

# Energiatehokas rakennus ja alue tulevaisuudessa

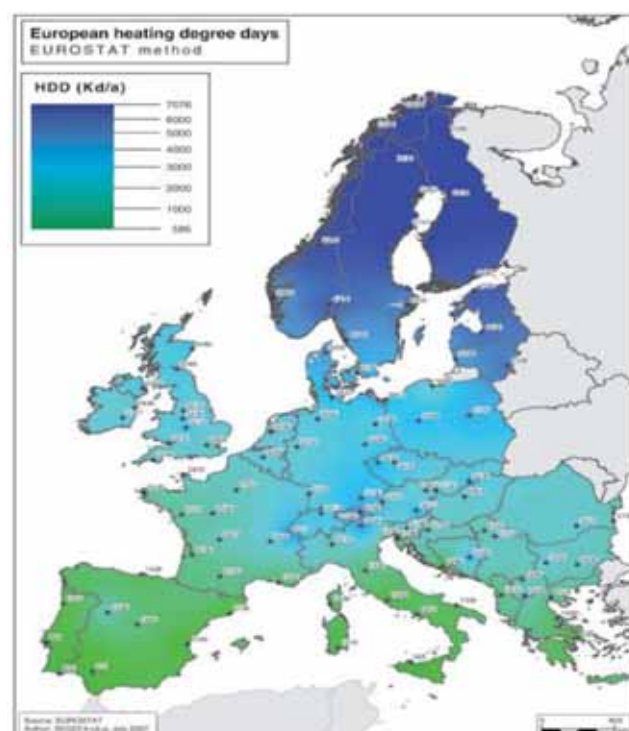
Jyri Nieminen  
VTT



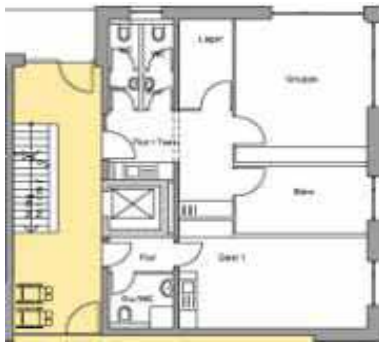
VTT VALTION TEKNILLINEN TUTKIMUSKESKUS

## Eurooppalaisia tavoitteita

Tanska	-75%	2020
Ranska	Energiapositiiviset rakennukset	2020
Saksa	Vain päästötöntä tai uusiutuvaa energiaa	2020
Unkari	0-emissiorakennukset	2020 *)
Hollanti	Energianeutraalit rakennukset	2020
Norja	Passiivitalo	2020
Englanti/ Wales	0-CO <sub>2</sub>	2016
Suomi	Lämmitystarve -30 % Energiantarve -20 % (2010) Passiivitalot?	2010 2012 2015
EU	CO <sub>2</sub> : -60 ... 80 % Uusi EPBD: - Nollaenergiarakennukset - Korjausrakentamiselle omat energiatehokkuusvaatimukset	2050 2012 ...19



# Passiivitalo



- Mikä on passiivitalo
  - Kustannustehokas energiantarpeen minimitaso
  - Perusratkaisu nollaenergiatalolle
  - Vapaaehtoinen standardi
  - Tunnetuin energiatehokkaan rakentamisen standardi Euroopassa
  - Noin 10 000 toteutettua passiivitaloa Euroopassa
- Konseptin ongelmat
  - Ohjaa suuriin taloihin erityisesti pientaloissa
  - Ohjaa arkkitehtuuria
  - Ohjaa toiminnallisten ominaisuuksien heikentämiseen (varastot, ikkunapinta-ala, huonekorkeus)
  - Toiminnallisen yksikön laskenta



3

Jyri Nieminen 02.12.2009

# Passiivitalo

	Saksa	Suomi		
		Etelä-	Keski-	Pohjois-
Lämmitystarve, kWh/m <sup>2</sup>	≤ 15	≤ 20	≤ 25	≤ 30
Lämmitystehon tarve, kWh/m <sup>2</sup>	10		-	
Primäärienergian tarve, kWh/m <sup>2</sup>	≤ 120	≤ 130	≤ 135	≤ 140
Yliämpötunnit vuodessa sisälämpötila > 25°C, %	10		-	
Ilmavuotoluku, n <sub>50</sub> 1/h	0,6		≤ 0,6	
Toiminnallinen yksikkö, m <sup>2</sup>	Treated floor area	Bruttoala		
Laskentamenetelmä	PHPP	Valinnainen		



