



**Aalto University**  
School of Electrical  
Engineering

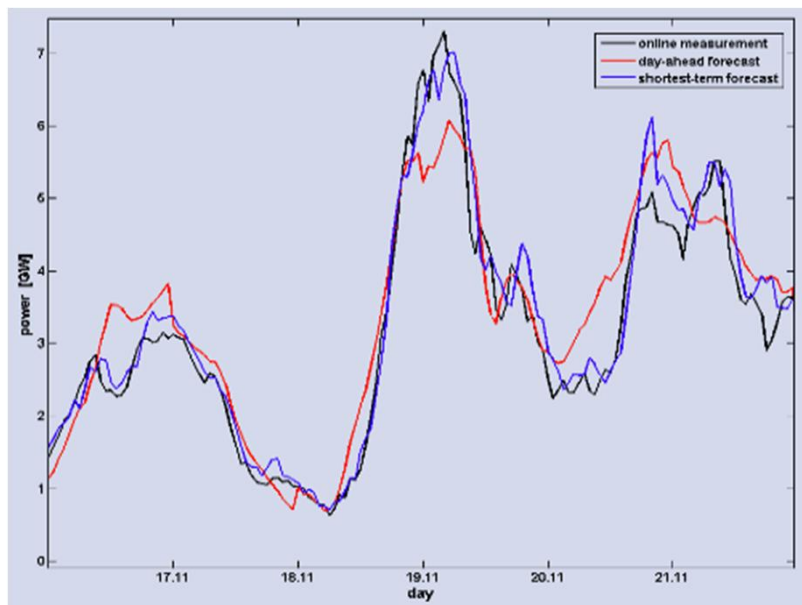
# Sähkön käytön ja tuotannon yhteensovittaminen

**Matti Lehtonen, 8.10.2015**

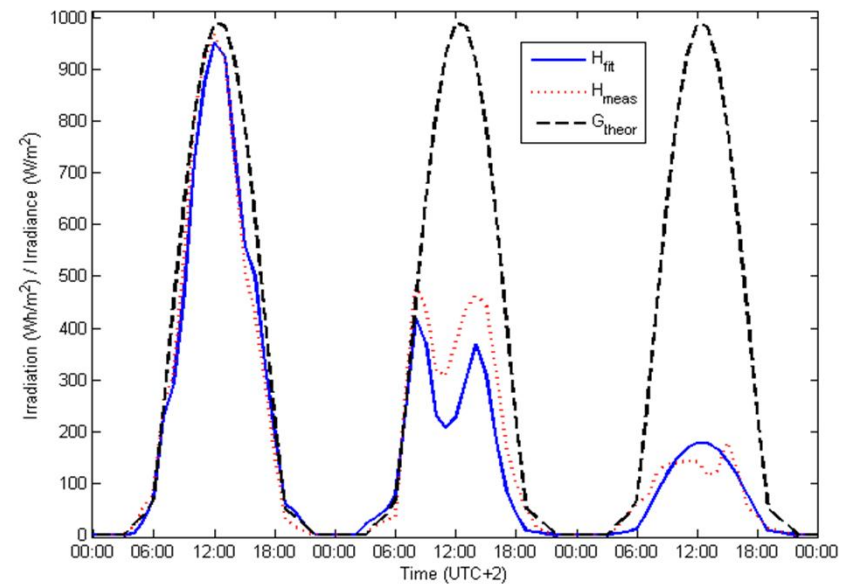
**Rakennusten energiaseminaari**

# Uusiutuvan energian haaste: vaihteleva ja vaikeasti ennustettava tuotantoteho

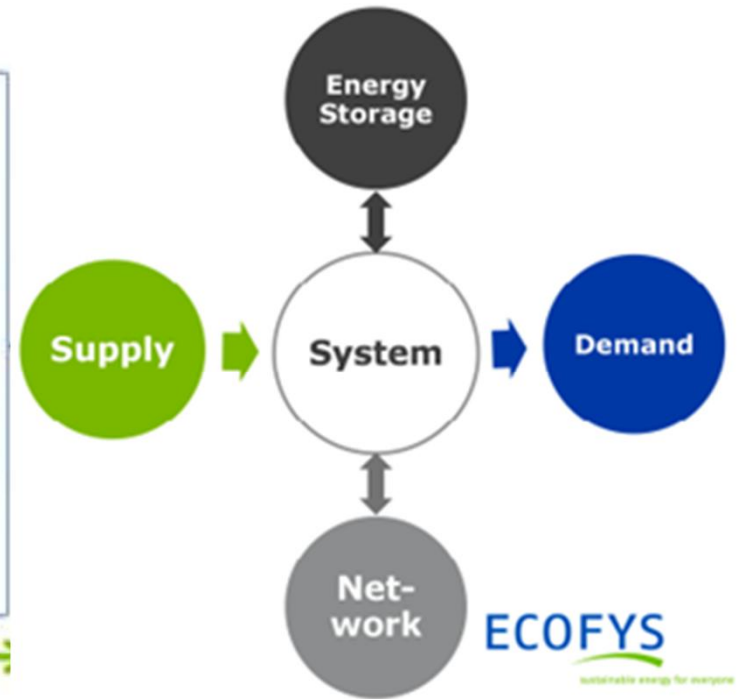
Tuulivoimatuotanto Saksassa kolmena Peräkkäisenä päivänä



