



Državni  
hidrometeorološki  
zavod



# Primjena Kalmanovog filtera za naknadnu obradu prognoze sunčeve radijacije numeričkim modelom ALADIN.

Tomislav Kovačić (kovacic@cirus.dhz.hr), Igor Horvat,  
Kristian Horvath, Alica Bajić, Stjepan Ivatek-Šahdan, Antonio Stanešić

Državni hidrometeorološki zavod



Ulaganje  
u budućnost!



KONKURENTNA  
HRVATSKA



FOND ZA ULAGANJE  
U ZNANOST I INOVACIJE



Ministarstvo  
znanosti,  
obrazovanja  
i sporta

Projekt je sufinancirala Europska unija iz Europskog fonda za regionalni razvoj

## Opis metode

$x_{f,k}$  : bilo koja varijabla prognozirana numeričkim prognostičkim modelom.

$x_{o,k}$  : izmjerena vrijednost te iste varijable.

$$b_k = x_{f,k} - x_{o,k}$$

$B = \bar{b}$  : sistematska pogreška prognoze.

Pretpostavka:  $b_k = \xi_{0,k} + \xi_{1,k} p_{1,k} + \dots + \xi_{n,k} p_{n,k} + v_k$ ,  $v_k \sim N(0, V_k)$

$p_i$  : prediktori – bilo koji broj za to prikladnih varijabli numeričkog modela.

U matričnom zapisu:  $b = H \xi + v$

**Kori girana prognoze:**  $x_{c,k} = x_{f,k} - \hat{b}_k$        $\hat{b}_k = H_k \xi_{k,k-1}$

## Opis metode

Promijena koeficijenata:  $\xi_{k,k-1} = \xi_{k-1,k-1} + w_k$ ,  $w_k \sim N(0, W_k)$

Kalmanov filter:  $\xi_{k,k} = \xi_{k,k-1} + K_k (b_{o,k} - \hat{b}_k)$ , ...

Kovarijancne matrice:

$V_k$  korištenjem  $v_k = b_{o,k} - H_k \xi_{k,k-1}$

$W_{k+1}$  korištenjem  $w_k = \xi_{k,k} - \xi_{k-1,k-1}$

Pri tome koristimo  $v_i$  i  $w_i$  za određeni broj zadnjih koraka.

Početne vrijednosti:

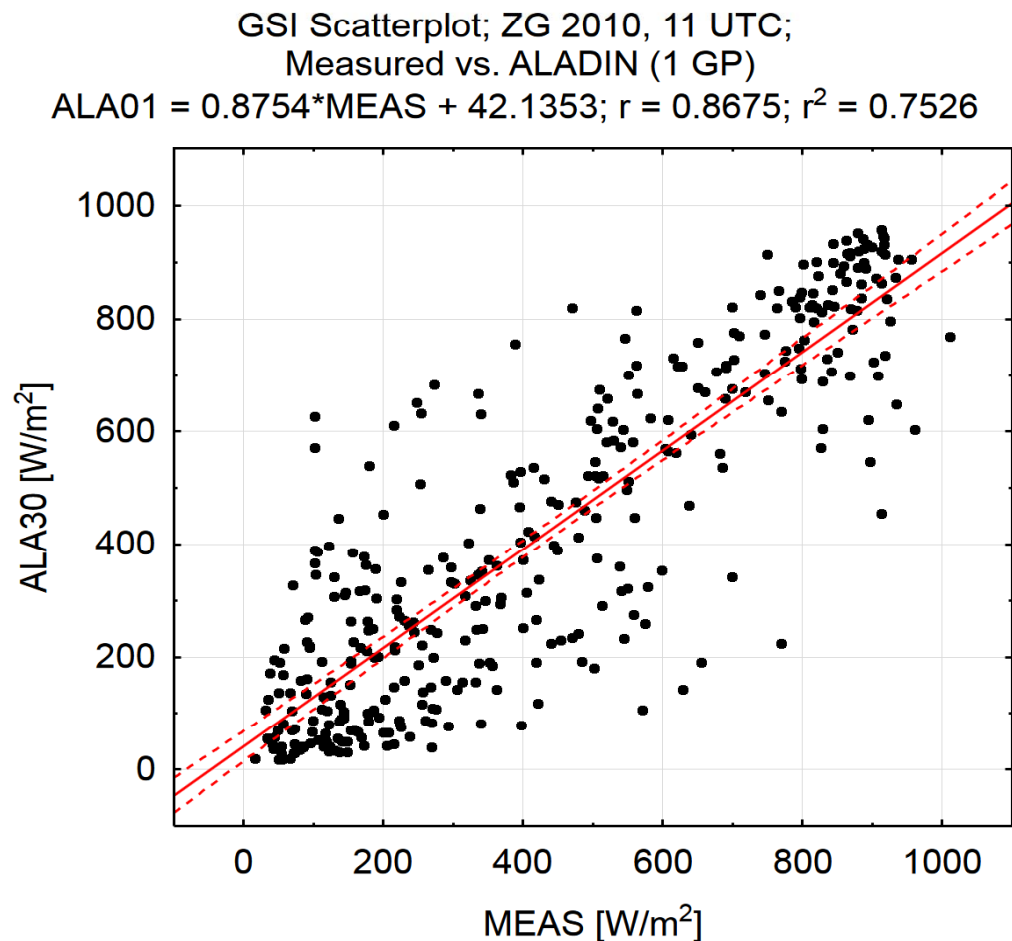
$V_0$ ,  $W_0$  i  $P_0$  su dijagonalne matrice s malim vrijednostima na dijagonali.

