen 2015 mennessä
- Yhteinen primäärienergiankäyttömittari, jonka yksikkö on kWh/m<sup>2</sup>·a
- Energiatehokkuussertifikaation vahvistaminen
- Asennusten energiatehokkuus
- Otetaan käyttöön UES, yhteistuotanto, kaukolämpö/-kylmä, lämpöpumput, seuranta

## 2. Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys

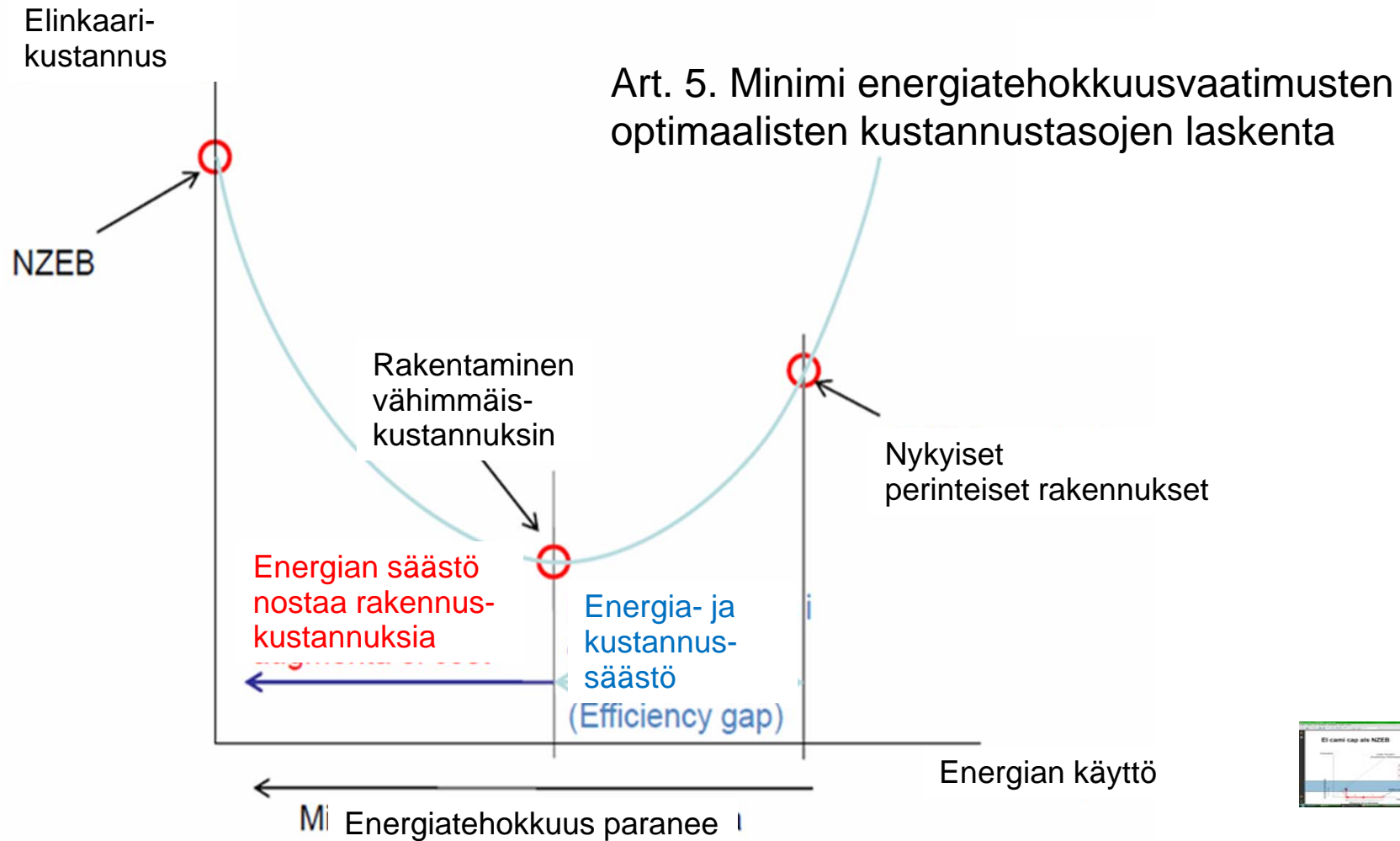
### 2.1. EU:n direktiivi 2010/31/CE – EPBD recast





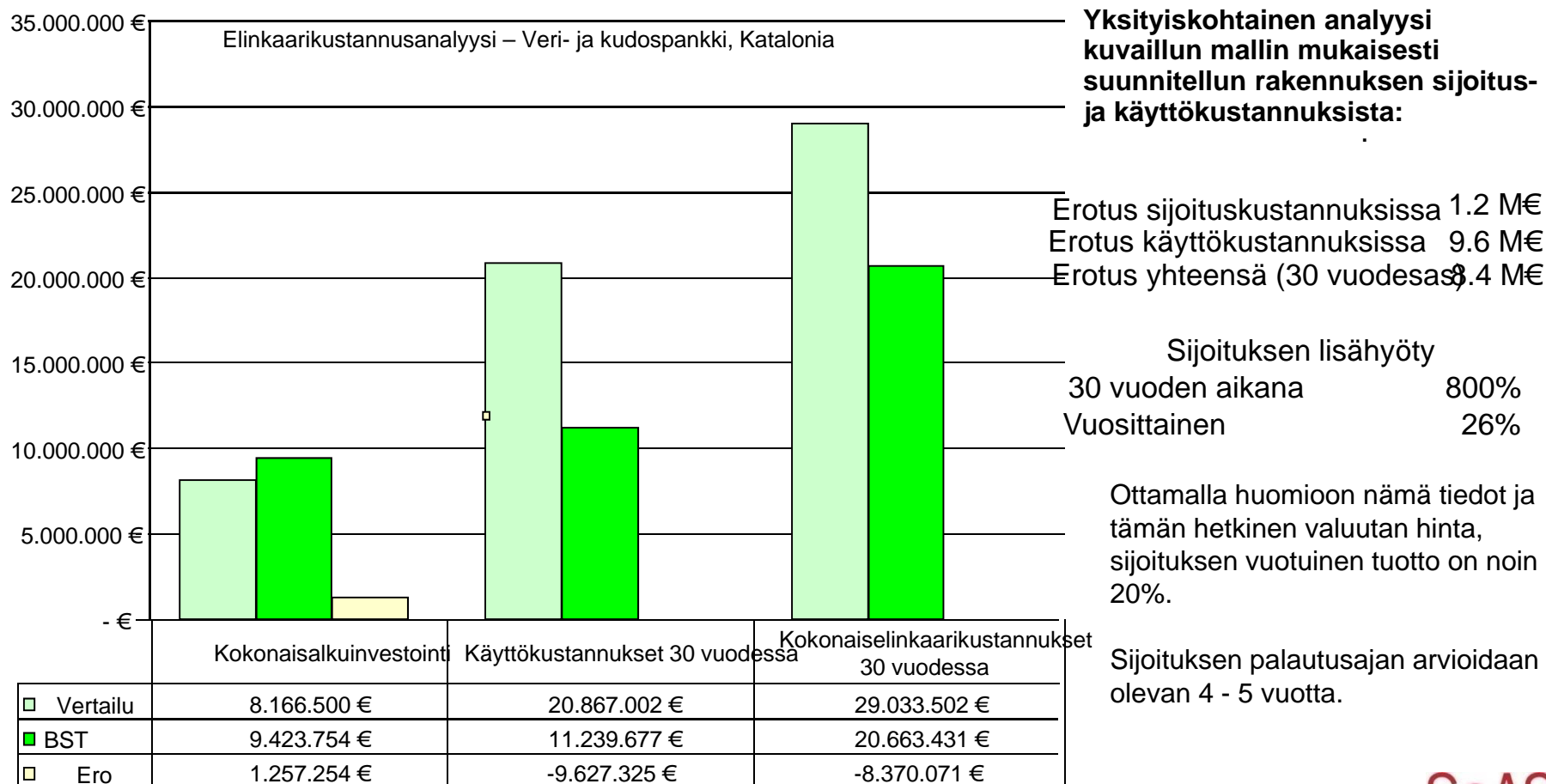
## 2. Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys

### 2.1. EU:n direktiivi 2010/31/CE – EPBD recast



## 2. Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys

### 2.1. EU:n direktiivi 2010/31/CE – EPBD recast

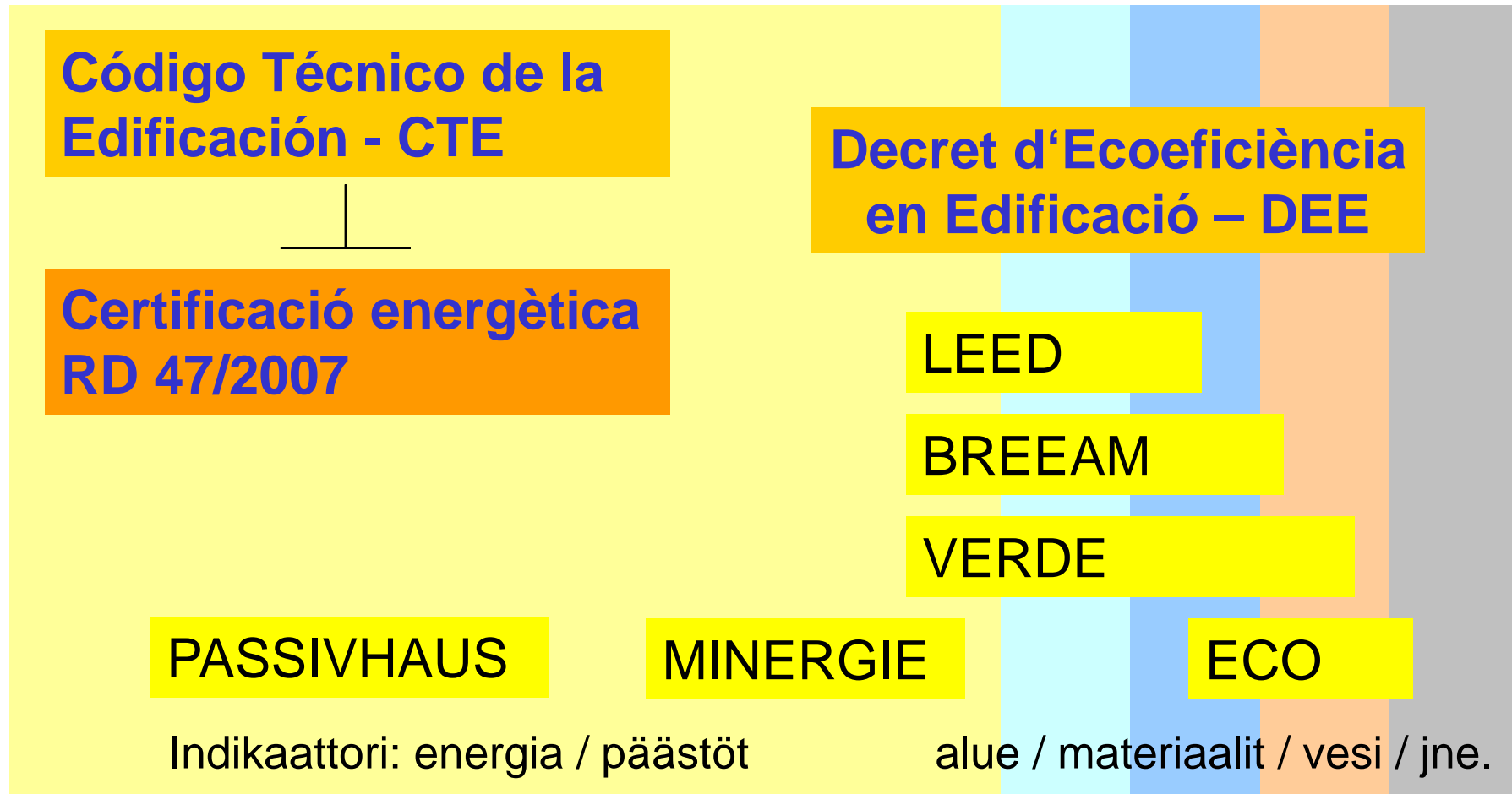


Tutkimus tehtiin projektin b\_EFIEN puitteissa, Fundació b\_TEC avustuksella, mukana osallisina insinööri- ja FM-yrityksiä, SaAS, grupo JG, et.al. Barcelona 2009

SaAS

## 2. Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys

### 2.3. Luokittelut ja sertifikaatit



## 2. Rakennusten käyttöenergia: lainsäädäntökehys

### 2.3. Luokittelut ja sertifikaatit

#### Sertifikaattien analyysien pääkohdat

Ympäristö	Kaupungin rakennustiheys	Terveys ja hyvinvointi	Sisäilman laatu
Liikenne			Sähkömagneettiset kentät
Maaperän suojelu			Radioaktiivinen säteily
Viheralueet			Lämpö-, visuaalinen, akustinen hyvinvointi
Materiaalit	Vaikutus	Sosioekonomia	Parannuskustannukset
Saatavuus			Käyttäjätietous
Paikallinen tietous			Ammattiopetus
Jäte			Verkostojen yhdistäminen
Energia	Energian kysyntä	Huolto	Integroitu suunnittelu
Energian jakautuminen			Huoltosuunnitelmat
Asennusten tehokkuus			Tarkastusvälit
Uusiutuvat energiat			Valvonta
Vesi	Veden kulutus	Muut	
Sadevesi			
Harmaavesi			
Jäteveden käsittely			



### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

#### 3.1. Passiivinen: lämpöinertia / eristäminen / aurinkoenergiansäätö / ilmanvaihto / luonnonvalo

---

**Lämpöinertia:** Rakennuksen lämmönvarastointikyky. Päästrategia Välimeren ilmastossa, jossa korkeat päivä/yö lämpötilavaihtelut ja kivistärakentamisen traditio.