Aurinkosähkön tuotanto kolmena Peräkkäisenä päivänä Espoossa



# Energiajärjestelmän joustavat elementit



Uusiutuvan joustamattoman tuotannon määrä

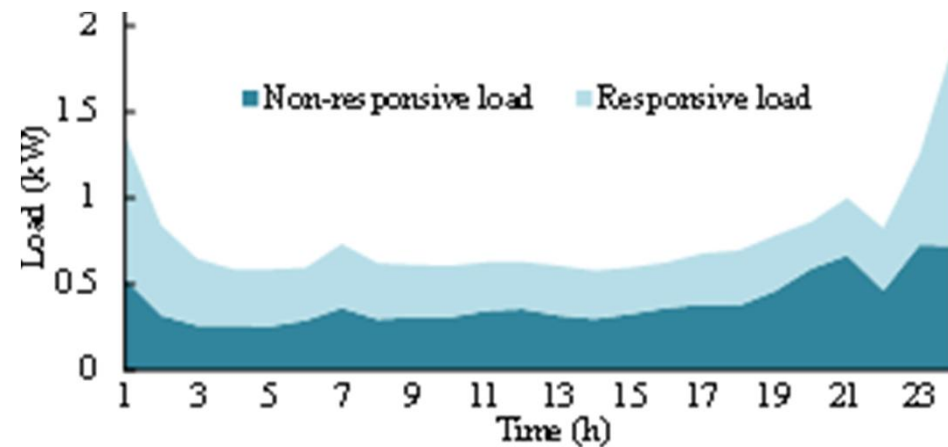
# Mistä joustoa ja energiatehokkuutta

- Paikallinen uusiutuva tuotanto
  - Paikallinen tuuli ja aurinkosähkö on joustamatonta
  - Paikallinen mikroCHP – on merkittävä jouston potentiaali
- Energiavarastot
  - Lämpövarastot
  - Akut & Sähköautot
- Kysynnän jousto (DR – Demand Response)
  - Huomattava osa kuormasta voi joustaa ainakin jonkin aikaa
  - Jouston potentiaali pienenee kun tarvittava kesto kasvaa
- Energian käytön tehostaminen
  - Avainasemassa tarkka mittaus ja energian käytön analyysi
  - Tarkka säätö todellisen tarpeen mukaan (lämpötilat)

# Kysynnän jousto (DR, Demand Response)

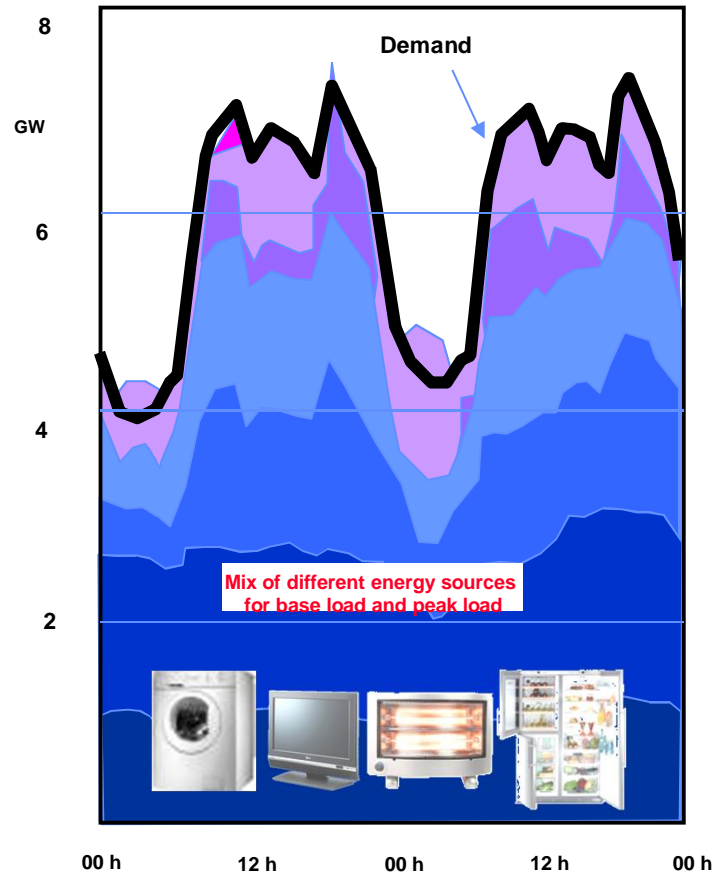
**Kotitalouden kuormista noin 50 % on joustavia ajan suhteen**

