



Antonio Starčić

Sveučilište u Zagrebu Fakultet elektrotehnike i računarstva

antonio.starcic@fer.hr

ENHEMS-Buildings instalacija u neboderskoj zgradi FERa: baza podataka, identifikacija toplinskih modela zona i toplinskih poremećaja u zoni

Zajednički istraživački seminar SIIF projekata ENHEMS-Buildings i Geothermal Mapping o energetski učinkovitim zgradama

16. Veljače 2015.



Ulaganje
u budućnost!



Ministarstvo
znanosti,
obrazovanja
i sporta

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

Zatečeno stanje



Zgrada C - 9. kat

Stanje nakon instaliranja opreme – 9. kat



Zgrada C - 9. kat

- Temperature sensor for the outgoing air of the fan coil
- PWM controlled valve, temperature sensor for the outgoing heating/cooling medium of the fan coil
- Wireless temperature/CO2/humidity/pressure sensor
- MBus or Lon heating/cooling energy meter
- MODBUS electrical energy meter, three-phase, one-way

Stanje nakon instaliranja opreme – 10. kat



Zgrada C - 10. kat

- Temperature sensor for the outgoing air of the fan coil
- PWM controlled valve, temperature sensor for the outgoing heating/cooling medium of the fan coil
- Wireless temperature/CO2/humidity/pressure sensor
- MBus or Lon heating/cooling energy meter



Baza podataka

- Senzori komuniciraju različitim protokolima (Lon, 1-wire, Zigbee, Modbus, Mbus)
- Brightcore Sustav tvrtke Elma Kurtalj skuplja podatke sa svih senzora i sprema ih u bazu podataka.
- Upravljanje se provodi upisivanjem upravljačkih signala u bazu podataka.
- Baza podataka ne mora biti na istom računalu kao i upravljački algoritam.

Estimacija toplinskog poremećaja

- Svako dodatno toplinsko djelovanje na prostor
 - koje nije obuhvaćeno identificiranim modelom (npr. promijenjen položaj sjenila na prozoru, otvorenost prozora, ljudi, oprema, rasvjeta...)
- Ideja – identificirati jednostavan model prostorije – poremećaj je sve što odstupa od modela – pogreška modela;
- Iz estimiranog toplinskog poremećaja donositi upravljačke odluke;
- Važno za detekciju otvorenog prozora u sobi.

Jednostavni model prostorije

$$C_r \frac{dT_r}{dt} = \frac{T_o - T_r}{R_o} + \frac{T_h - T_r}{R_h} + \lambda Q_{swin} + Q_{fc} + Q_d.$$

- C_r - toplinski kapacitet zraka u prostoriji;
- T_r, T_o, T_h - temperatura zraka u prostoriji, temperatura vanjskog zraka i temperatura zraka u hodniku;
- R_o, R_h - toplinski otpor između prostorije i vanjskog zraka te prostorije i hodnika;
- Q_{swin}, Q_{fc} - Toplinski tok solarne dozračenosti koji upada u prostoriju i toplinski tok ventilokonvektora;
- λ – faktor koji skalira sunčevu dozračenost;
- Q_d – poremećajni toplinski tok.