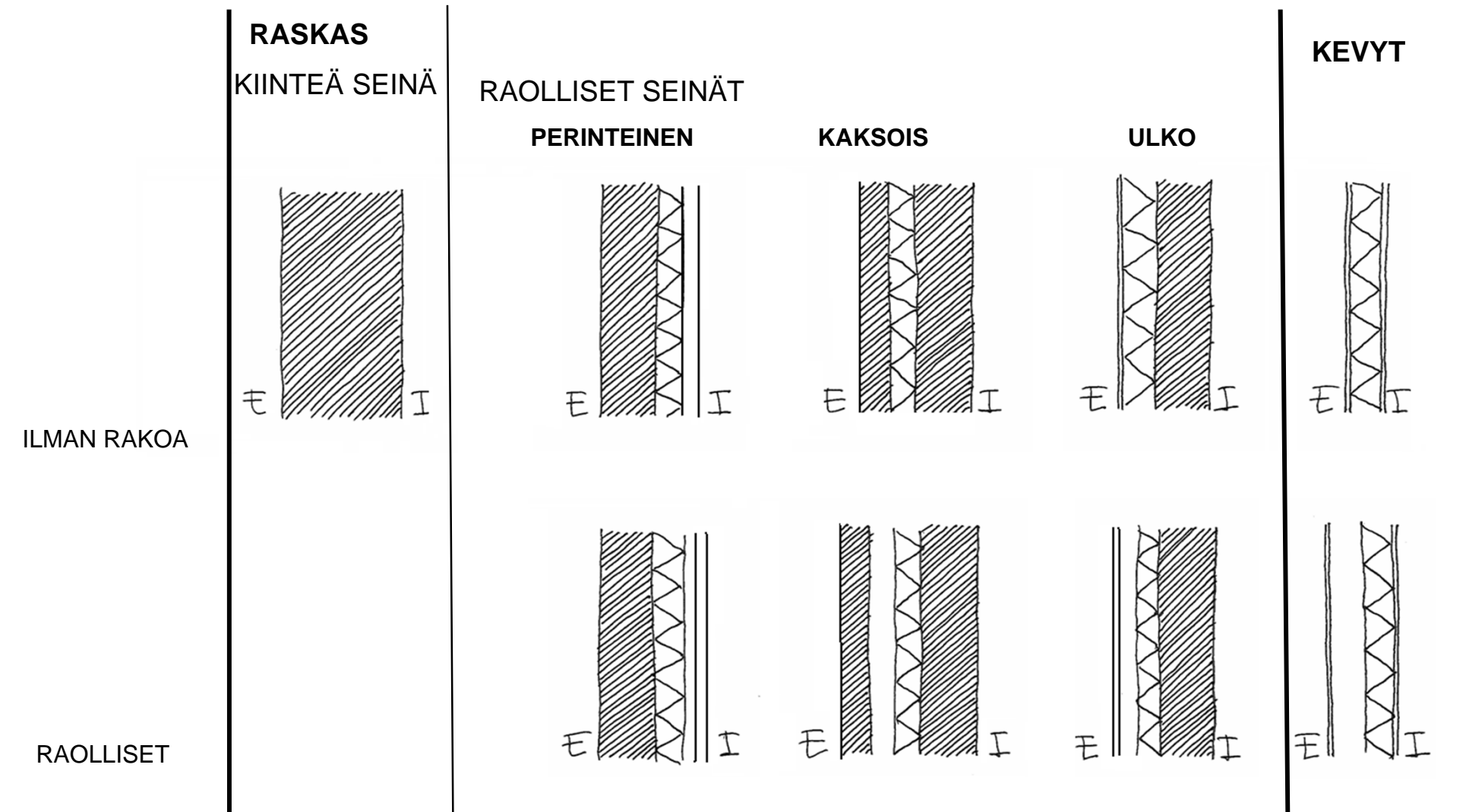
**Eristys:** Johtumalla tai konvektiolla tapahtuvan lämmön siirtymisen kontrollointi vaihtamalla materiaaleja tai materiaalien paksuutta. Monikerroksisten julkisivujen ja erikoismateriaalien ulkonäkö..

**Aurinkoenergiansäätö:** Auringonsäteiden estokerrosten tai kiilto-ominaisuuksien avulla voidaan lisätä tai vähentää auringonsäteilyn tehoa ja näin saavuttaa talvisin maksimaalinen hyöty ja kesällä estää ylikuumeneminen.

**Ilmanvaihto:** Ilmanvaihdolla on kaksi vaikutusta: se hyödyntää ympäristössä tapahtuvia olosuhdemuutoksia ja toimii luonnollisena haihduttavana jäähdytysprosessina. Tätä mekanismia suositaan kuumassa ympäristössä ja alhaisen lämpömassan rakennuksissa.

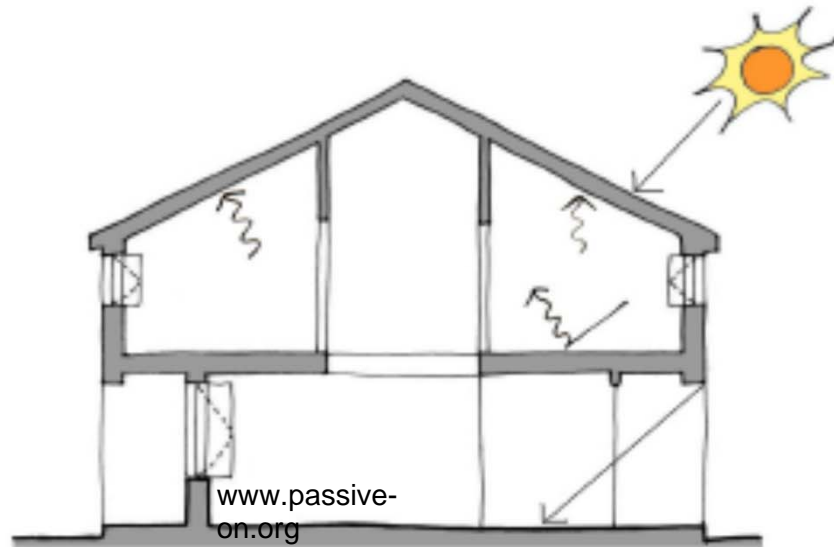
### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

#### 3.1. Julkisivun rakennus typologioita



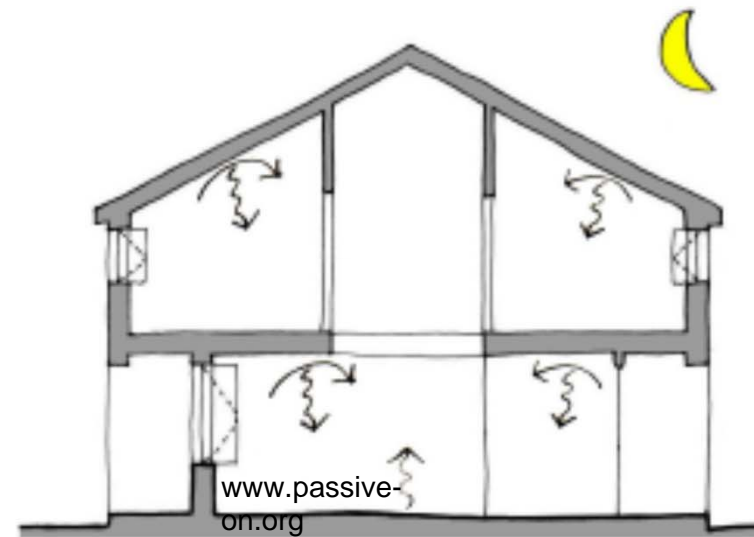
### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