$$\xi_0 = 0$$

$k$ : indeks uzastopnih integracija numeričkog modela s početkom u istom satu u danu.  
 $x_{f,k}$  se uzima uvijek za isto prognostičko vrijeme.

## Usporedba prognoze sunčevog zračenja s mjerenjima.

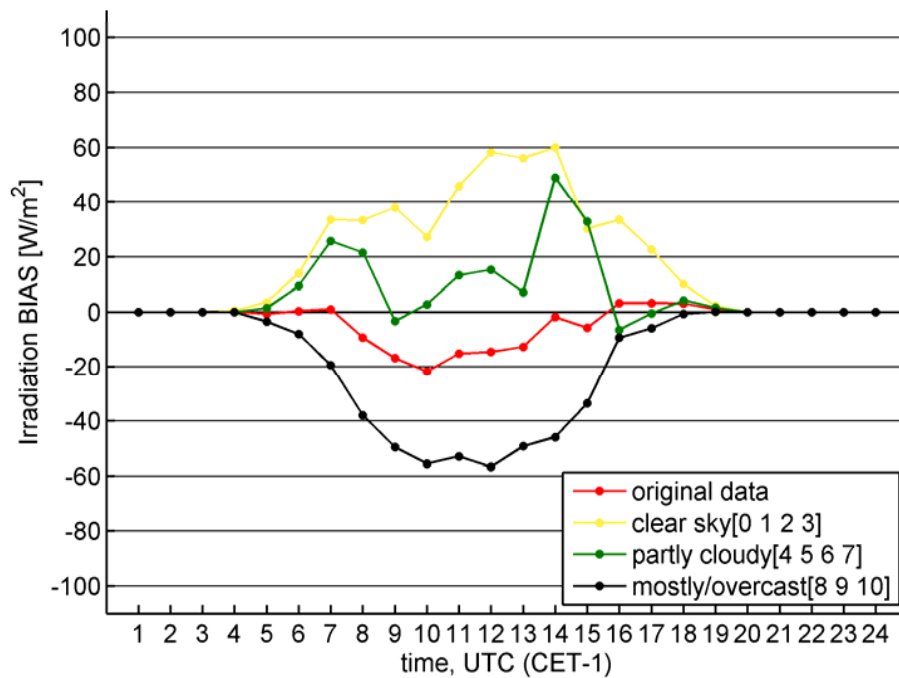
Sunčevo zračenje: srednja snaga sunčevog zračenja na horizontalnu plohu tijekom jednog sata.



# Usporedba prognoze sunčevog zračenja s mjerenjima.

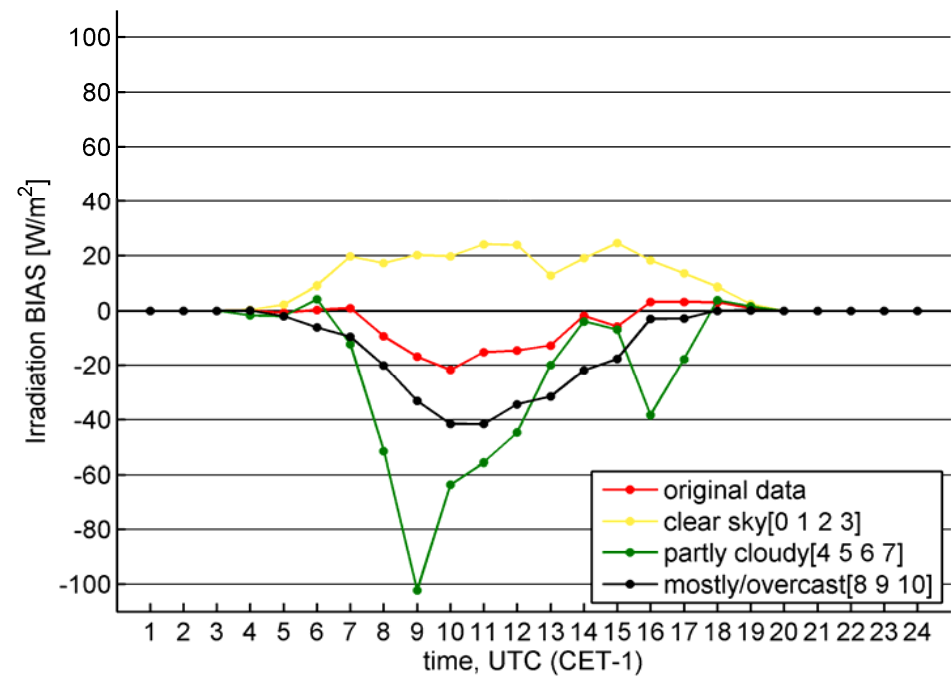
## Sistematska pogreška.