4

Jyri Nieminen 02.12.2009

# Passiivitalon vertailua nykytasoon

		MATALAENERGIATALO				
		C3 2008	C3 2010	Arvas 2012	PASSIIVITALO	...NOLLAENERGIATALO
US	W/m <sup>2</sup> K	0.24	0.17	0.14	0.07 – 0.15	... off-the-grid periaate
AP <sub>maanv</sub>	W/m <sup>2</sup> K	0.24	0.16	0.16	0.08 – 0.14	
YP	W/m <sup>2</sup> K	0.15	0.09	0.09	0.06 – 0.09	
IKK <sub>av.</sub>	W/m <sup>2</sup> K	1.4	1.0	1.0	0.7 – 0.85	
IKK <sub>kiinteä</sub>	W/m <sup>2</sup> K	1.4	1.0	1.0	0.6 – 0.85	
OVI	W/m <sup>2</sup> K	1.4	1.0	1.0	0.4 – 0.7	
LTO	W/m <sup>2</sup> K	30%	50 %	75%	> 80%	
TIIVEYS n <sub>50</sub>		4.0	2.0/4.0	2.0	≤ 0.6 (mitattuja arvoja 0,09 – 0,57)	

## Rakennettuja passiivitaloja



Vantaa:

Kokonaisenergian tarve < 70 kWh/m<sup>2</sup>

Tilojen lämmityksen energiantarve < 20 kWh/m<sup>2</sup>



Valkeakoski:

Kokonaisenergian tarve < 60 kWh/m<sup>2</sup>

Tilojen lämmityksen energiantarve < 25 kWh/m<sup>2</sup>

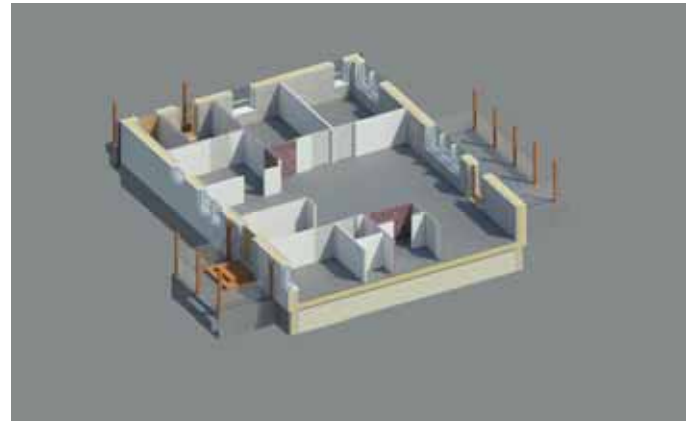


Helsinki:

Tilojen lämmityksen energiantarve < 20 kWh/m<sup>2</sup>

## Passiivitalo, Mäntyharju 2009

Arkkitehtisuunnittelu Tuija Mustonen



- Ulkoseinä 0,10 W/m<sup>2</sup>K
- Yläpohja 0,07 W/m<sup>2</sup>K
- Alapohja 0,09 W/m<sup>2</sup>K
- Ikkunat 0,60 W/m<sup>2</sup>K
- Ovet (umpiovet) 0,82 W/m<sup>2</sup>K
- Ovet (lasiovet) 0,90 W/m<sup>2</sup>K

Kokonaisenergian tarve < 50 kWh/m<sup>2</sup>Tilojen lämmitystarve < 25 kWh/m<sup>2</sup>Ilmavuotoluku n<sub>50</sub> = 0,09 1/h

Jyri Nieminen 02.12.2009

7

## Matalaenergiakerrostalo

## Keksintö 1930-luvulta: Töölöläinen matalaenergiatalo

ni Helsingin  
ha talo kuluttaa  
ää melkein  
vähän kuin  
energiatalo.

lo kulutti samana vuonna  
51 kilowattituntia kuutiota  
kohti.

**ENERGIATEHOKKAAN** vanhas-  
ta talosta tekevät sen raken-  
nustapa ja muoto.  
"Massiiviset tiilestä ja beto-  
nista rakennetut seinät pitävät  
kylmän ulkona", kertoo Hel-  
singin Energian kaukolämpö-  
johtaja Veikko Hokkanen, jo-  
ka asuu talossa.

"Ja umpikorttelirakenne ta-  
etta joka talossa on kaksi  
ntä seinää, toisin kuin  
missä pistetalossa."  
"aikalla muuratun  
minen maksaisi  
in valtavasti.  
n nykyle-  
kuitenkin  
nlaiseen

HS 23.11.2009



Adlonin talo, kuten useimmat muutkin Töölöntorin umpikortteli-  
talot, on rakennettu 1930-luvulla.