- Tämä vastaa 10-20% muutosta huipputehoissa
- Kysynnän jousto tasapainottaa uusiutuvan tuotannon vaihtelua



**Sähköautojen lataamisesta  
Odotetaan myös 10-20 %  
Kysyntäjouston potentiaalia**

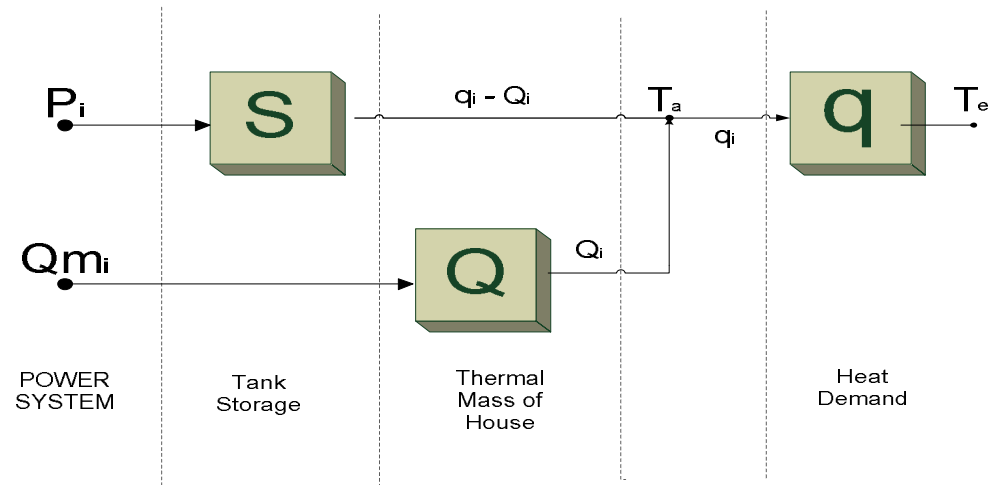
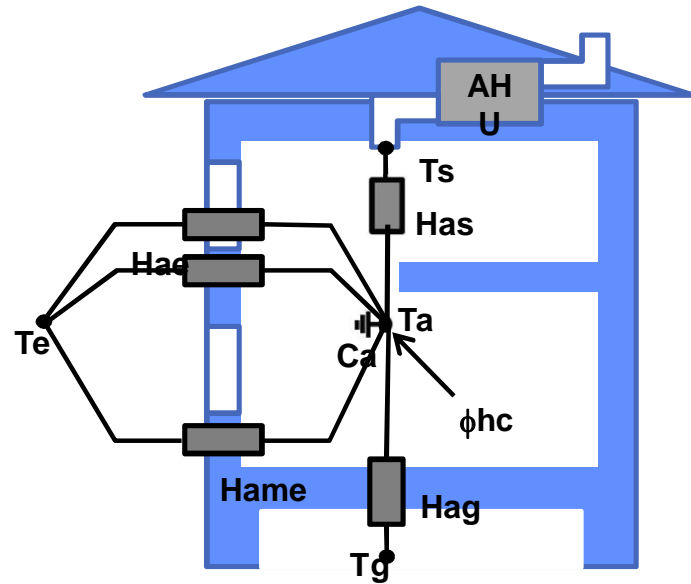
# Tasapainon hallinta ja hajautetut resurssit



- Sähköntarve vaihtelee vuorokaudenajan viikonpäivän ja vuodenajan mukaan
- Samoin vaihtelee uusiutuva tuotanto
- Tehon riittävyyden varmistamiseksi tarvitaan reservejä sekä tuotanto- että kulutuspäässä
- Kysynnän jousto tuskin riittää kattamaan kaikkea tasapainotustarvetta  $\Leftrightarrow$  energian varastointi tulee tärkeämmäksi
- Monilla kulutuskojeilla voi olla kyky lyhytaikaiseen tasapainon säätöön (15 min) ilman että niin toiminnallisuus heikkenee
- Tuntitason joustoa esimerkiksi lämmitys- ja jäähdytyskuormilla