#### 3.1. Passiivinen: Lämpöinertia



Terminen massa varastoi lämpöä päivän aikana

Tyypillinen Pohjois-Välimeren maatalo, joka perustuu lämpöinertiaan



Päivällä varastoitunut lämpö säteilee takaisin viileämpinä tunteina (yö)

Perinteinen Etelä-Välimeren pihapiiri, joka perustuu lämpöinertiaan



### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

#### 3.1. Passiivinen: Eristys



$$R = \frac{e}{\lambda} \left[ \frac{m}{W} / mK \right]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} \left[ \frac{m \cdot 2 \cdot K}{W} \right]$$

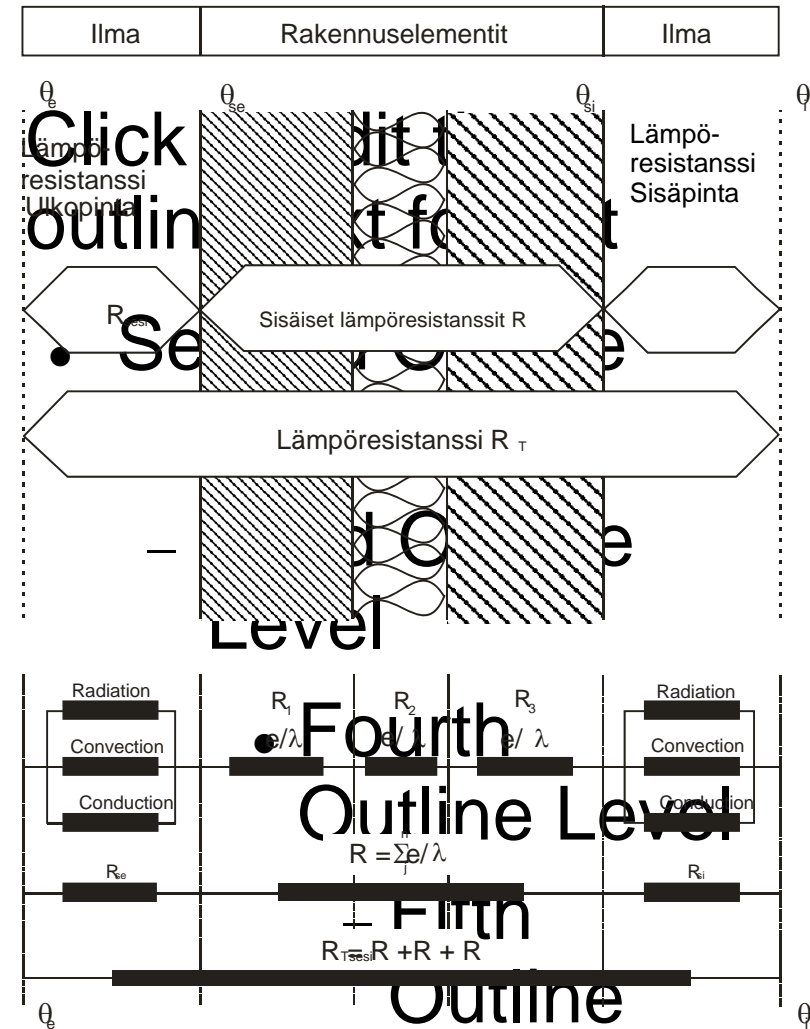
$$U = \frac{1}{R} = \frac{\lambda}{e} \left[ \frac{W}{m \cdot 2 \cdot K} \right]$$

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T \quad [W]$$

$$R = \frac{e}{\lambda} \left[ \frac{m}{W} / mK \right] \left[ \frac{m \cdot 2 \cdot K}{W} \right]$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{\lambda}{e} \left[ \frac{W}{m \cdot 2 \cdot K} \right]$$

$$Q = \lambda \cdot A \cdot \frac{\Delta T}{e} \quad [W]$$





### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

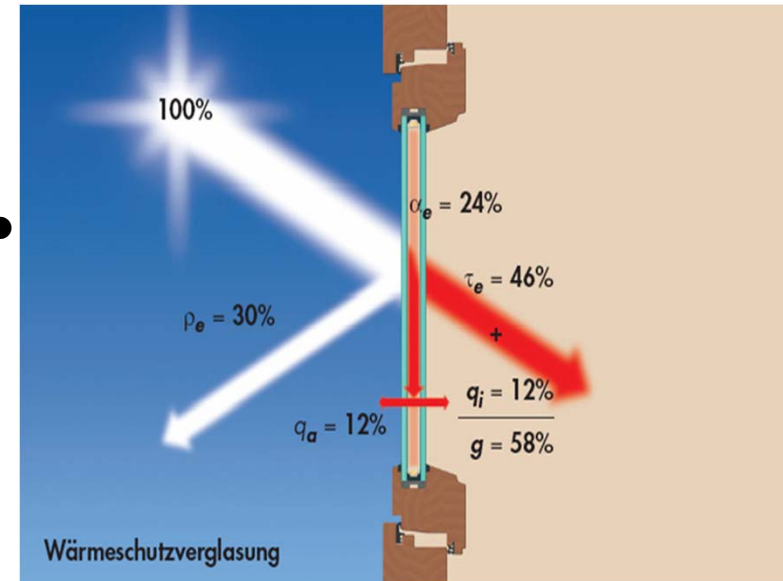
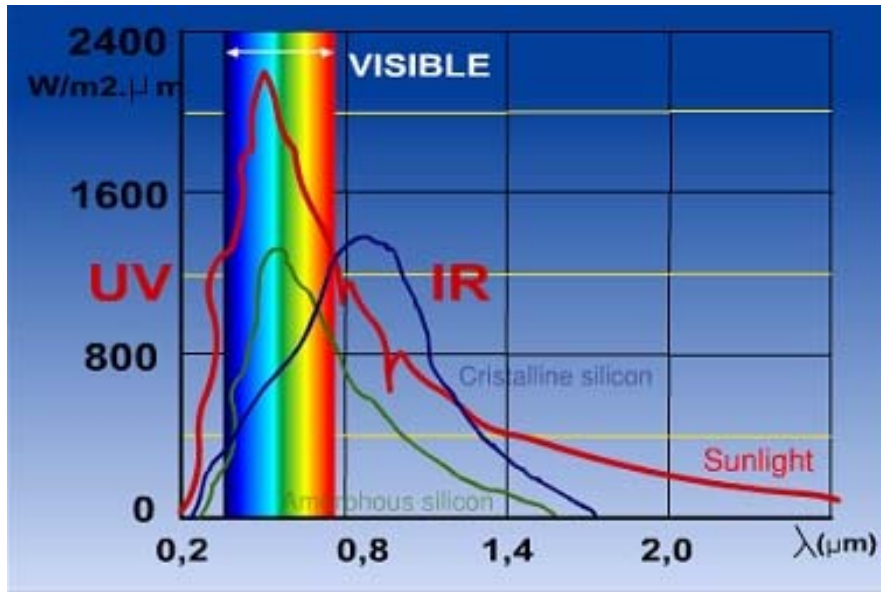
#### 3.1. Passiivinen: Aurinkosäätö

Auringosta saatavan hyödyn ja suojautumisen välinen optimi riippuu rakennuksen käytöstä, suunnasta, jne.