Diskretizirani model

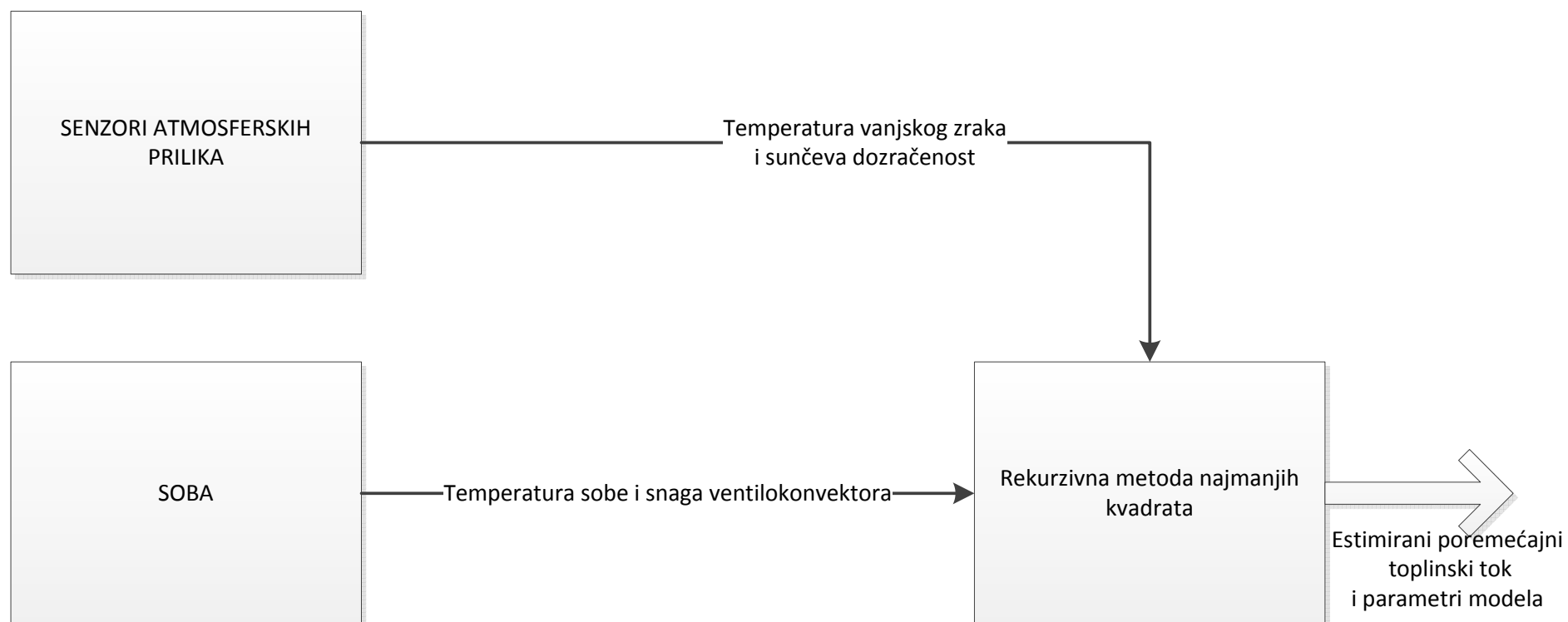
$$T_r(k+1) = T_r(k) + \frac{\Delta T}{C_r} \left[\frac{T_o(k) - T_r(k)}{R_o} + \frac{T_h(k) - T_r(k)}{R_h} + \lambda Q_{swin}(k) + Q_{fc}(k) \right] + \varepsilon(k).$$

$$T_r(k+1) - T_r(k) = b_1 [T_o(k) - T_r(k)] + b_2 [T_h(k) - T_r(k)] + b_3 Q_{swin}(k) + b_4 Q_{fc}(k) + \frac{C(q)}{1 - q^{-1}} \varepsilon(k)$$

$$C(q) = 1 + c_1 q^{-1} + c_2 q^{-2} + c_3 q^{-3}$$

- Mali broj parametara za estimaciju;
- Parametri se estimiraju rekurzivnom metodom najmanjih kvadrata.