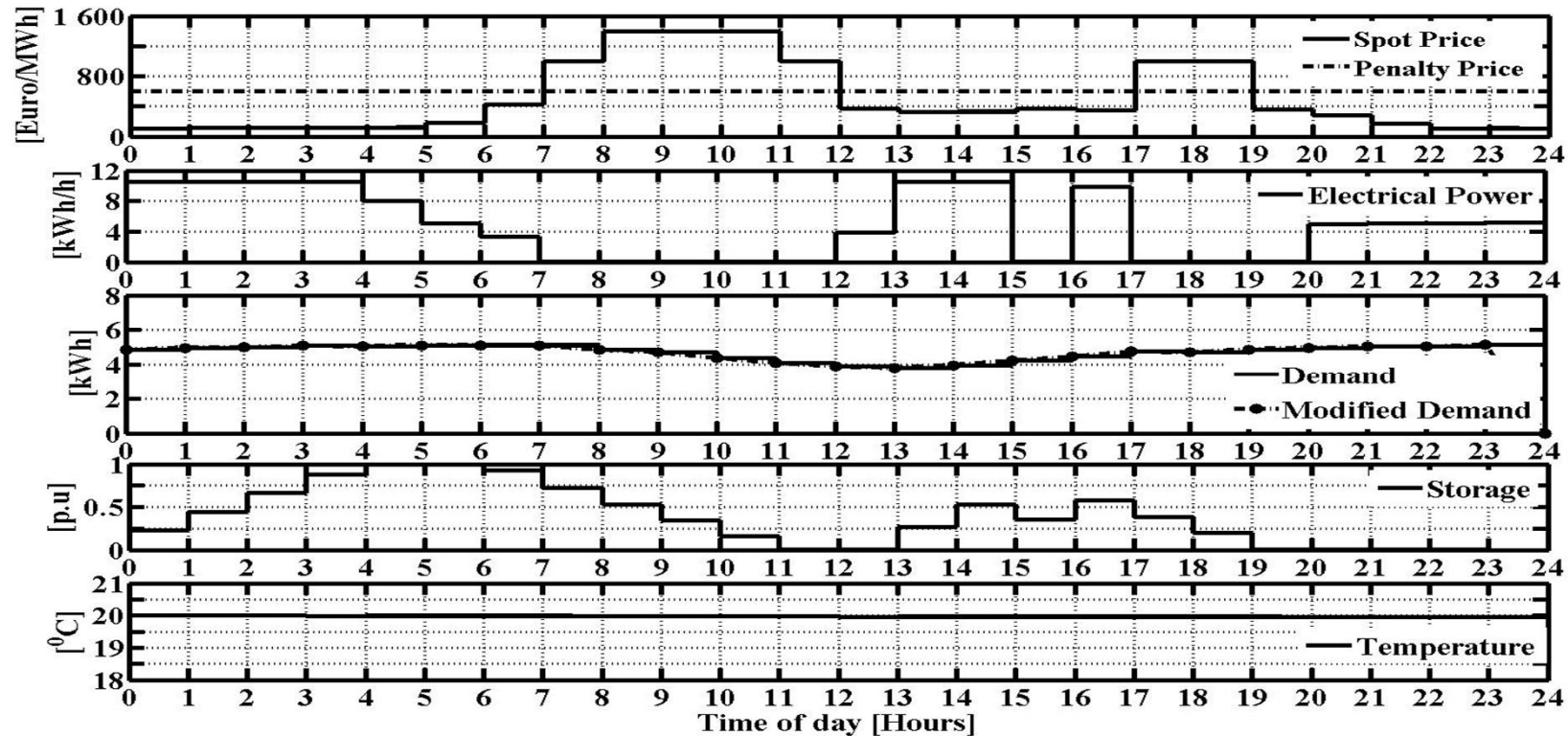
Tulevaisuuden energiajärjestelmä on sekoituserilaisia resursseja ja ohjattavia kuormia sekä varastoja

# Lämmityskuorman kysynnän jousto



Lämpöenergiaa voidaan varastoida tehokkaasti sekä  
Vesivarastoon (S) että talon massiivisiin rakenteisiin (Q)