Päätekijät: lämmönläpäisy, aurinkoenergiatekijä, näkövälä

Varjostuslaitteet, luonnonvaloa läpäisevät varjostusvälineet

- Click to edit the outline text format
- Second Outline



LEVEL

### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

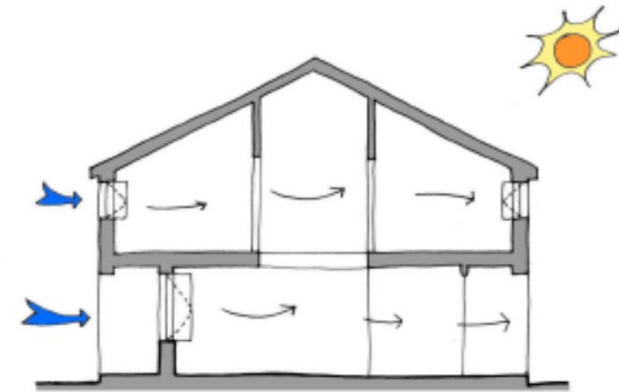
#### 3.1. Passiivinen: Ilmanvaihto

Ristituuletus: rakennussuunnittelu (esimerkiksi huoneistojen sijainnit), joka sallii ilmavirtaukset julkisivulta toiselle lisäten luonnollista ilmanvaihtoa

Yötuuletus: lisää ilmanvaihtoa kylmempänä kesäoinä poistaen rakennuksen lämpömassaan päivän aikana varastoitunutta lämpöä. Tämä strategia on riittävä korvaamaan ilmastointijärjestelmää vain lauhkeassa ilmastossa, mutta joka tapauksessa se vähentää tarvittavan jäähdytysenergian määrää.

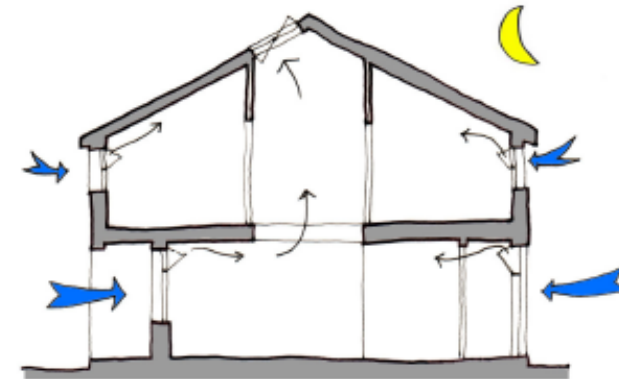
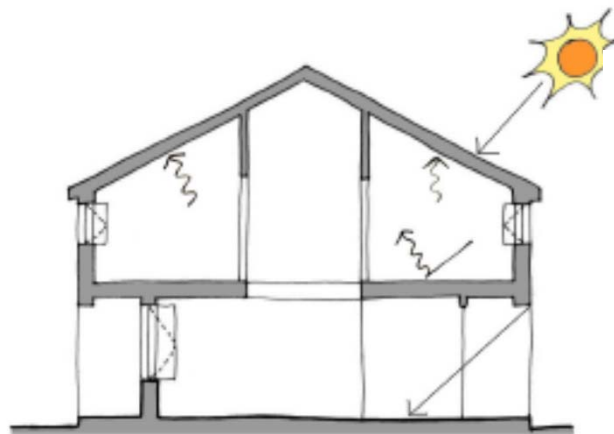
• Tyypillisen yötuuletuksen ilmanvaihtonopeus on 4/h, usein riippuen mekaanisesta apuilmastointijärjestelmästä varmistaaksesi korkean energiatehokkuuden.

Click  
outline  
• S  
Level



www.passive-on.org

Third Outline

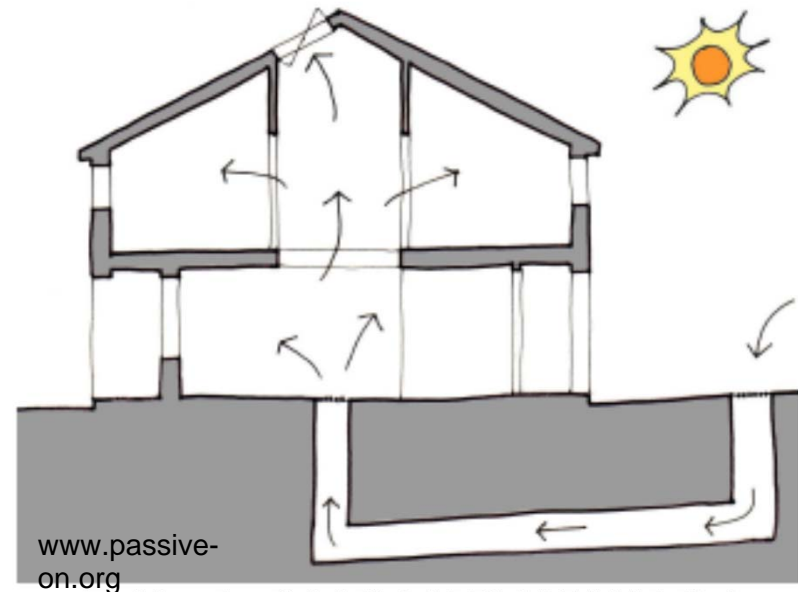
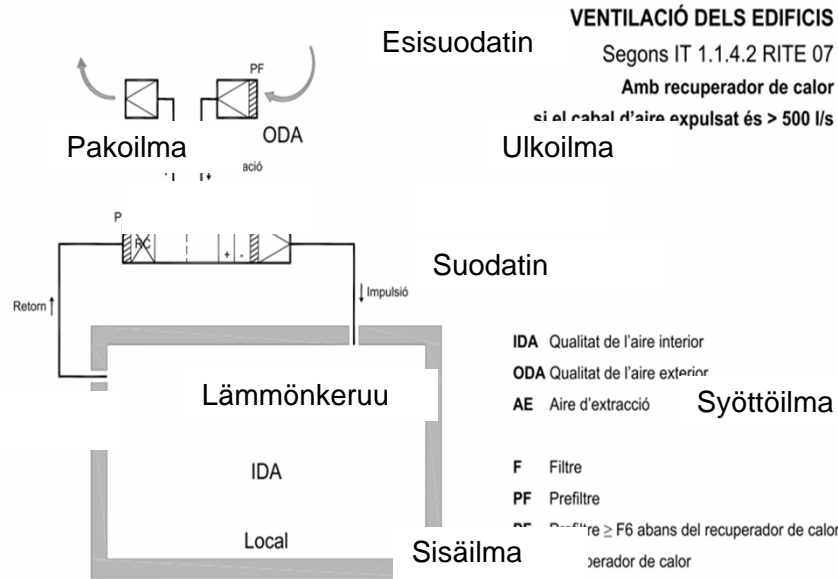