GSI, BIAS; ONLY ALADIN 8km, Zagreb - Maksimir, 2010.



Podjela po naoblaci samo prema prognozi modela.

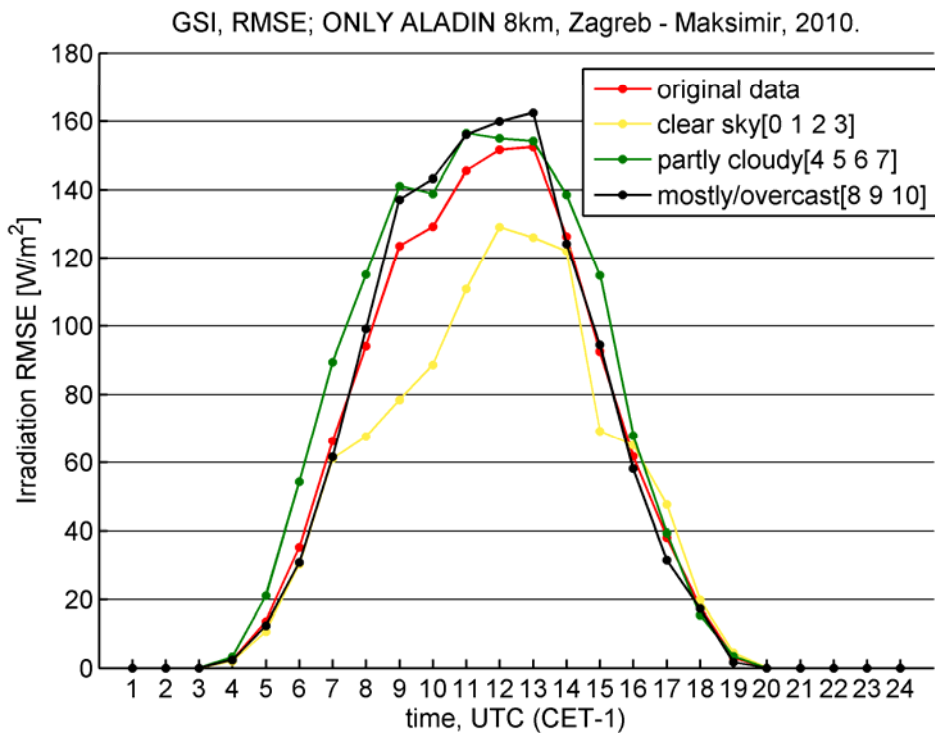
GSI, BIAS; MEAS & ALADIN 8km, Zagreb - Maksimir, 2010.



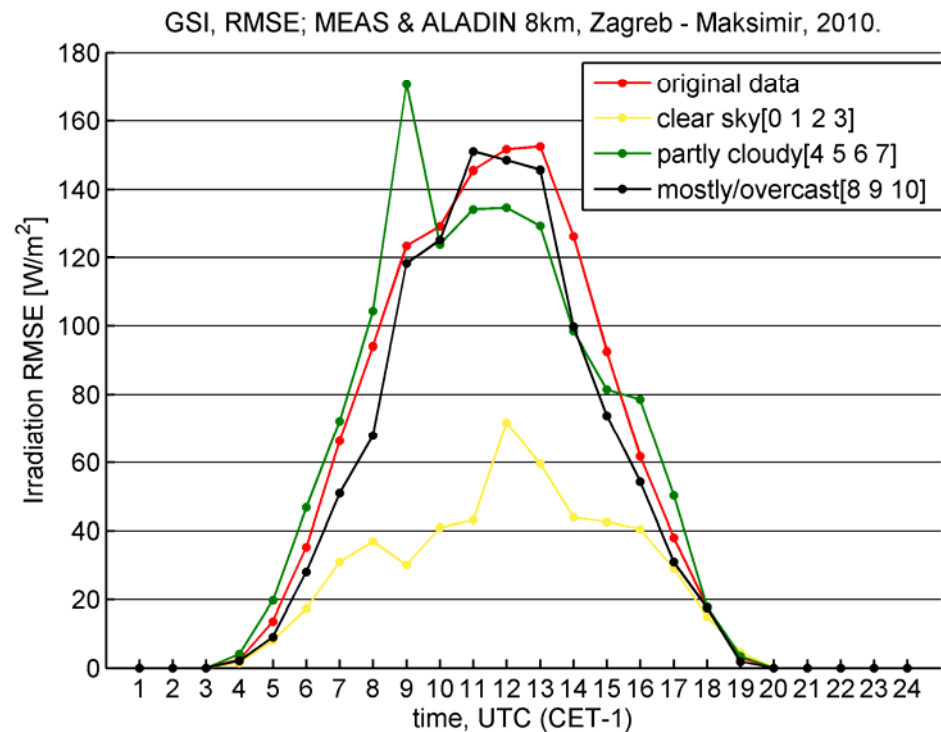
Podjela po naoblaci za slučajeve kad se prognozi modela podudarala s opažanjima.