- Tilojen ja veden lämmityksen energiankulutus
- 32 kWh/h-m<sup>3</sup> > 100 kWh/h-m<sup>2</sup> (2008)
- C3/D3 2010: ~100 kWh/h-m<sup>2</sup> (TRY)
- MEP 2010: ~80 kWh/h-m<sup>2</sup> (TRY)
- Passiivikerrostalo: ~60 kWh/h-m<sup>2</sup> (TRY)



Jyri Nieminen 02.12.2009

8

## Passiivikerrostaloja Saksassa



	P1	P2	P3	P4	P5	P6
U-arvo [W/m <sup>2</sup> K]						
- Seinä	0,13	0,10	0,11	0,13	0,11	0,14
- Yläpohja	0,10	0,09	0,11	0,09	0,10	0,11
- Alapohja	0,12	0,12	0,12	0,15	0,13	0,15
- Ikkuna	0,88	0,80	0,87	0,81	0,80	0,82
Ilmanvaihtotapa <sup>1)</sup>	HK	K	OH	--	OH	HK
Ilmanvaihdon oletusarvo [1/h] <sup>2)</sup>	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
IV LTO hyötysuhde [%]	--	82	--	--	--	--
Ilmavuotoluku n <sub>50</sub> [1/h]	0,3	0,39	0,3	0,3	0,4	0,6
Vertailupinta-ala [m <sup>2</sup> ]	1927	1267			3820	3607
Asuntojen lukumäärä [kpl]	19	14	18	19	46	45
Lämmönlähde	kaasu- kattila	--	kaasu- kattila	--	pelletti- kattila	kaasu- kattila
Lämmityksen energiantarve [kWh/m <sup>2</sup> ]	13	15	15	14	15	15
Primäärienergian tarve [kWh/m <sup>2</sup> ]	--	119	101	96	--	--

- 1) HK = huoneistokohtainen ilmanvaihtokone  
 K = keskitetty ilmanvaihto  
 OH = osittain hajautettu ilmanvaihto asuntoryhmittäin
- 2) Oletusarvo PHPP-laskentatyökalussa



9

Jyri Nieminen 02.12.2009

## Saksalainen passiivitalo Helsingissä?



Saksalaisten passiivikerrostalojen energiantarve keskimääräisillä arvoilla ja Suomen Rakentamismääräysten mukaisesti:

Kulutuskohde	Energiantarve [kWh/m <sup>2</sup> ]	Primäärienergia [kWh/m <sup>2</sup> ]
Tilojen lämmitys	20	8
Käyttöveden lämmitys	29	12
Huoneistosähkö	25	53
Kiinteistö sähkö	11	25
Yhteensä	84	98