www.passive-on.org

LEVEL

### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

#### 3.2. Hybridi: vapaajäähdytys / lämmönkeruu / maaputket



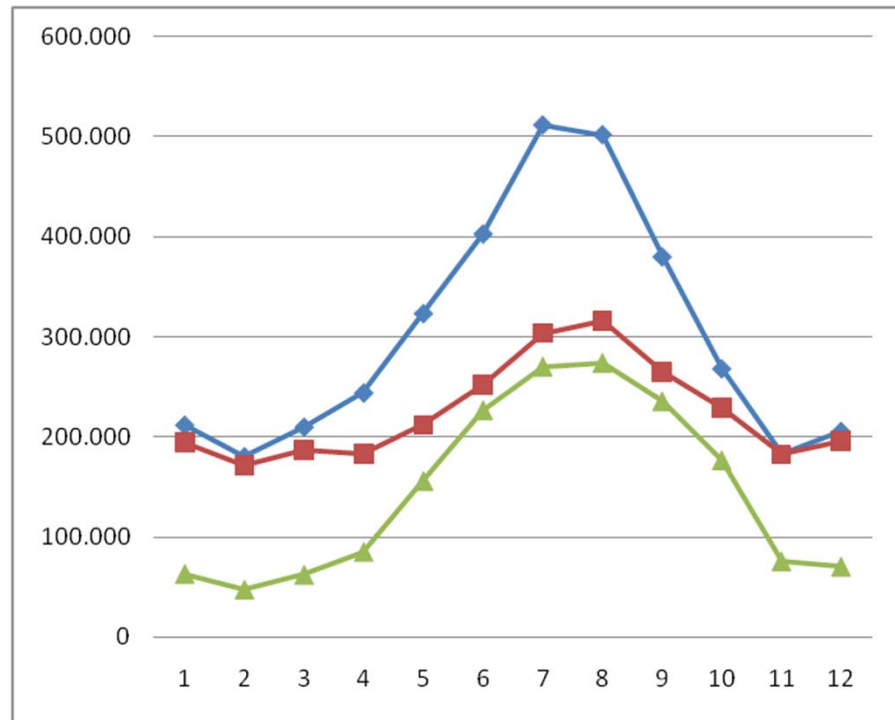
- Click to edit the outline text format
  - Second Outline Level
- Vapaaajaähdytys syöttöilman virtauksen käyttö ja ilmastointi, kun kphdosta maaperään jäädyttää ja ulkoilma on kylmempää kuin sisäilma.
- Lämmönkeruu: syöttöilma esilämmitetään palauttamalla lämpöä poistoilmasta käyttäen ilmasta-ilmaan lämmönvaihdinta.

- Click to edit the outline text format
  - Second Outline Level
  - Fourth Outline Level
- Maa- tai kalliperäisen lämmönvaihdin: Hyödyntää maaperän tai kalliin lämpötilaa. Sisäänjohdettava ilma tuodaan maaperään kaivettujen tehokkaasti lämpöä johtavien putkien kautta. Näin korvaava ilma muuttuu miellyttäväksi korkealla hyötysuhteella.

### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

#### 3.2. Hybridi: vapaajäähdytys / lämmönkeruu / maaputket

Esimerkki Veri- ja kudospankki, Katalonia, 2010

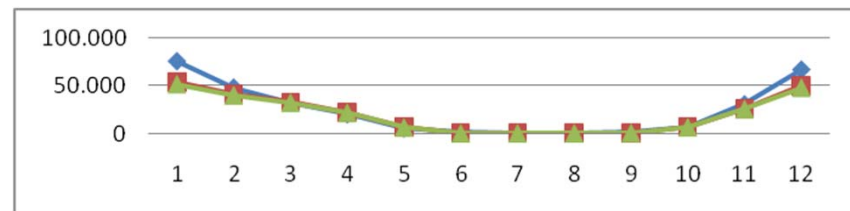


JÄÄHDYTYSTARVE (kWh)

- 100% EI-KANTAVA ULKOSEINÄ
- RASKAS JULKISIVU, EI LÄMMÖNKERUUTA
- RASKAS JULKISIVU, VAPAAJÄÄHDYTYS JA LÄMMÖNKERUU

Tarve vähenee 41%!

SaaS



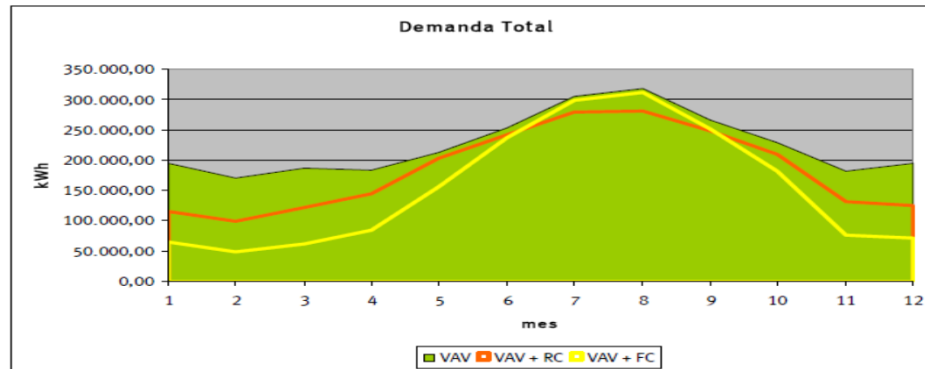
LÄMMITYSTARVE (kWh)

Demanda energètica de climatizaci3 (kW/h), JG Ingenieros, julio 2008 / Herramienta de c3lculo: CARRIER Hourly Analysis Program v 4.12b

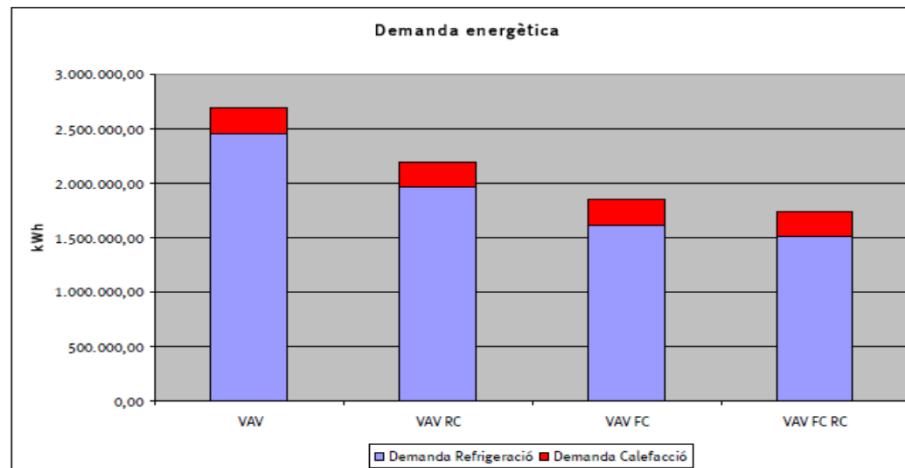
### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