# Usporedba prognoze sunčevog zračenja s izmjerenima.

## Korijen srednje kvadratne pogreške.



Podjela po naoblaci samo prema prognozi modela.

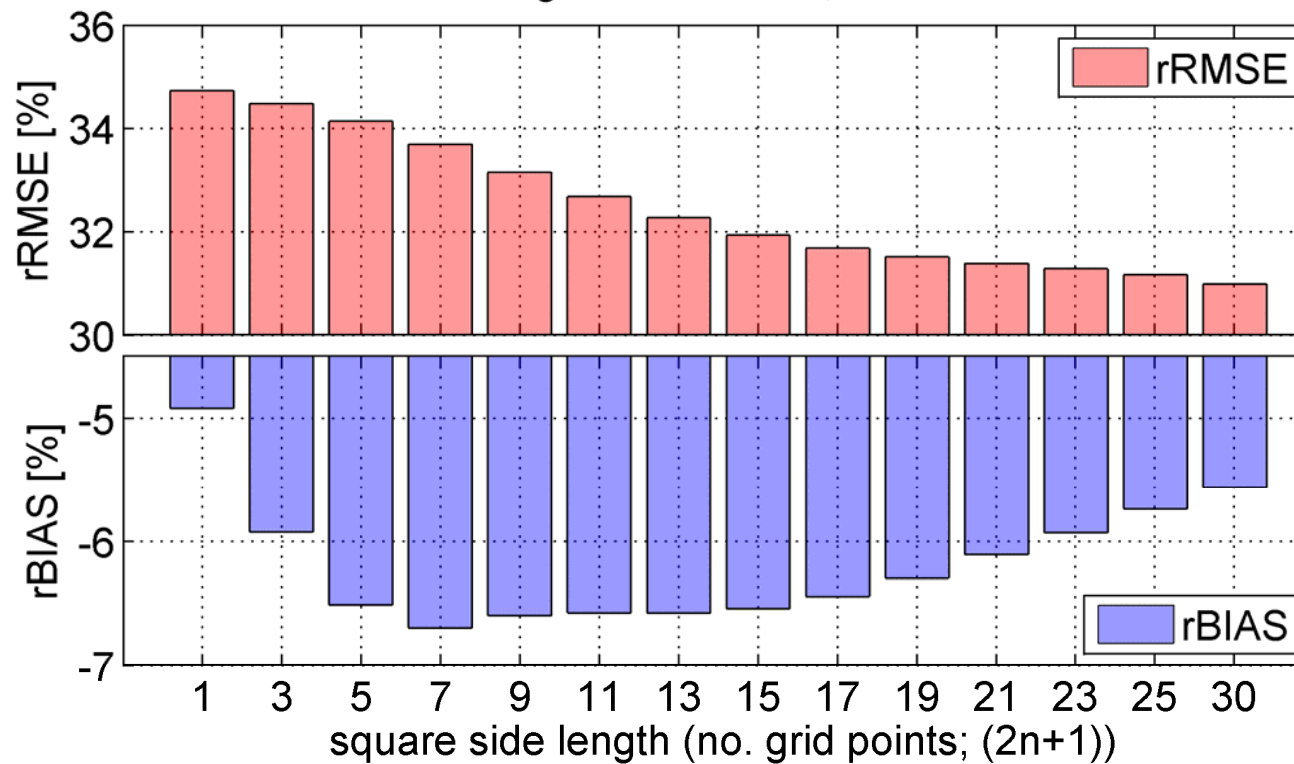


Podjela po naoblaci za slučajeve kad se prognozi modela podudarala s opažanjima.