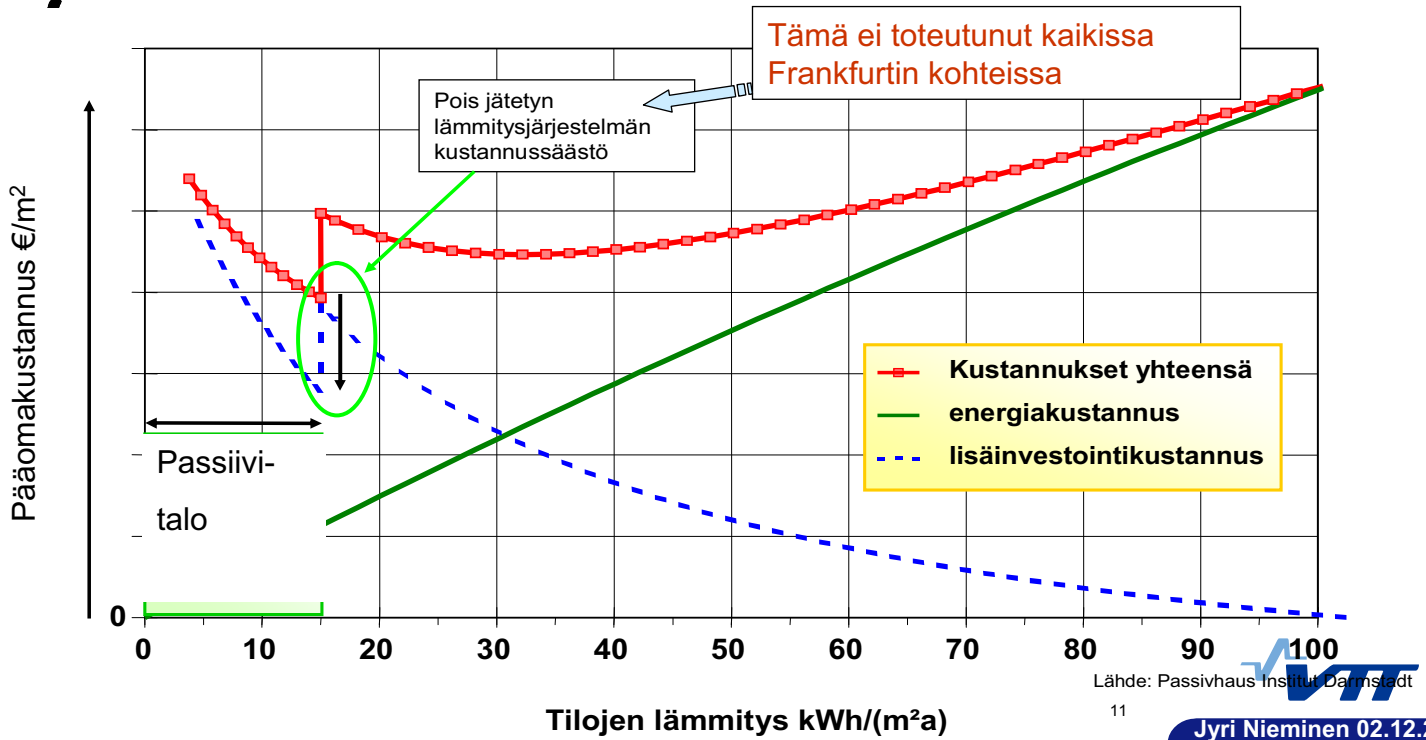
10

Jyri Nieminen 02.12.2009

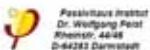
## Kustannusoptimointi



# Energiatehokkuuden kustannusvaikutus



## Saksalainen passiivitalon määritelmä Suomessa?



**Zertifikat**  
 Das Passivhaus Institut bescheinigt dem Gebäude  
 Passivhaus, Passivnr. 100, D-10000 Passivhaus

Bauherr: Familie ...  
 Passivnr. 100, D-10000 Passivhaus

Architekt: ...  
 Passivnr. 101, D-10001 Passivhaus

Hautechnik: ...  
 Passivnr. 102, D-10000 Passivhaus

Das Zertifikat  
**qualitätsgeprüftes Passivhaus**

Die Planung des Gebäudes erfüllt die vom Passivhaus Institut vorgegebenen Kriterien für Passivhäuser. Bei sorgfältiger Bauausführung genügt es den folgenden Anforderungen:

- Das Gebäude hat einen konstant ausgeprägten Wärmeschutz und hervorragende hochwertige Anbauelemente. Der sommerliche Wärmeschutz wurde beachtet. Der Heizwärmebedarf ist begrenzt auf **15 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr**.
- Die Gebäudemasse besitzt eine gemäß ISO 9172 geprüfte, sehr gute Luftdichtheit, die eine Zugluftfreiheit und einen geringen Energieverbrauch ermöglicht. Die Luftwechselrate über die Gebäudemasse wird bei 30 Pascal Druckdifferenz begrenzt auf **0,4 je Stunde, bezogen auf das Gebäudeluftvolumen**.
- Das Haus verfügt über eine kontrollierte Wohnraumlüftung mit hochwertigen Filtern, hocheffizienter Wärmerückgewinnung und hohem Stromwirkungsgrad. Dadurch werden eine hohe Innenluftqualität und zugleich ein niedriger Energieverbrauch erreicht.
- Der gesamte jährliche Primärenergieverbrauch für Heizung, Warmwasserbereitung, Lüftung und Haushaltsstrom zusammen beträgt bei Standard-Nutzung nicht mehr als **120 kWh pro m² Wohnfläche und Jahr**.

Das Zertifikat ist nur in Verbindung mit dem Zertifikatsausdruck zu verwenden. Hieraus gehen die genauen Werte für dieses Gebäude hervor.

Passivhäuser bieten eine sehr gute Luftqualität im Sommer und im Winter. Sie können mit geringem Aufwand (erhöht) werden, z.B. durch eine Nachrüstung der Zuluft. Die Gebäudemasse von Passivhäusern ist auf der Innenseite geschont, was die Temperaturen der äußeren Oberflächen unterscheidet sich kaum von der Raumlufttemperatur. Durch die hohe Dichtheit und Zugversicherungen bei normaler Nutzung abgrenzbar. Die Wohnraumlüftungsvorrichtung stellt eine gleichzeitige gute Innenluftqualität sicher. Die Heizkosten in einem Passivhaus sind sehr gering. Wegen des niedrigen Energieverbrauchs bieten Passivhäuser eine hohe Sicherheit bei künftigen Energiepreiserhöhungen oder Energieerklärungen. Darüber hinaus wird der Umwelt global geschont, da Energieerzeugung sehr sparsam eingesetzt und nur geringe Mengen von Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und von Luftschadstoffen emittiert werden.