# Varastoiva lämmitys ja kysynnän jousto



**Lämmityksen optimointi sähkön tuntimarkkinalla:**

**Sähkön hinta / Verkosta otettu teho / Lämmöntarve /**

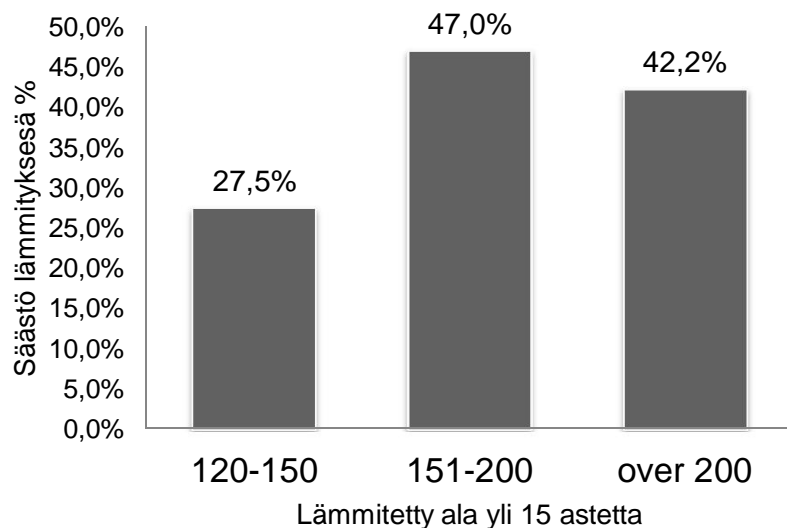
**Varaston varausaste / Sisälämpötila**



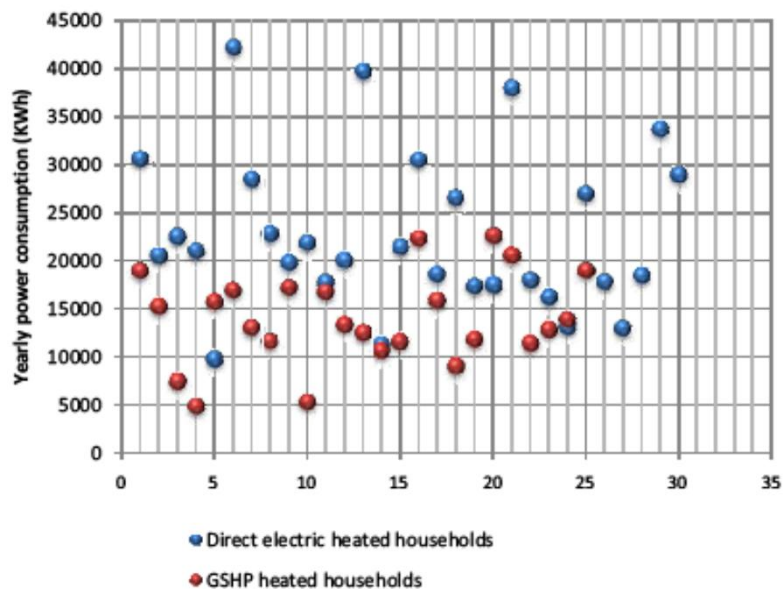
## Energiatohokkuus - yhteenveto mahdollisista keinoista (Enete-projekti)

Käyttökohde	Toimenpide	Sähkön säästö arvio
Maalämpöpumppu	Vaihdetaan sähkölämmitys maalämpöön	Säästö lämmityskulutuksessa on 27,45 – 47 % verrattuna suoraan sähkölämmitykseen
Ilmalämpöpumppu	Käytetään ilmalämpöpumppua tukemaan sähkölämmitystä	Säästää 7,8 – 25,6 % lämmityskulutuksessa
Ilmanvaihto	Hyödynnetään lämmöntalteenottoa koneellisessa ilmanvaihdossa	Keskimäärin 13,6 % säästö sähkön kokonaiskulutuksessa
Termostaattityyppi	Asennetaan ohjelmoitavat termostaatit	Keskimääräinen säästö 14,7 % lämmitysenergiassa (teoreettinen arvio)
Termostaatin asetus	Lasketaan sisälämpötilaa asteella lämmityskaudella	Keskimääräinen säästö 3,43 % kokonaissähkön kulutuksessa
Stand-by kulutus	NA	Keskimäärin 46,2 W säästää taloutta kohti
Energiansäästölamppu	Vaihdetaan hehkulamput energiansäästölamppuihin	Sähkön säästö oli 13,62 – 17,06 % sähkön kokonaiskulutuksesta muussa kuin sähkölämmitystaloudessa
Tukilämmitysmuoto	Käytetään puuta tuki-lämmitysmuotona	Sähköä säästyi 2,32 kWh talvipäivän aikana, jokaista vuoden aikana poltettua kuutiometriä kohden

## Maalämpöpumpuilla GSHP saavutettava energiansäästö



Maalämpöpumpun tehokkuutta verrattiin suoraan sähkölämpöön jakamalla kuormat vertailuryhmiin.

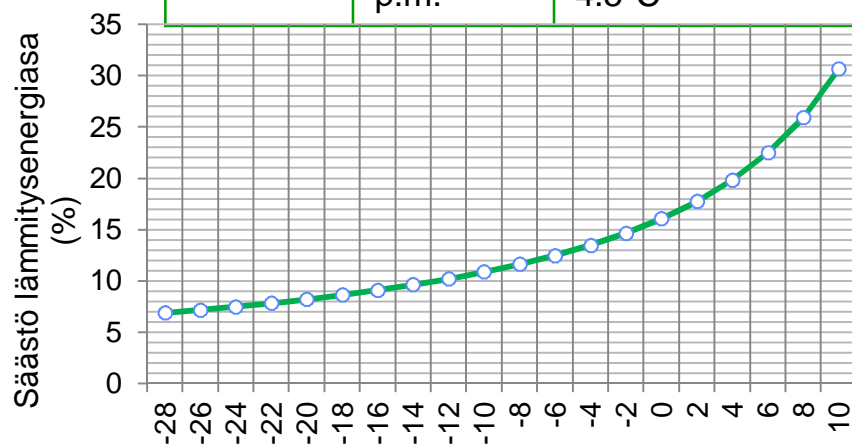


GSHP säästi keskimäärin **27.45% ... 47.0%** lämmitysenergiasta.