# Smanjivanje korijena srednje kvadratne pogreške.

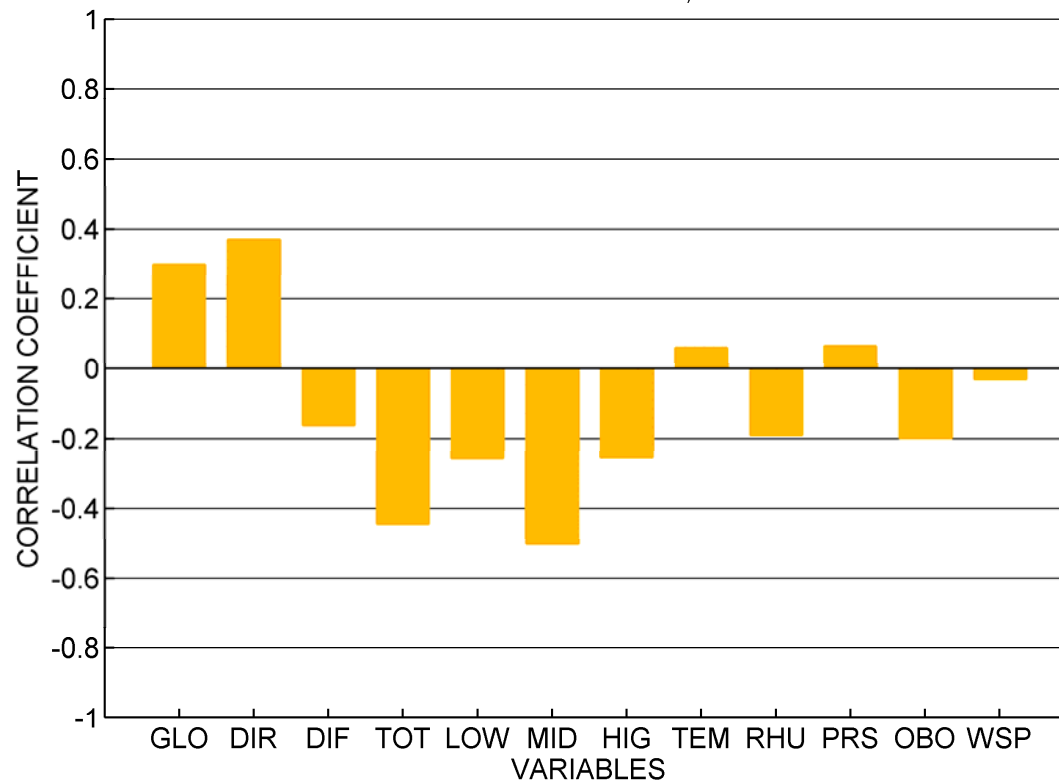
Usrednjavanje po horizontalnoj površini.

GSI ALADIN forecast relative RMSE & BIAS spatial average  
Zagreb - Maksimir, 2010.



# Korelacija pogreške sunčevog zračenja s drugim prognoziranim varijablama

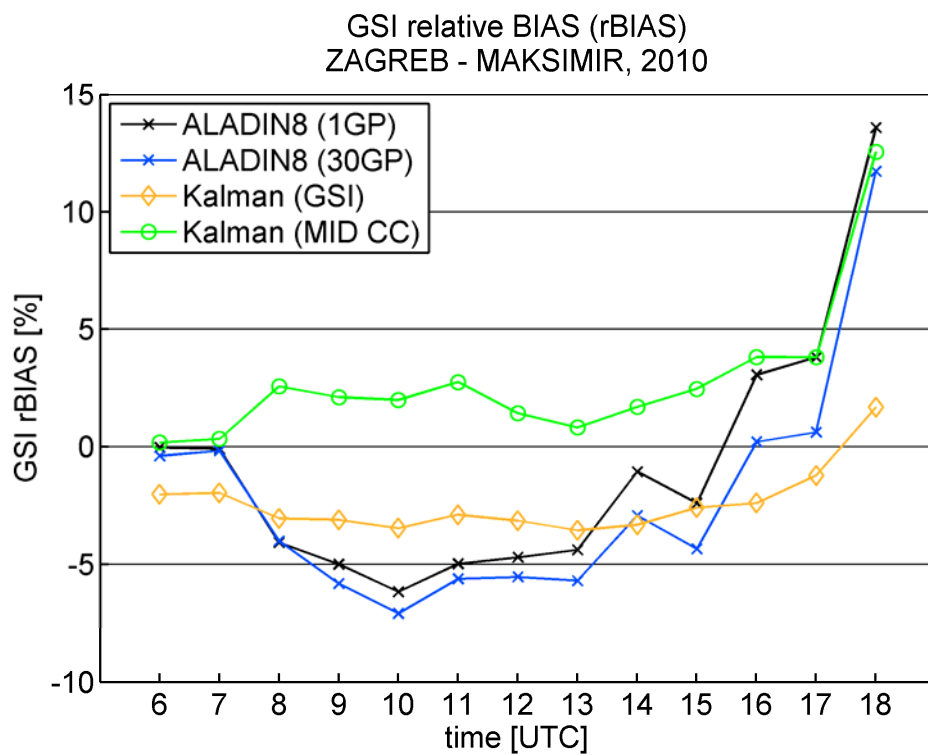
GLOBAL SOLAR IRRADIATION ALADIN FORECAST CORRELATION  
 GSI FORECAST ERROR vs. FORECAST VARIABLES  
 ZAGREB - MAKSIMIR, 2010.