Rekurzivna metoda najmanjih kvadrata



Rekurzivna metoda najmanjih kvadrata



$$\hat{\varepsilon}(k+1) = T_r(k+1) - T_r(k) - \varphi^T(k+1)\hat{\theta}(k) - v(k);$$

$$v(k+1) = v(k) + \hat{\varepsilon}(k+1);$$

$$d(k+1) = P(k)\varphi(k+1)\left[1 + \varphi^T(k+1)P(k)\varphi(k+1)\right]^{-1};$$

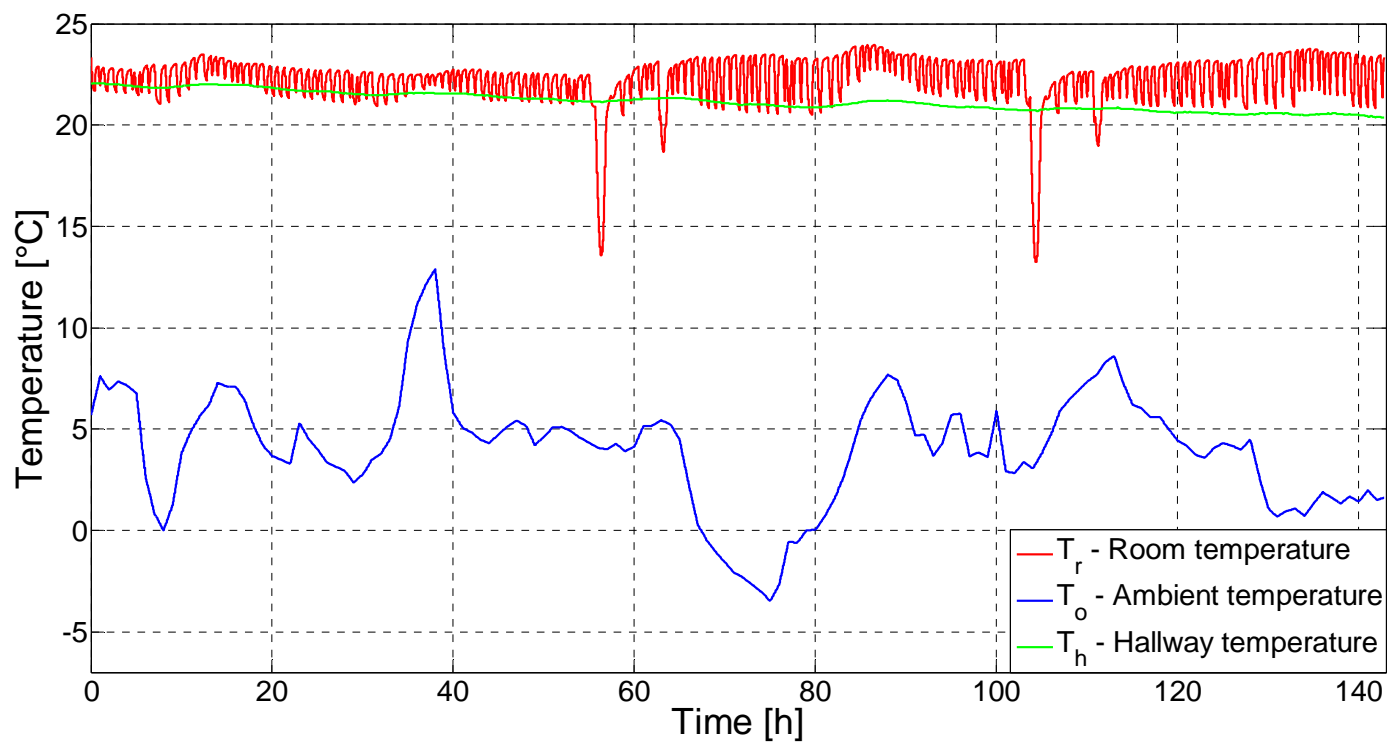
$$\hat{\theta}(k+1) = \hat{\theta}(k) + d(k+1)\hat{\varepsilon}(k+1);$$