ausgestellt:  
 Darmstadt, den 14. Dezember 2007

Dr. Wolfgang Feist

- Toiminnallinen yksikkö suunnittelussa käytettävissä olevan lattiapinta-alan neliometri (treated floor area)
  - Porrashuoneita, kiintokalusteiden alustoja ja seinän vierustojen kapeaa vyöhykettä ei lasketa pinta-alaan
- Ilmanvaihto tarveperustaista, kokonaisilmanvaihto  $\leq 0,4$  1/h.
- Ilmanvaihdon lämmön talteenoton vuosihyötysuhde  $> 85\%$ 
  - Huoneistokohtaiset ilmanvaihtokoneet, raitisilman esilämmitys

Rakenteiden U-arvot  $< 0,09$  W/m<sup>2</sup>K.

Ikkunapinta-ala  $\leq 16\%$  käytettävissä olevasta lattiapinta-alasta. Ikkunan (1,2 x 1,2 m<sup>2</sup>) U-arvo  $< 0,7$  W/m<sup>2</sup>K.

Kompakti muoto

- Pinta-ala / tilavuus A/V = 0,2 – 0,4



## Mikä on nollaenergiatalo?

### Primäärienergian perusteella (net zero primary energy use)

- Rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian ylijäämä on vähintään yhtä paljon kuin käytetyn uusiutumattoman energian määrä kerrottuna primäärienergiakertoimella. EU:n ehdottama määritelmä

### Energian kokonaiskulutuksen perusteella (net zero site energy use)

- Rakennuksessa tuotetun uusiutuvan energian ylijäämä on vähintään saman verran kuin käytetyn uusiutumattoman energian määrä. Suomen ilmastoon soveltuva määritelmä
- Pilotit: Järvenpää, Kuopio, Solar Decathlon



## Pietarsaaren IEA5-talosta nollaenergiatalo

### Perusratkaisu

- Ostetun lämmitysenergian kulutus 13 kWh/m<sup>2</sup>
- Ostetun energian kokonaiskulutus 48 kWh/m<sup>2</sup>
- Keinovalikko: Ulkovaippa, ilmanvaihto, maalämpö, aurinkolämpö ja -sähkö



	Pietarsaari 1993	Tavallinen 2010
<b>Komponentti</b>	<b>U-arvo [W/m<sup>2</sup>K]</b>	
Ulkoseinä	0,12	0,17
Katto	0,09	0,09
Lattia	0,1	0,16
Ovi	0,4	1,0
Ikkuna	0,7	1,0

## Pietarsaari IEA5 vuoden 1993/2008 teknologialla

Kulutuskohte	Energian tarve kWh/m <sup>2</sup>	Talossa tuotettu kWh/m <sup>2</sup>	Hyötyenergia kWh/m <sup>2</sup>	Ostettu energia kWh/m <sup>2</sup>
Lämmitys - lämpöpumppu - jälkilämmitys - aurinkolämpö	65/55	12/12	27/28	20/15 6/0
Talotekniikka ja kotitaloussähkö - verkkosähkö - aurinkosähkö	33/25	11/45		33/25 -11/-45
Yhteensä	98/80	23/57	27/28	48/-5

Ostettu energia = Energiantarve - talossa tuotettu - hyötyenergia  
= Nettoenergia

15



Jyri Nieminen 02.12.2009

## Nollaenergiatalot Kuopioon ja Järvenpään



ARKKITEHTISTUDIO  
KUJALA & KOLEHMAINEN OY

- Bruttoala 2120 m<sup>2</sup>
  - Lämmityksen energiantarve 12 kWh/m<sup>2</sup>
- Huoneistoala 1670 m<sup>2</sup>
  - Lämmityksen energiantarve 15 kWh/m<sup>2</sup>
- Passivhaus Institutin määrittelemä laskentapinta-ala ~ 1500 m<sup>2</sup>
  - Lämmityksen energiantarve 17 kWh/m<sup>2</sup>
- Kuopion nollaenergiatalo Darmstadtissa:
  - Bruttoala: 6 kWh/m<sup>2</sup>
  - 'treated floor area': 8 kWh/m<sup>2</sup>