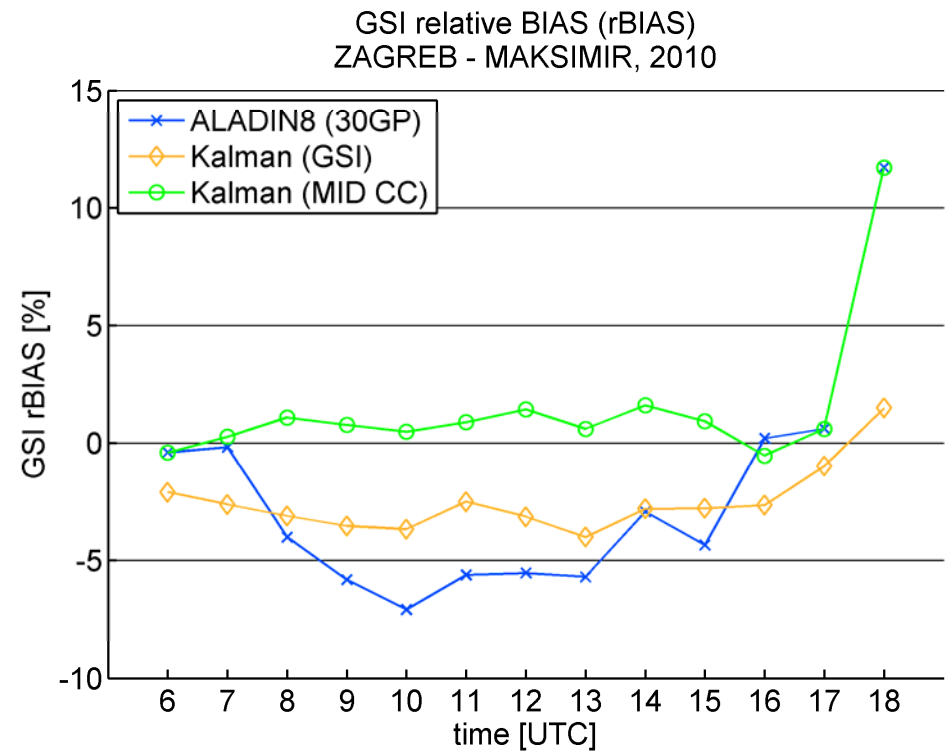


# Rezultati korekcije prognoze korištenjem Kalmanovog filtera.

## Sistematska pogreška.



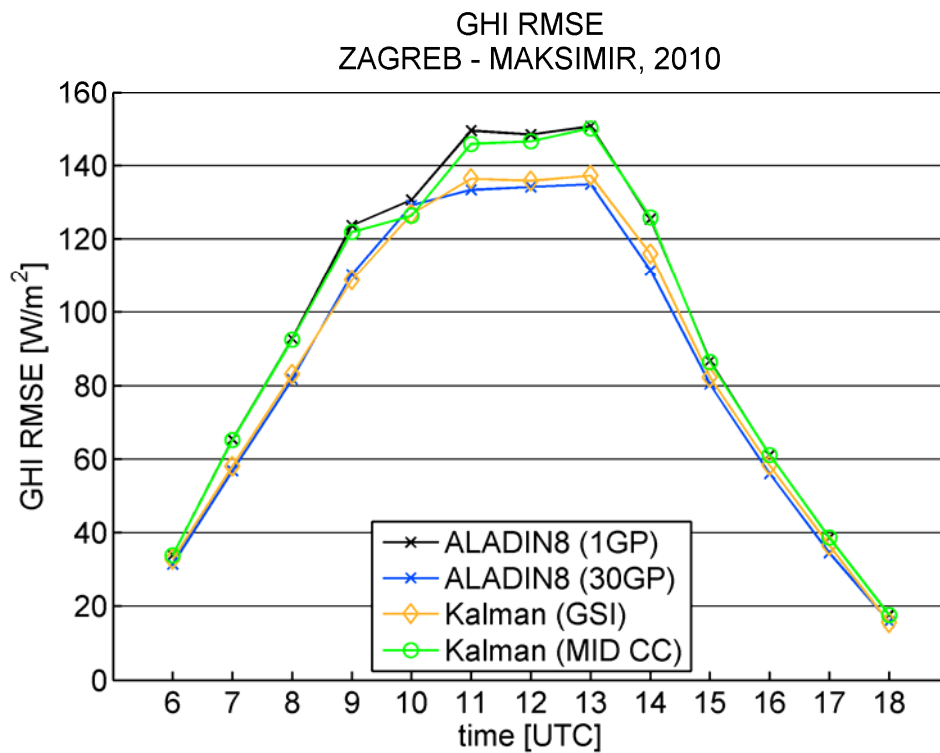
U točki modela .