#### 3.2. Hybridi: vapaajäähdytys / lämmönkeruu / maaputket

##### Esimerkki Veri- ja kudospankki, Katalonia, 2010



Kuukausittainen lämmitys- ja jäähdytystarve (kW/h), grupoJG Enginyers, January 2008



- VAV ilmastointilaitteet vaihtuvalla ilmantilavuudella ilman lämmönkeruuta
- VAV + RC ilmastointilaitteet vaihtuvalla ilmantilavuudella ja lämmönkeruulla
- VAV + FC ilmastointilaitteet vaihtuvalla ilmantilavuudella ja vapaajäähdytyksellä
- VAV + FC + RC ilmastointilaitteet vaihtuvalla ilmantilavuudella, vapaajäähdytyksellä ja lämmönkeruulla
- Lämmitystarve
- Jäähdytystarve

Simulation: CARRIER Hourly Analysis Program v 4.12b  
Annual energy demand for heating and cooling  
grupoJG Enginyers

SaaS

### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

#### 3.3. Aktiivinen: energiatehokkaat asennukset

Aurinkolämpö ja -  
sähköpaneeliryhmä  
prototyyppi  
rakennuksen katolla  
(LIMA – Low Impact  
Mediterranean  
Architecture,  
Barcelona).

Välimeren ilmastossa  
1 kW aurinkosähköä  
(8m<sup>2</sup> paneeleja)  
tuottaa noin 1,200  
kWh/a, joka on noin  
kolmannes  
keskimääräisen  
kotitalouden sähkön  
tarpeesta.



### 3. Parametrit, jotka vaikuttavat käytössä olevan rakennuksen energiankulutukseen

#### 3.4. Rakennuksen huolto- ja säätöjärjestelmät

Huolto- ja säätöjärjestelmillä on yhä tärkeämpi osa energiankulutuksen optimoinnissa, erityisesti tertiäärin sektorin rakennuksissa (toimistot, hotellit, supermarketit)

Eri järjestelmien energiankulutuksen eriteltyä mittaamista (erityisesti lämmitys, ilmanvaihto, ilmastointi, mutta myös valaistus) ohjaavat erityiset laitteet asiaankuuluvien parametrien perusteella (lämpötila, ilmanvaihto, valoisuus, jne) ennalta määrättyjen ajankohtien tai raja-arvojen pohjalta.

Keskittetty ohjaus graafisen käyttöliittymän avulla helpottaa huoltohenkilökunnan pääsyä rekisteröityihin tietoihin ja suorituskyvyn seurantamittareihin. Lisäksi alitehoiset laitteet ja päästöt esimerkiksi GPRS:n kautta tulevien hälytyssignaalien avulla.