16



## Ratkaisut nollaa kohti



ARKKITEHTISTUDIO  
KUJALA & KOLEHMAINEN OY

- Aurinkosähkö ja -lämpö
- Maalämmön hyödyntäminen ilmanvaihdon esilämmitykseen
  - Esilämmitysteho 12 kW
  - Ilmanvaihdon vuosihyötysuhde > 80 %
- Muuta
  - Lämmöneristys: U-arvot < 0,9 W/m<sup>2</sup>K
  - Huoneistokohtainen veden- ja energianmittaus
  - Aurinkolämpö ja - sähkö
  - Varjostus!!!
  - Energiaa tuottavat hissit
  - A++ sertifioidut kodinkoneet ja LVI-tekniikan laitteet
  - Energiatehokas valaistus

17



## Uusiutuvan energian tuotanto rakennuksissa

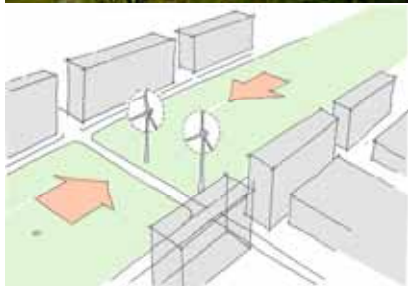
- Aurinkolämpö: 64 000 kWh ~ 100 % tarpeesta, 210 m<sup>2</sup> keräinpinta-ala
- Aurinkosähköpaneelien pinta-ala:
  - Vaihtoehto 1: 185 m<sup>2</sup> => 22000 kWh ~ 100 % kiinteistösähkön tarpeesta
  - Vaihtoehto 2: 490 m<sup>2</sup> => 67 000 kWh ~ 100 % kokonaissähköstä
    - Tila ei riitä!
  - Vaihtoehto 3: Tuulienergia: 30 kW => 60000 – 70000 kWh
- Ongelmat:
  - Tuotannon ja kulutuksen eriaikaisuus
  - Lämmön ja sähkön syöttäminen verkostoihin



18



# Uusiutuvien energioiden tuotanto rakennuksissa/alueilla



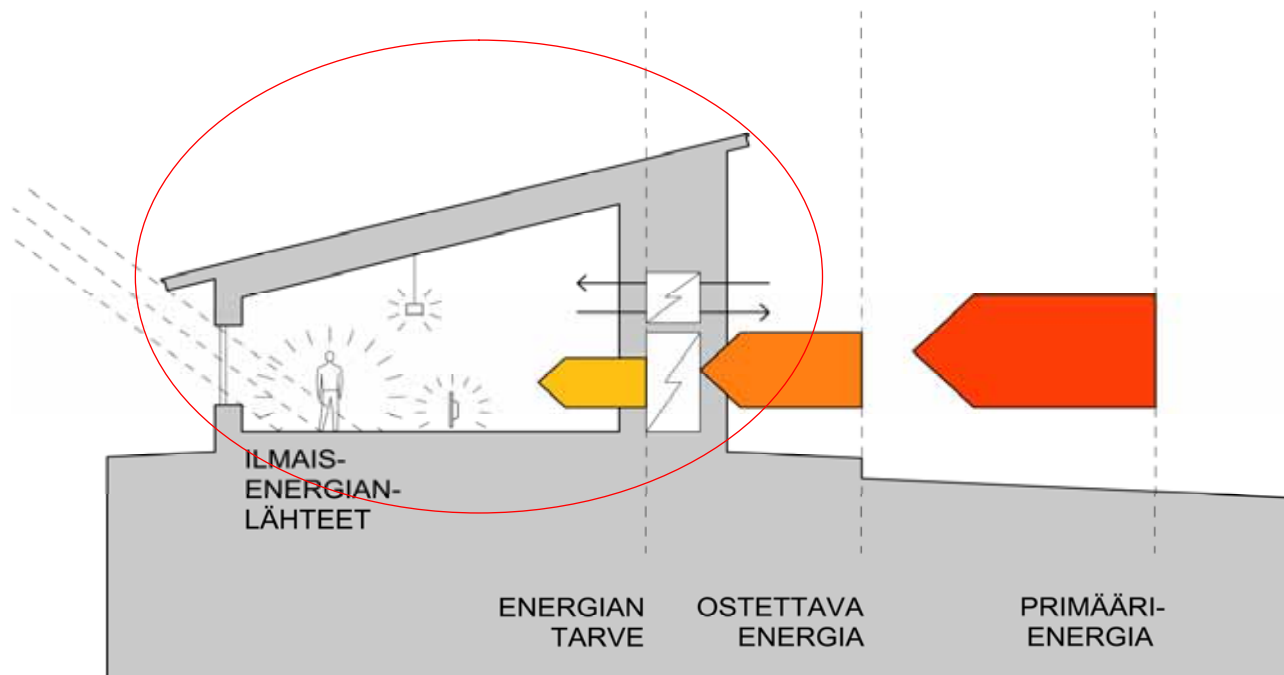
- Syöttötariffit: rakennus ostaa ja myy energiaa
- Kulutuksen ja tuotannon eriaikaisuus
- Edellytykset ja mahdollisuudet:
  - Energiaketjun hallinta/älykkäät verkot
  - Aluelämpö
  - Hajautettu energiantuotanto
  - Useiden tuottajien energiaverkot
  - Yksinkertainen talotekniikka:
    - => kustannusten hallinta
    - => toimintavarmuus