Pinta-ala(sqm)	Minimisäästö (90%)	Maximisäästö (90%)
121-150	13.43%	49.00%
151-200	38.97%	70.10%

## Lämpötilan pudottaminen yöllä ja poissa ollessa Ohjelmoitavat termostaatit

jakso	aika	Asettelu (lämmitys)	Asettelu (jäähdytys)
Wake	6:00 a.m.	21°C	25 °C
Day	8:00 a.m.	Setback at least 4.5°C	Setup at least 4°C
Evening	6:00 p.m.	21°C	25 °C
Sleep	10:00 p.m.	Setback at least 4.5°C	Setup at least 2°C



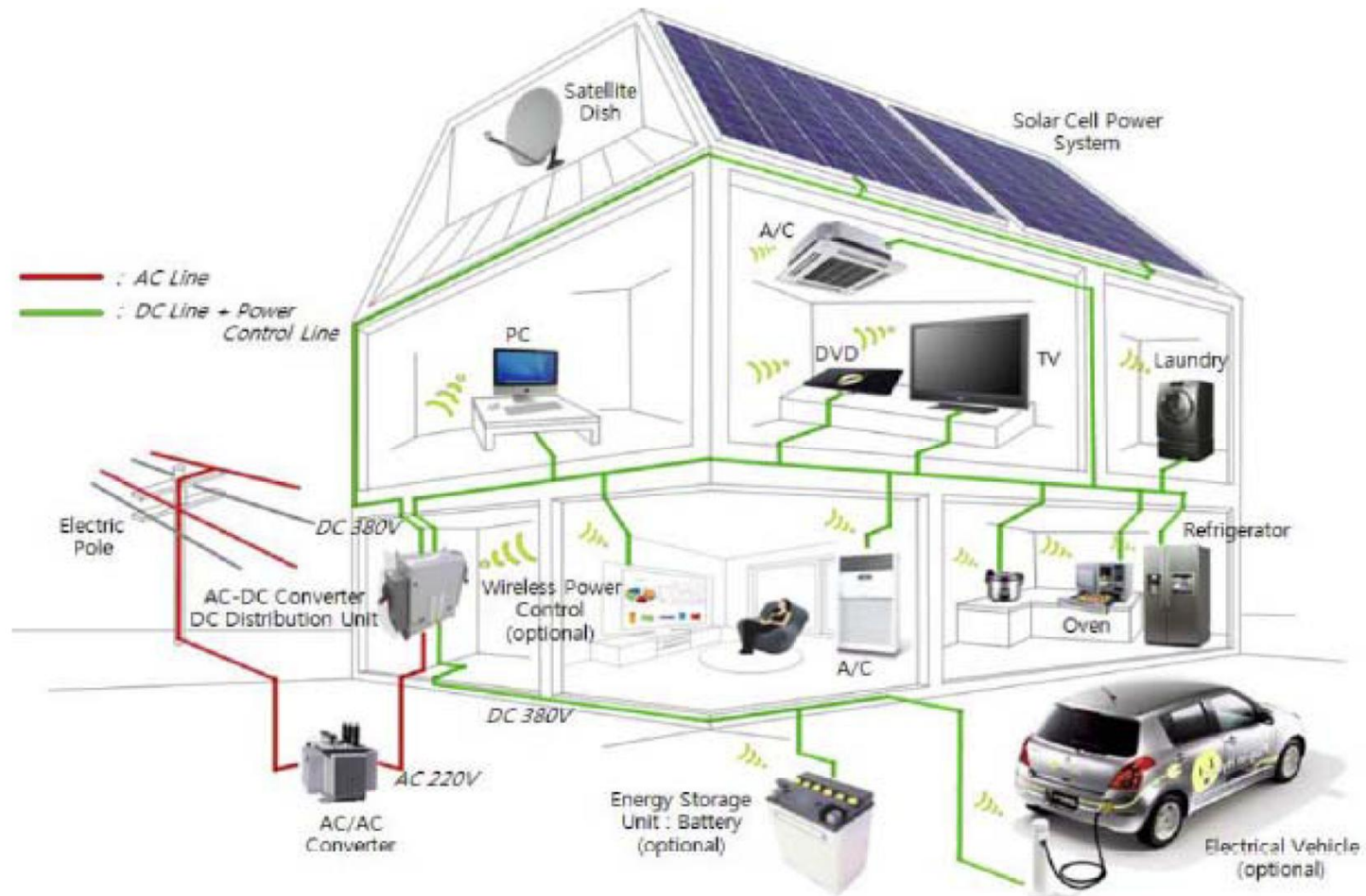
➤ Keskimääräinen säästö taulukon asetteluilla olisi 14.7% lämmitysenergiasta.