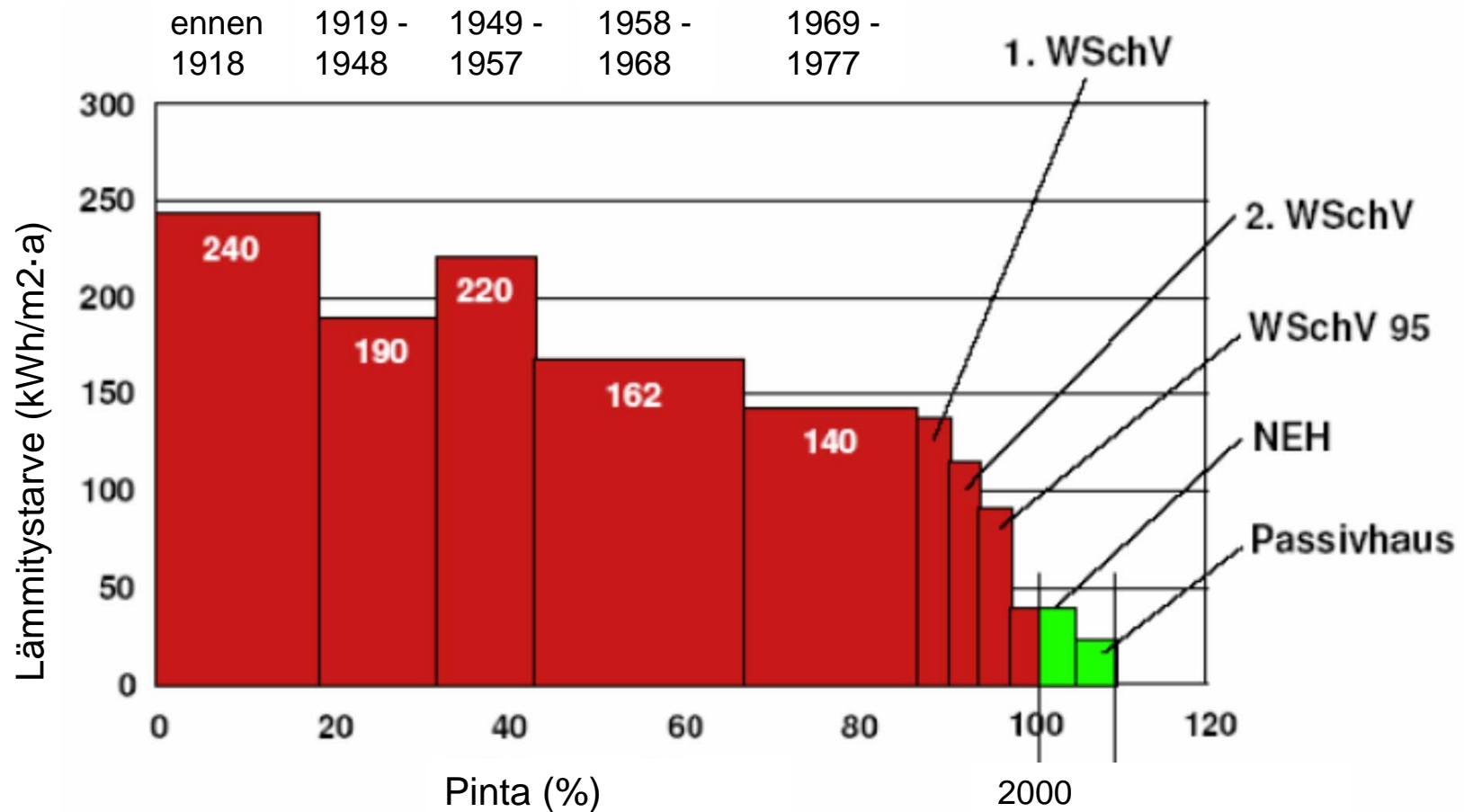
Level



Level

## 4. Kaupunkisuunnittelun käyttämiä menetelmiä rakennusten energiakunnostuksessa

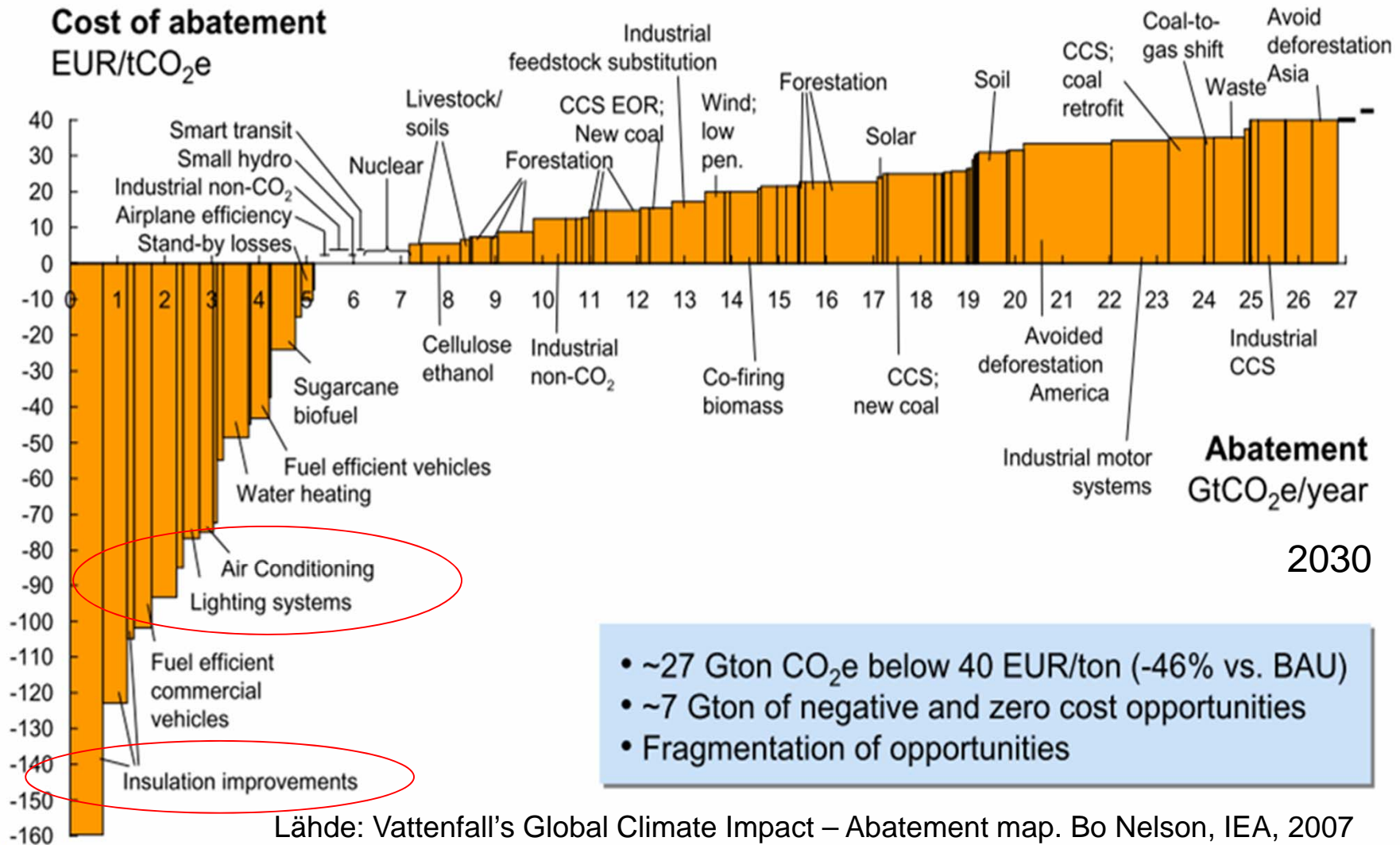
### 4.1. Energiatehokkuuskunnostamisen tärkeys





# 4. Kaupunkisuunnittelun käyttämiä menetelmiä rakennusten energiakunnostuksessa

## 4.1. Energiatehokkuuskunnostamisen tärkeys



## 4. Kaupunkisuunnittelun käyttämiä menetelmiä rakennusten energiakunnostuksessa

### 4.1. Energiatehokkuuskunnostamisen menetelmien soveltuvuus

Energy efficient renovation	Public subsidy	Final energy savings	Primary energy savings	Avoided emissions
	M€	ktep	ktep	ktCO <sub>2</sub>
<b>Building envelope</b>	<b>111,5</b>	<b>22</b>	<b>42</b>	<b>89</b>
<b>Building services</b>	<b>145,5</b>	<b>61</b>	<b>116</b>	<b>244</b>
<b>Lighting equipment</b>	<b>22,5</b>	<b>30</b>	<b>74</b>	<b>150</b>
<b>Appliances</b>	<b>282,3</b>	<b>81</b>	<b>204</b>	<b>412</b>

Lähde: IDAE (2011) Plan de Acción de Ahorro y Eficiencia Energética 2011-2020

Energy efficient renovation	Estimated lifetime of measure	Public subsidy / primary energy saving	Public subsidy / avoided emissions	Avoided emissions / public subsidy
	a	€/kWh	€/kgCO <sub>2</sub>	kgCO <sub>2</sub> /€
<b>Building envelope</b>	<b>30</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	<b>23,95</b>
<b>Building services</b>	<b>15</b>	<b>0,01</b>	<b>0,04</b>	<b>25,15</b>
<b>Lighting equipment</b>	<b>6</b>	<b>0,00</b>	<b>0,03</b>	<b>40,00</b>
<b>Appliances</b>	<b>10</b>	<b>0,01</b>	<b>0,07</b>	<b>14,59</b>

## 4. Kaupunkisuunnittelun käyttämiä menetelmiä rakennusten energiakunnostuksessa

### 4.2. Kaupunkisuunnittelun innovatiiviset ohjesäännöt



#### Sovella kaupunkisuunnittelun ohjesääntöjä

- Helpota remontointia sallimalla rakennuspinnan / alan suurentaminen rakennuksen lämpöeristämisen parantamiseksi
- Rakennus nettolattiapinta-alan perusteella, ei rakennetun pinta-alan perusteella, jotta paksummat seinät eivät kärsi vertailussa.
- Suosi vihreiden kattojen käyttöä.
- Suosi rakentamisen välitilojen sisällyttämistä aurinkoenergianhyödyntämisen tai auringolta suojautumisen vuoksi (talvipuutarhat, pergolat, jne.) suosi myös terasseja, parvekkeita, jne..

# The UP-RES Consortium

Tämän moduulin vastuullinen instituutio: **SaAS**



- **Suomi: Aalto University School of science and technology**  
[www.aalto.fi/en/school/technology/](http://www.aalto.fi/en/school/technology/)

SaAS

- **Espanja: SaAS Sabaté associats Arquitectura i Sostenibilitat**  
[www.saas.cat](http://www.saas.cat)



- **Iso-Britannia: BRE Building Research Establishment Ltd.**  
[www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk)



- **Saksa:**



**AGFW - German Association for Heating, Cooling, CHP** [www.agfw.de](http://www.agfw.de)

**UA - Universität Augsburg** [www.uni-augsburg.de/en](http://www.uni-augsburg.de/en)



**TUM - Technische Universität München** <http://portal.mytum.de>

- **Unkari: UD University Debrecen**



[www.unideb.hu/portal/en](http://www.unideb.hu/portal/en)