19

Jyri Nieminen 02.12.2009

## Energiantarve



Rakentamisen ja rakennustuotteiden valmistuksen energia ja hiilijalanjälki



20

Jyri Nieminen 02.12.2009



## Alue-energiavaihtoehdot



Vaihtoehtoiset ratkaisut sähkön ja lämmön tuotantoon

Suurten kiinteistöjen, asuinalueiden, kaupunginosien tai kaupunkien energiatehokkuuden analysointi

- Energian tarve: lämmitys, jäähdytys, sähkö
- Huipputehot
- Paikallinen energiantuotanto ja verkostot

Elinkaarinäkökulma:

- Lämpöenergian hinta, kun kaikki kustannukset otetaan huomioon

Energia ratkaisun elinkaari edullisuus



23

Jyri Nieminen 02.12.2009

## Energiaa tuottavat talot, Freiburg, DE



Solarsiedlung, Freiburg – Arkkitehti Rolf Disch



24

Jyri Nieminen 02.12.2009

## Jalkapalloareena, Freiburg, DE

- Aurinkosähköpaneelit katsomojen kattorakenteina
- Kaupungin asukkaat perustivat osakeyhtiön hallitsemaan "sähköntuotantolaitostaan"



Kuva: International developments and a framework for action Coordinator Maryke van Staden, European CCP Campaign ICLEI-Local Governments for Sustainability. Kuntien ilmastokonferenssi 6.-7.5.2008



25

Jyri Nieminen 02.12.2009

## Onsala, Ruotsi

Rivitaloyhtiön autotallien ja lämpökeskuksen kattoihin integroidut keräimet tuottavat noin 25 % talojen lämmöntarpeesta



Dalenbäck, Jan-Olof. 1998. European large-scale solar heating plants [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.hvac.chalmers.se/cshp>



26

Jyri Nieminen 02.12.2009

# Rautatieasema, Woking Borough County, UK

Rautatieaseman laiturit katettiin valoaläpäisevillä aurinkosähköpaneelilla tavallisen katemateriaalin sijaan.



Kuvat: Woking Borough Council A Small Community - Leading the Way  
Managing Director John Throp, Thamesway Ltd, United Kingdom.  
Kuntien ilmastokonferenssi 6.-7.5.2008