$$P(k+1) = P(k) - d(k+1)\varphi^T(k+1)P(k).$$

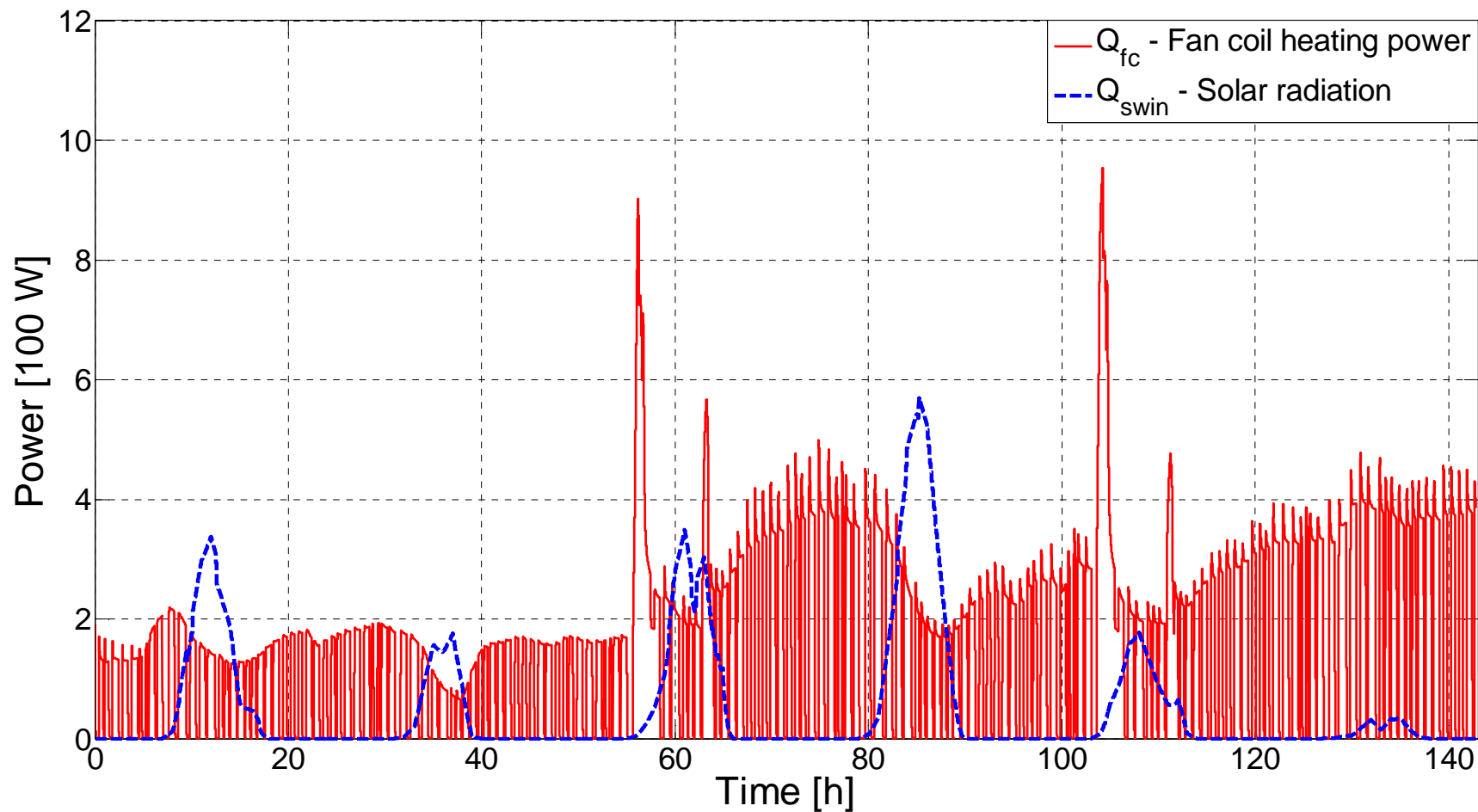
$$\varphi^T(k+1) = [T_o(k) - T_r(k), T_h(k) - T_r(k), Q_{swin}(k), Q_{fc}(k), \varepsilon(k), \varepsilon(k-1), \varepsilon(k-2)];$$