➤ Säästö% riippuu voimakkaasti ulkolämpötilasta.

keskiulkolämpötila (°C)

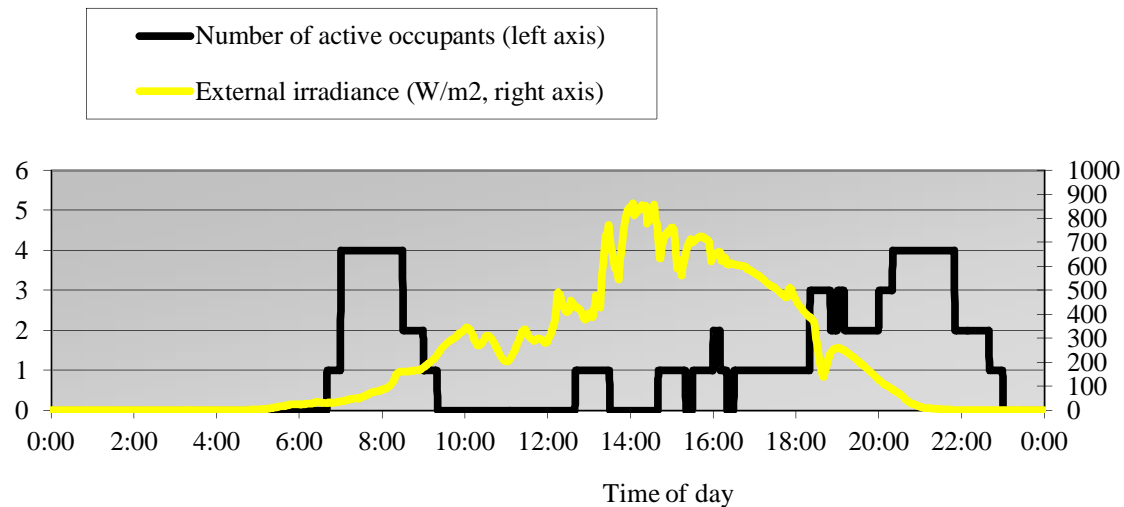
$$\text{Säästö (\%)} = \frac{3}{21 - T_{out}} * 100$$

# Tulevaisuuden talon sähköjärjestelmä



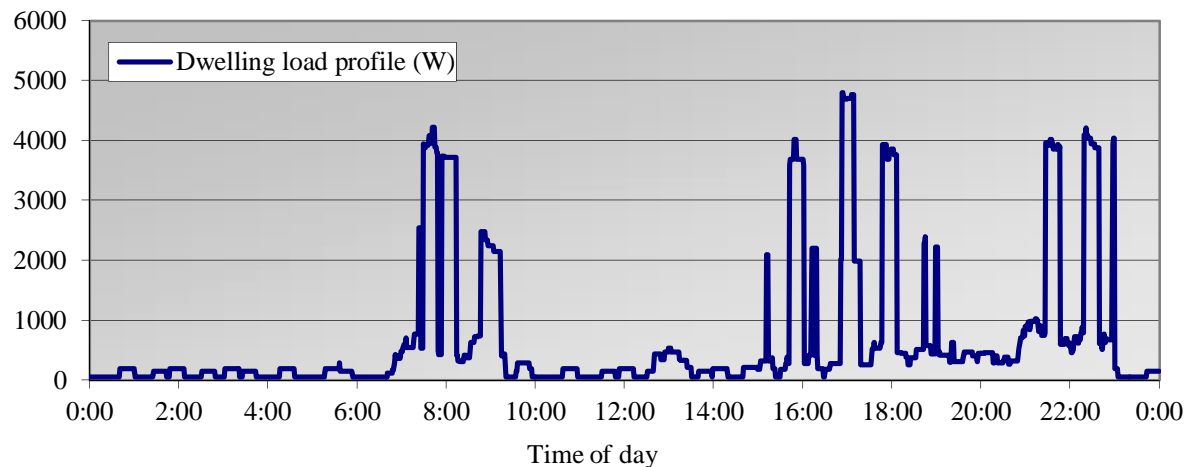
# Rakennuksen sähköntarpeen ja tuotannon vaihtelu