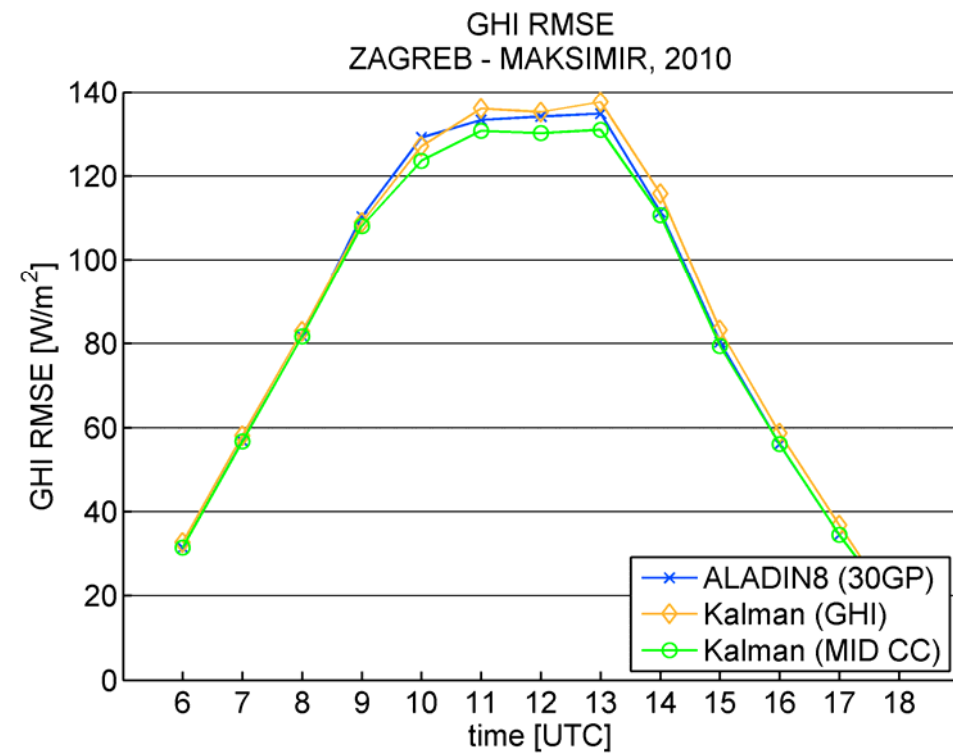
Usrednjeno preko 30X30 točaka.

# Rezultati korekcije prognoze korištenjem Kalmanovog filtera.

Korijen srednje kvadratne pogreške.



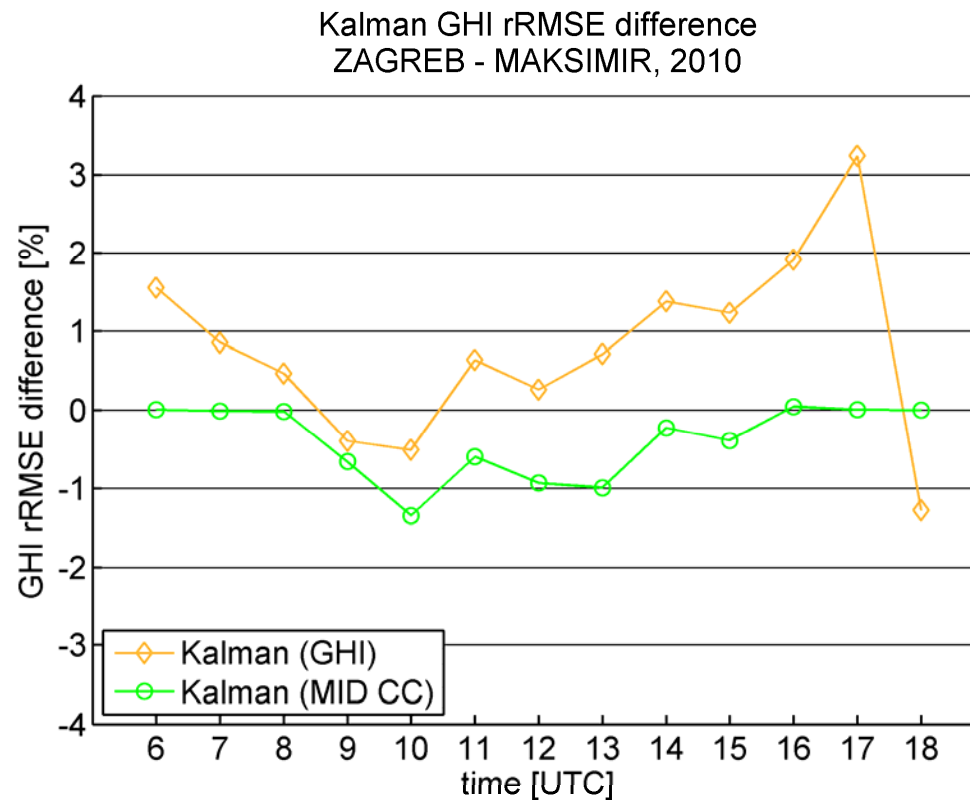
U točki modela .



Usrednjeno preko 30X30 točaka.