27

Jyri Nieminen 02.12.2009



## Beddington Zero-Energy Development – BedZED, UK

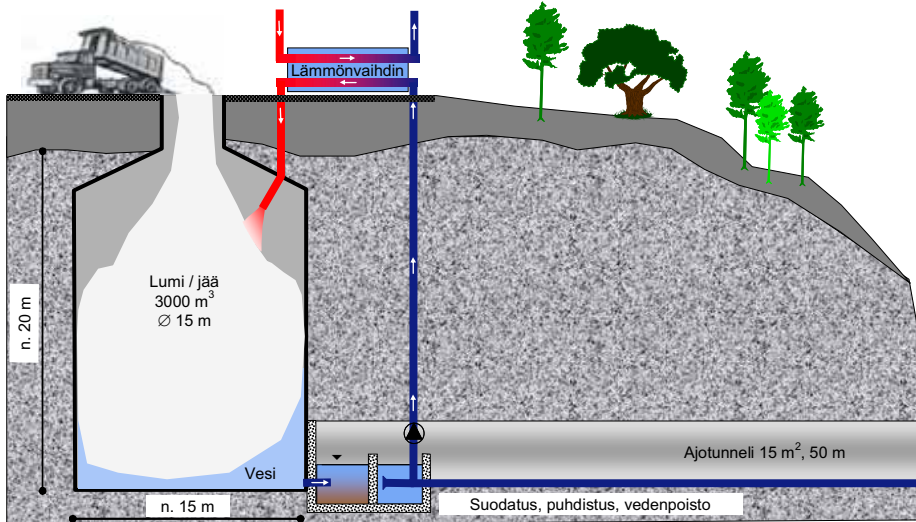


28

Jyri Nieminen 02.12.2009

# Uusiutuvan energian käyttö alueviilennyksessä

## Periaatekuva lumen kalliovarastosta



Viilennysenergian tarve:  
Voidaan pienentää passiivisin  
keinoin vähintään 60%

Yksinkertaiset järjestelmät =>  
kustannustehokkuus

Lumivarasto: säästöä lumen  
kuljetuskustannuksista

Jäähdytysenergian hinta riippuu  
kokonaisratkaisusta



29

Jyri Nieminen 02.12.2009

## Esimerkki: aluelämpölaitos



- Rakennukset energiatehokkaita: lämmitystarve alle 50% uusien pientalojen lämmitystarpeesta
- Hakelaitos tuottaa aluelämmön pientaloalueelle, kahdelle olemassa olevalle oppilaitokselle ja rivitaloalueelle.
  - pientaloalue noin 15 000 k-m<sup>2</sup>
  - rivitaloalue noin 2 000 k-m<sup>2</sup>
  - oppilaitokset noin 5 000 k-m<sup>2</sup>
- Olemassa olevien rakennusten öljylämmitys korvataan aluelämmöllä

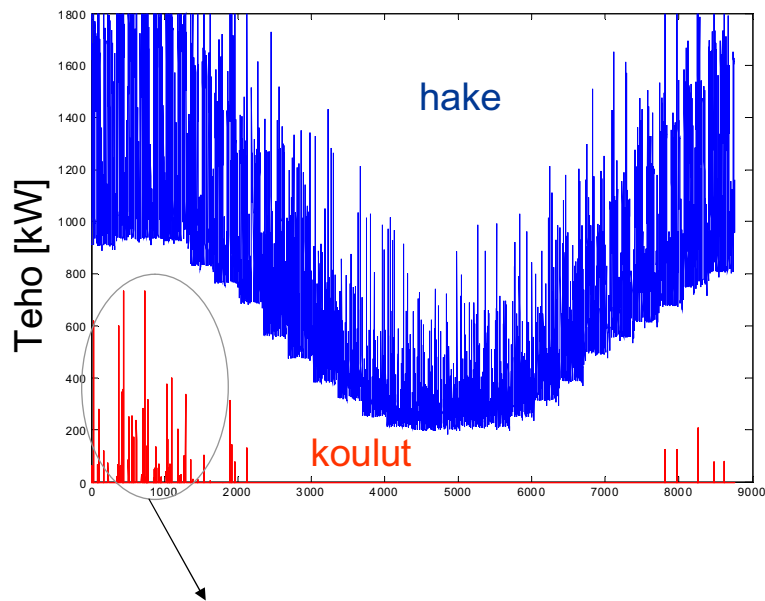
Aika [h]



30

Jyri Nieminen 02.12.2009

# Laitoksen mitoitus: huippukulutus / kesäaika



Laitoksen hinta määräytyy huipun perusteella

- Kesällä jatkuva lattialämmityksestä johtuva kulutus 500 W / talo
- Vaihtelevaa lisäkulutusta käyttövedestä
  - Keskilämmitysteho (3 asukasta) noin 400 W
- Lämpötilan ylläpitämiseksi ohitusventtiilit
  - keinotekoinen kierrätys
  - vaihtoehto: korkeampi syöttölämpötila
  - Lämpöhäviö 90 kW = 110 % nettokulutuksesta
- Aurinkolämpö ja sen varastointi?

## Esimerkki alue-energiaratkaisun analysoinnista

### Vertailuperusta

Talotaso  
Taloryhmätaso  
Aluetaso  
Maa/vesistölämpö  
Pelletti/hakelämpö  
Elinkaarikustannusvertailu, 20 vuoden jakso

### Tulokset

Aluejärjestelmä edullisin  
Hakelämmön edut ja ongelmat:  
• Pääoma- ja elinkaarikustannukset alhaisimmat  
• Hakkeen saatavuus, kuljetusmatkat  
Maa/vesistölämmön edut:  
• Pieni ostoenergian tarve  
• Riippumattomuus kuljetuksista  
• Energialähteen alueellinen riittävyys  
Ympäristönäkökulma  
• Vaihtoehtojen primäärienergian tarpeet pieniä  
• Hiilijalanjälki pieni

### Suosituks

Hakelaitos  
Pitkäaikainen sopimus hakkeen toimittajan kanssa  
Rakennustasoiset kokonaisratkaisut  
Toimijoiden ja rakennuttajien sitouttaminen  
Käyttöopastus: isännöinti, huoltoyhtiö, asukkaat

Jyri.nieminen@vtt.fi