$$\hat{\theta}(k) = [b_1, b_2, b_3, b_4, c_1, c_2, c_3]^T;$$

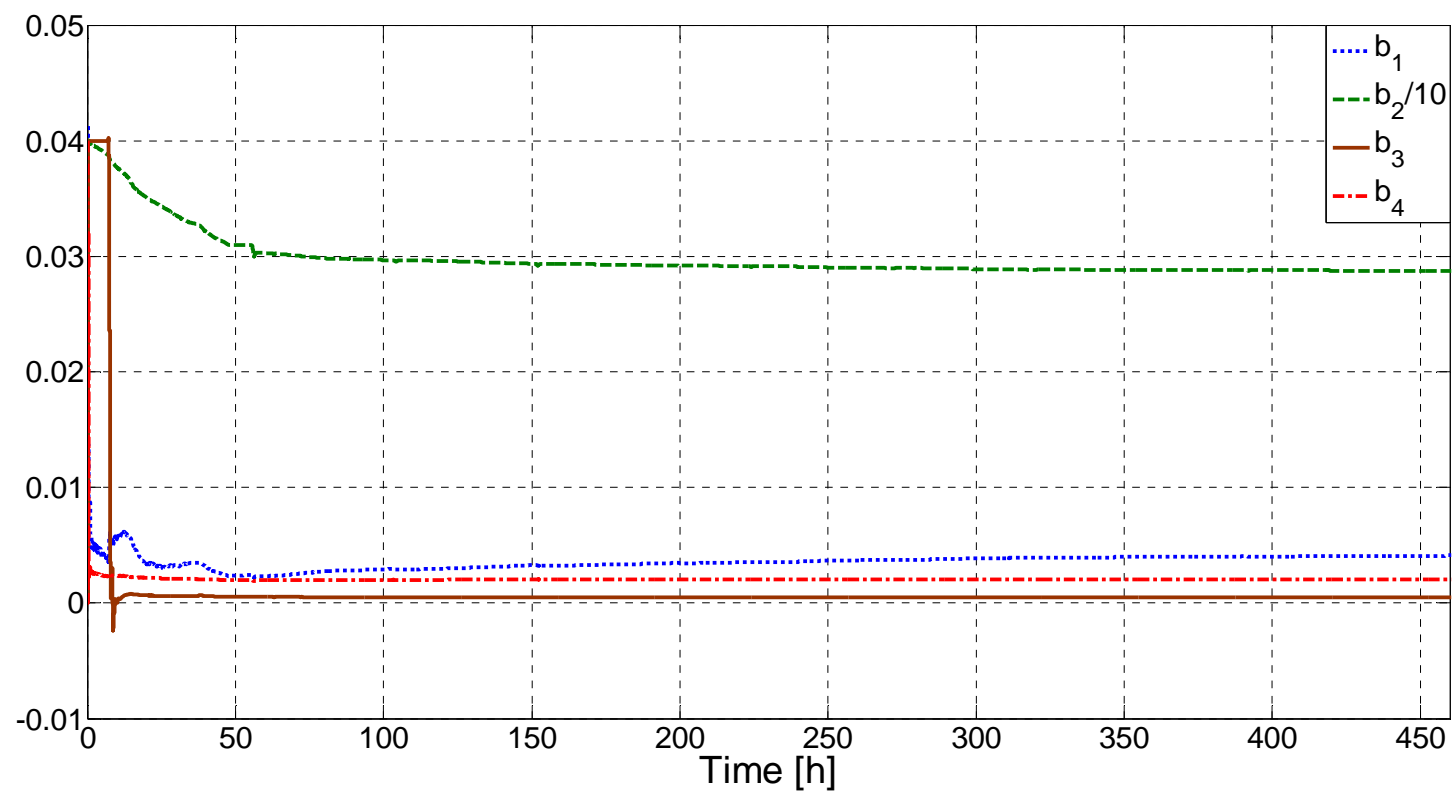
Korišteni podaci 1/2



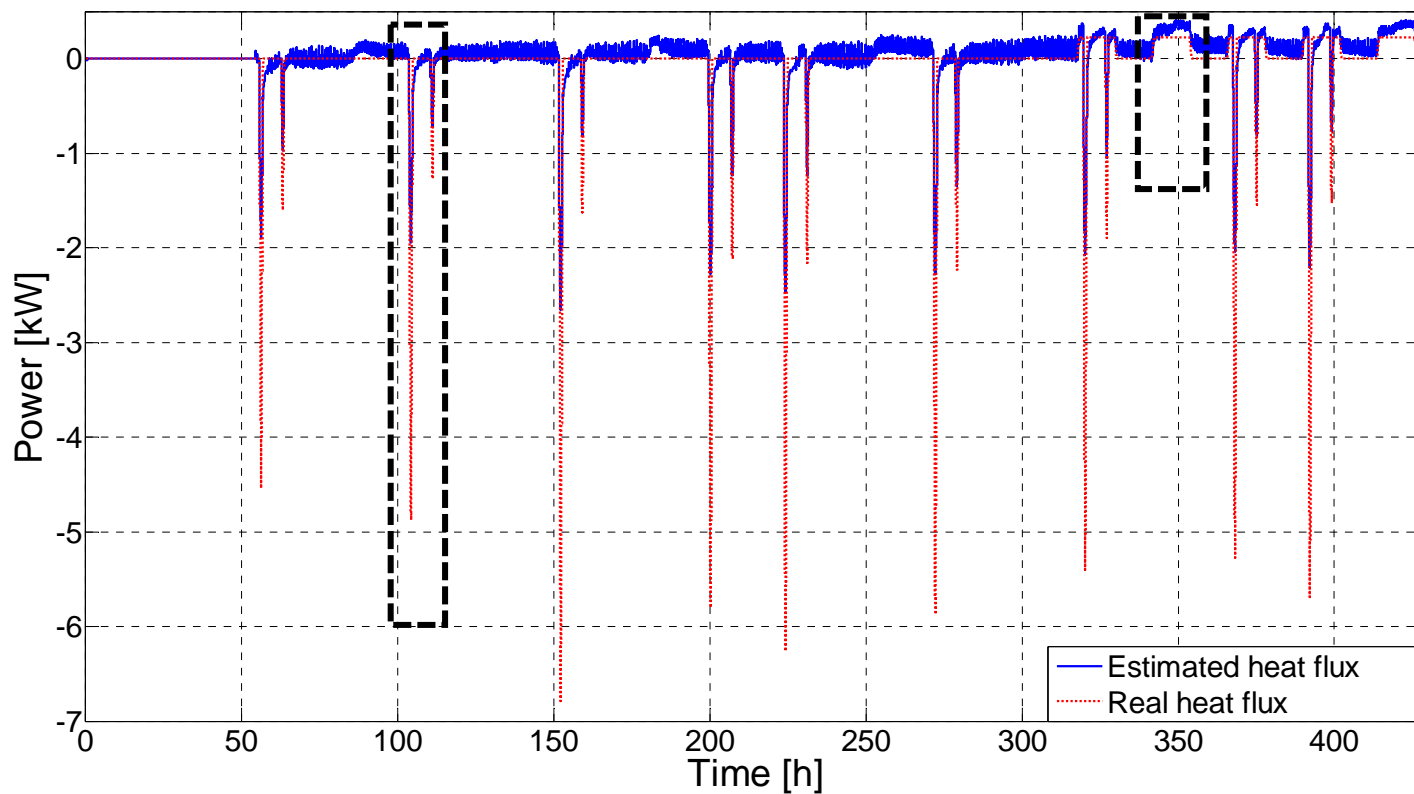
Korišteni podaci 2/2



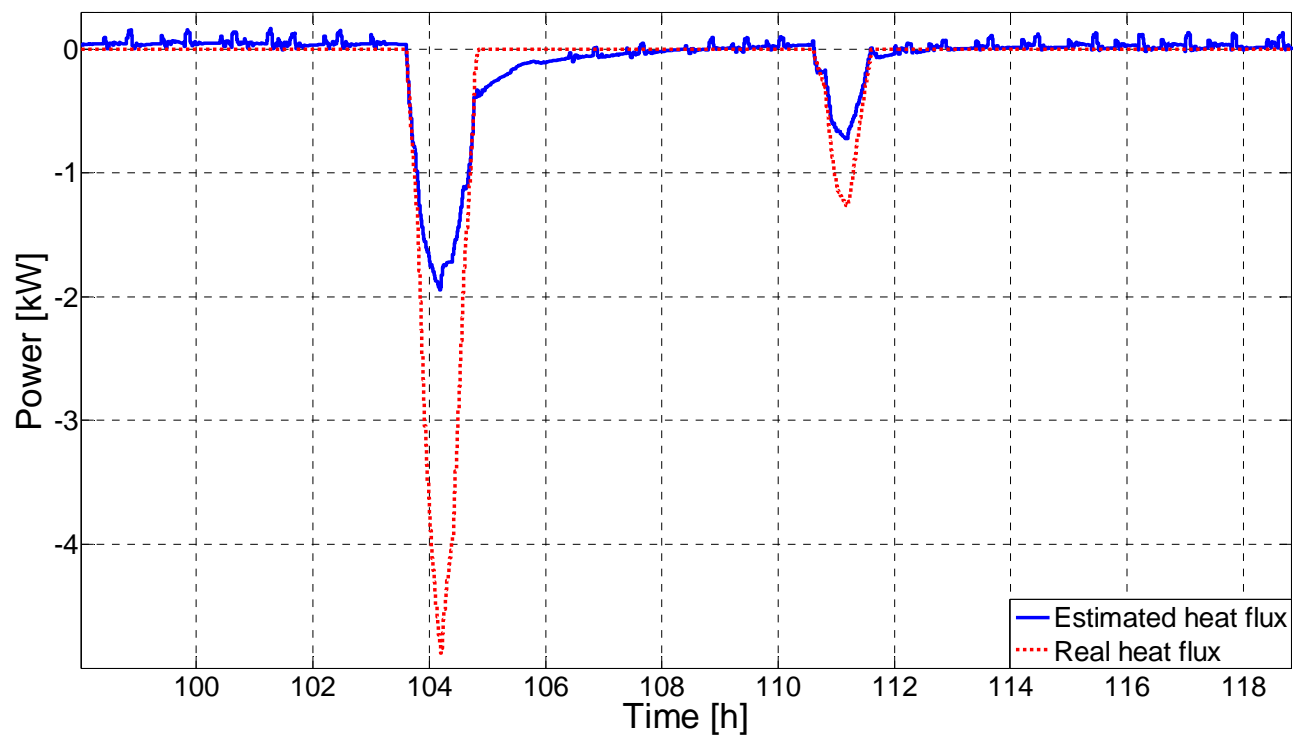