# Rezultati korekcije prognoze korištenjem Kalmanovog filtera.

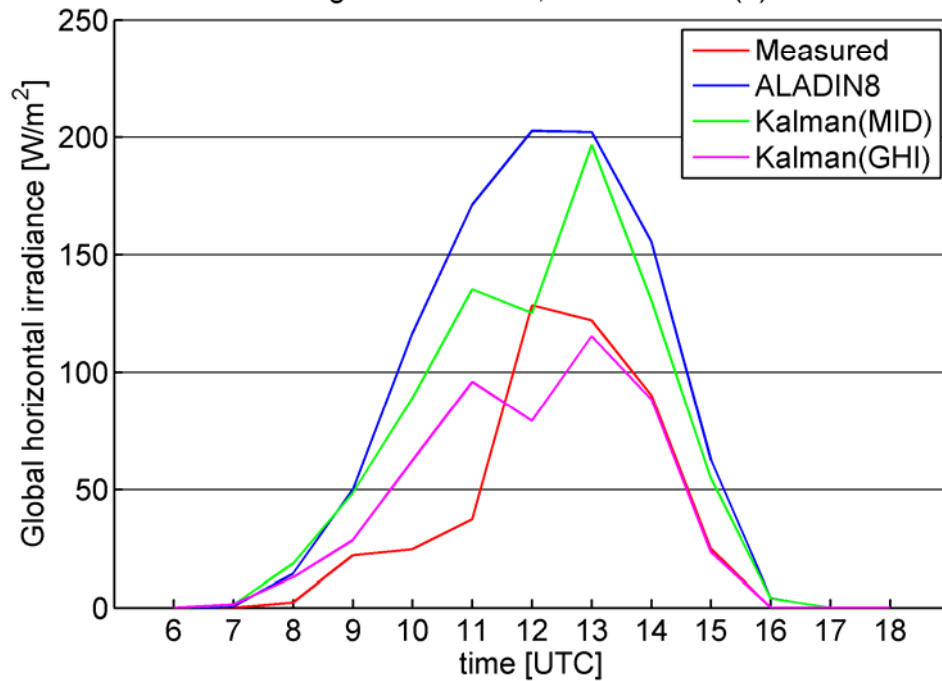
Korijen srednje kvadratne pogreške – razlika u odnosu na model.



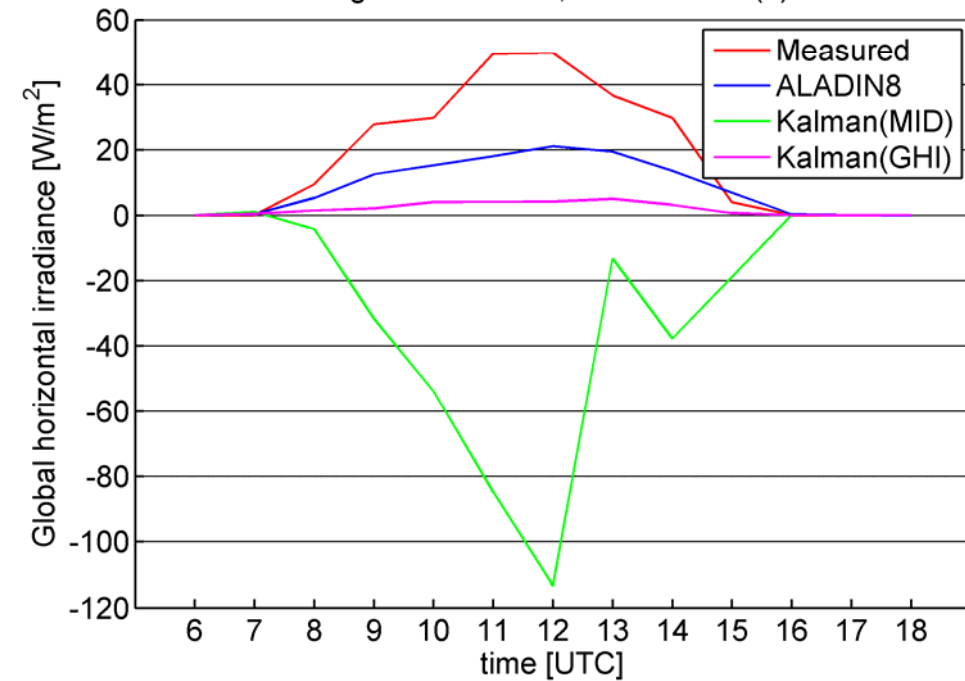
Usrednjeno preko 30X30 točaka.

# Problem.

Global horizontal irradiance  
Zagreb - Maksimir, 2010-Jan-07 (7)



Global horizontal irradiance  
Zagreb - Maksimir, 2010-Jan-08 (8)



Lako je riješiti!

## Zaključak.

---

- Prikazanom metodom moguće je ukloniti sistematsku pogrešku.
- Moguće je malo smanjiti korijen srednje kvadratne pogreške.
- Korekcija je jako ovisna o pogreškama prethodnog dana.
- Perzistencija je preslaba kao model za prognozu pogreške prognoze sunčeve radijacije.
- Numerički model za prognozu vremena nedovoljno razlučuje pojavu nagle promjene radijacije.

## Što dalje?

---

- Koristiti podatke iz prostora oko točke za koju se računa sunčeva radijacija.
- Koristiti pogreške drugih varijabli numeričkog modela kao prediktore za kratkoročnije prognoze (nekoliko sati).
- Iskoristiti empirička svojstva sunčevog zračenja (veza između ukupnog i raspršenog zračenja).
- Poboljšanje numeričkog modela za prognozu vremena.

Hvala na pažnji!

# Zahvala



Prezentirani istraživački 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 putem ugovora o dodjeli bespovratnih sredstava br. IPA2007/HR/16IPO/001-040510.

WEB STRANICA PROJEKTA

<http://www.enhems-buildings.fer.hr>

DISCLAIMER

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