**Aurinkosähköntuotanto**  
Vaihtelee vuodenajan  
Tunnin ja pilvisyyden  
Mukaan.

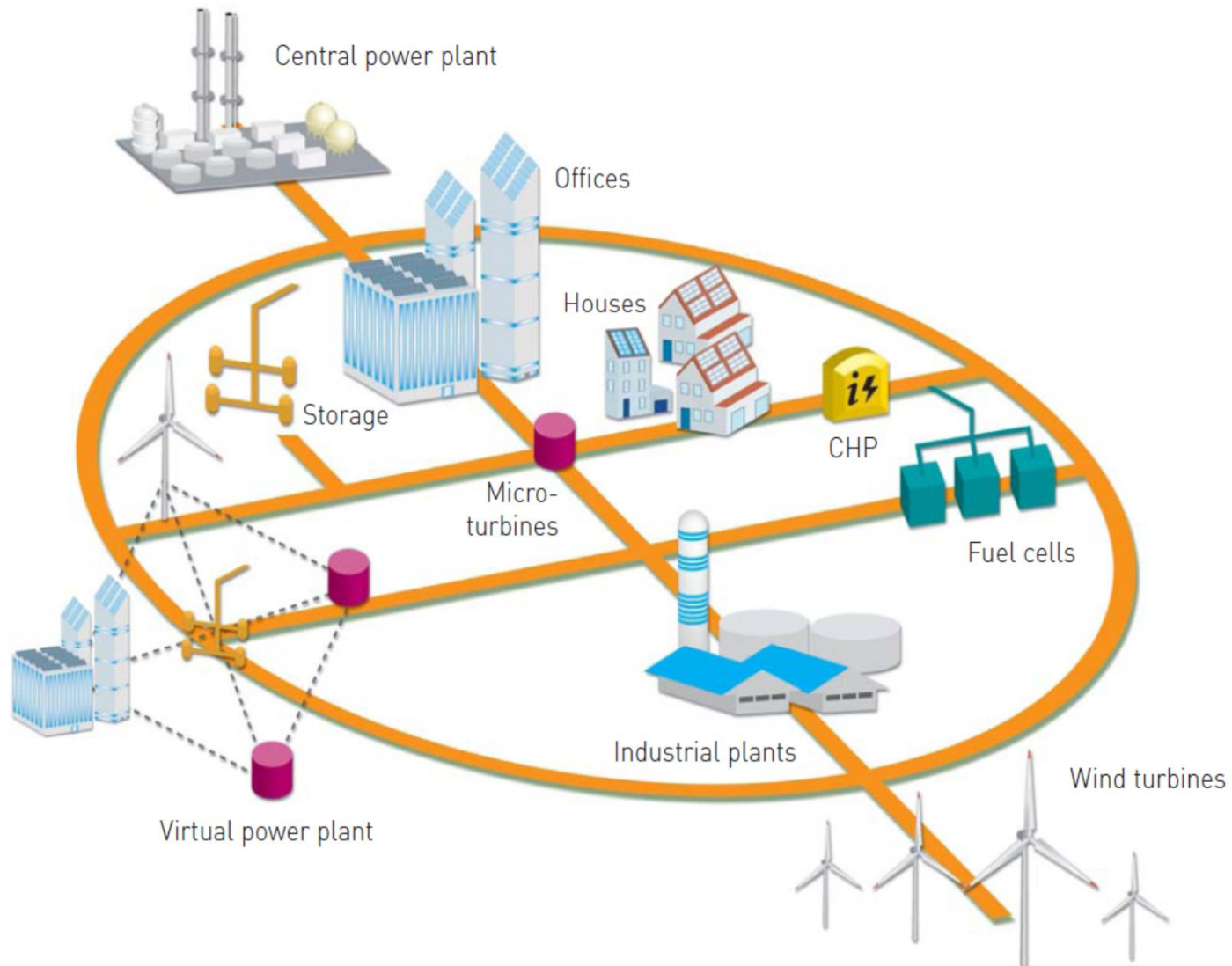


**Sähköntarve riippuu**  
Lämpötiloista, sekä  
Asukkaiden tavasta  
Käyttää sähköä.

**Optimointi:**  
**Varasto &**  
**Joustava**  
**kuorma**



## Alykäs sähköverkko (Smart Grid) integroi energialähteet Ja ohjattavat kuormat sekä energiavarastot



Source: European technology platform (ETP)

# Tulevaisuuden energiatehokas ja älykäs rakennus

- Hakee energiatehokkuutta tarkoista säädöistä (lämmitys)
- Osallistuu energiajärjestelmän tasapainon säätöön joustavilla kuormilla ja energiavarastoilla
- Tuottaa energiaa paikallisesti ja pyrkii optimoimaan (=maksimoimaan) oman energian käytön
- Käy kauppaa joustavuudella ja energiavarastoillaan
  - Termostaattiohjatut kuormat
  - Sähköautojen akut
  - Kiinteät akut
  - Sähkön käytön ajallinen siirto
- Tulevaisuuden talon sähkön käyttö on yhdistelmä joustavaa kulutuksen ohjausta, erilaisia energiavarastoja, ja huonekohtaista lämpötilan säätöä