Estimirani parametri modela



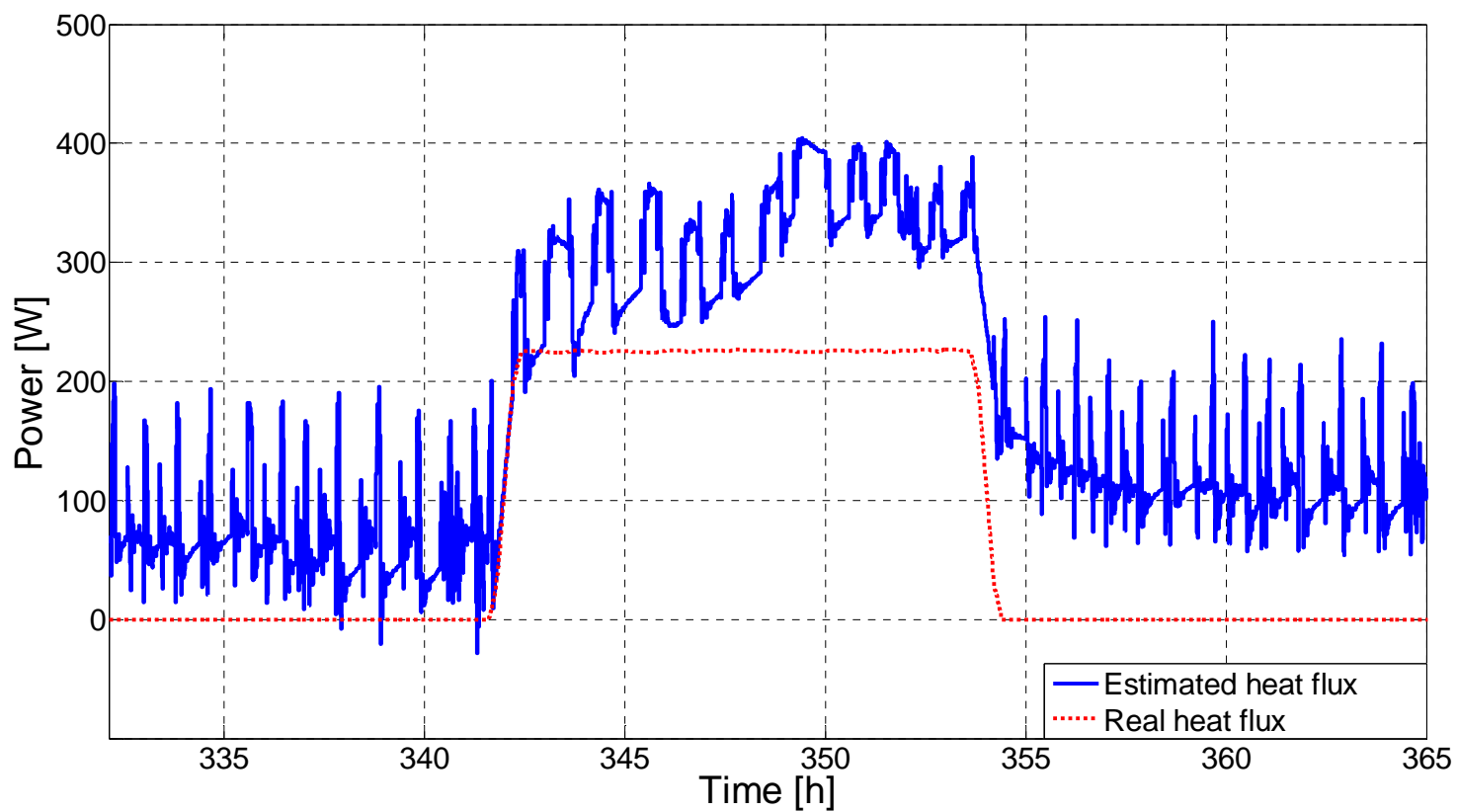
Rezultati 1/3



Rezultati 2/3



Rezultati 3/3



Zaključak

- ARIMAX modeli su pogodni za estimaciju poremećaja;
- Računalno efikasan algoritam;
- Malo podataka potrebno za estimaciju parametara.



Zahvala

Prezentirani rezultati dobiveni su unutar projekta **ENHEMS-Buildings – Unapređenje kapaciteta istraživanja, razvoja i transfera tehnologije vezanih uz sustave gospodarenja energijom u zgradama.**

Projekt je sufinancirala Europska unija u iznosu od 478.993,14 EUR. Linija financiranja IPA2007/HR/16IPO/001-040510.

DISCLAIMER

Sadržaj ove prezentacije isključiva je odgovornost autora i ona ni na koji način ne odražava mišljenje Europske unije.