



PREDITTORE DELLA DOMENICA

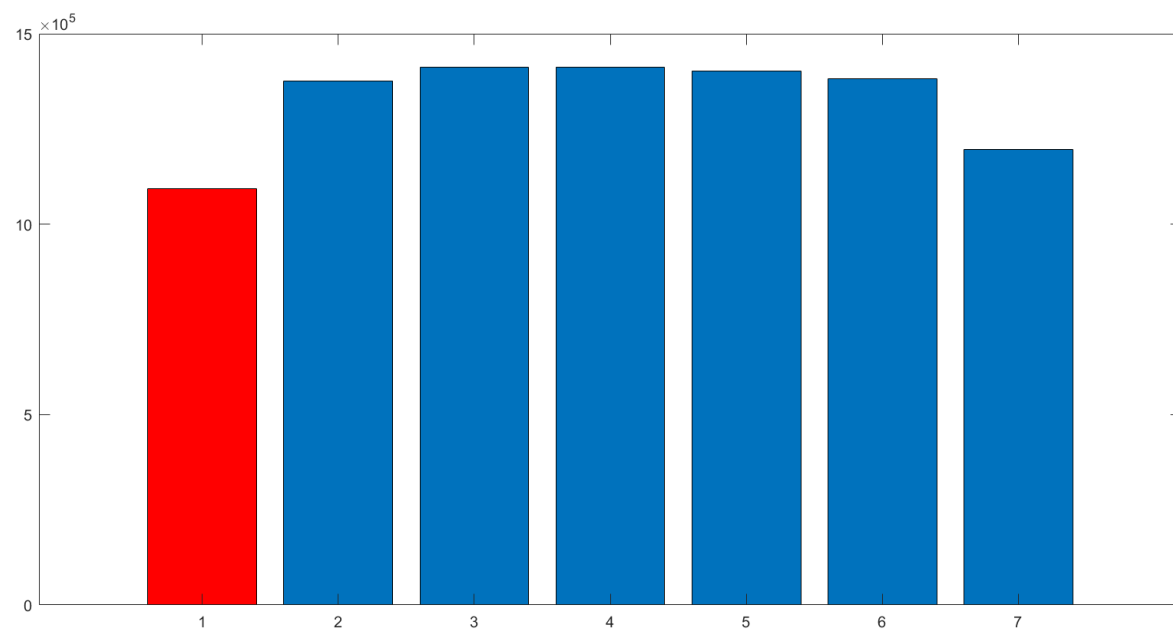
- Noemi Cardillo
- Antonio Coronelli
- Jacopo Del Col
- Federico Guareschi
- Simone Tartarotti



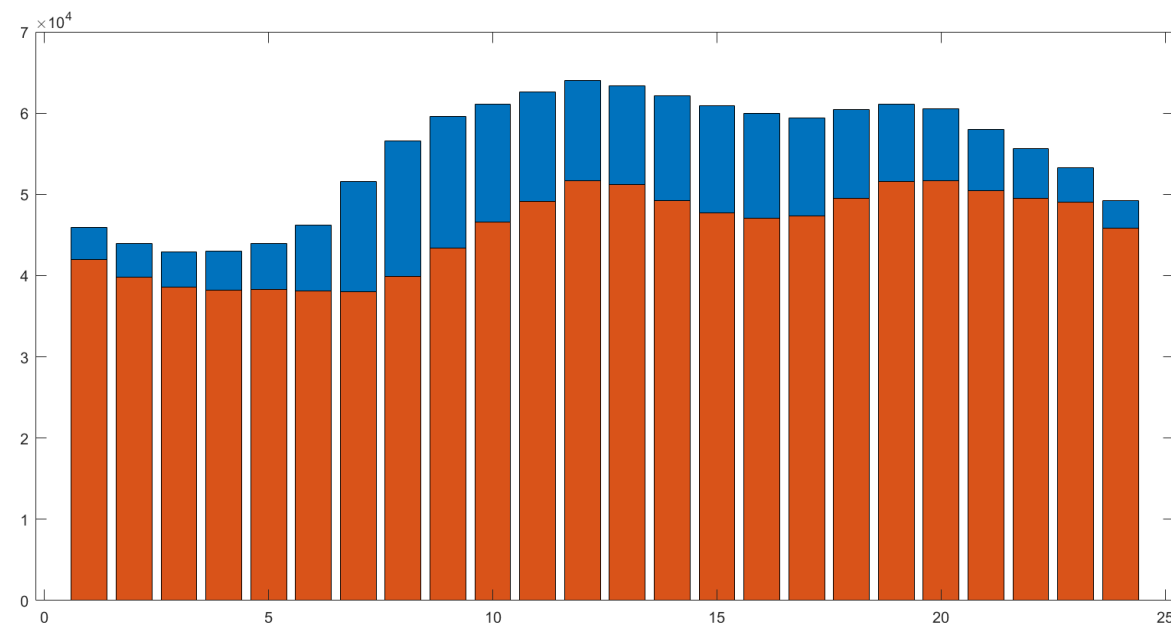
Obiettivi

- Identificare un modello che segua l'andamento dei consumi elettrici della domenica in funzione del giorno e dell'ora;
- Predire il consumo di una domenica dell'anno successivo a quelli dati mediante una funzione Matlab che prenda in ingresso due scalari, ora e giorno.

Nell'identificazione vengono considerati solo i consumi relativi alle domeniche. Si nota, infatti, che questi seguono un andamento diverso rispetto agli altri giorni:



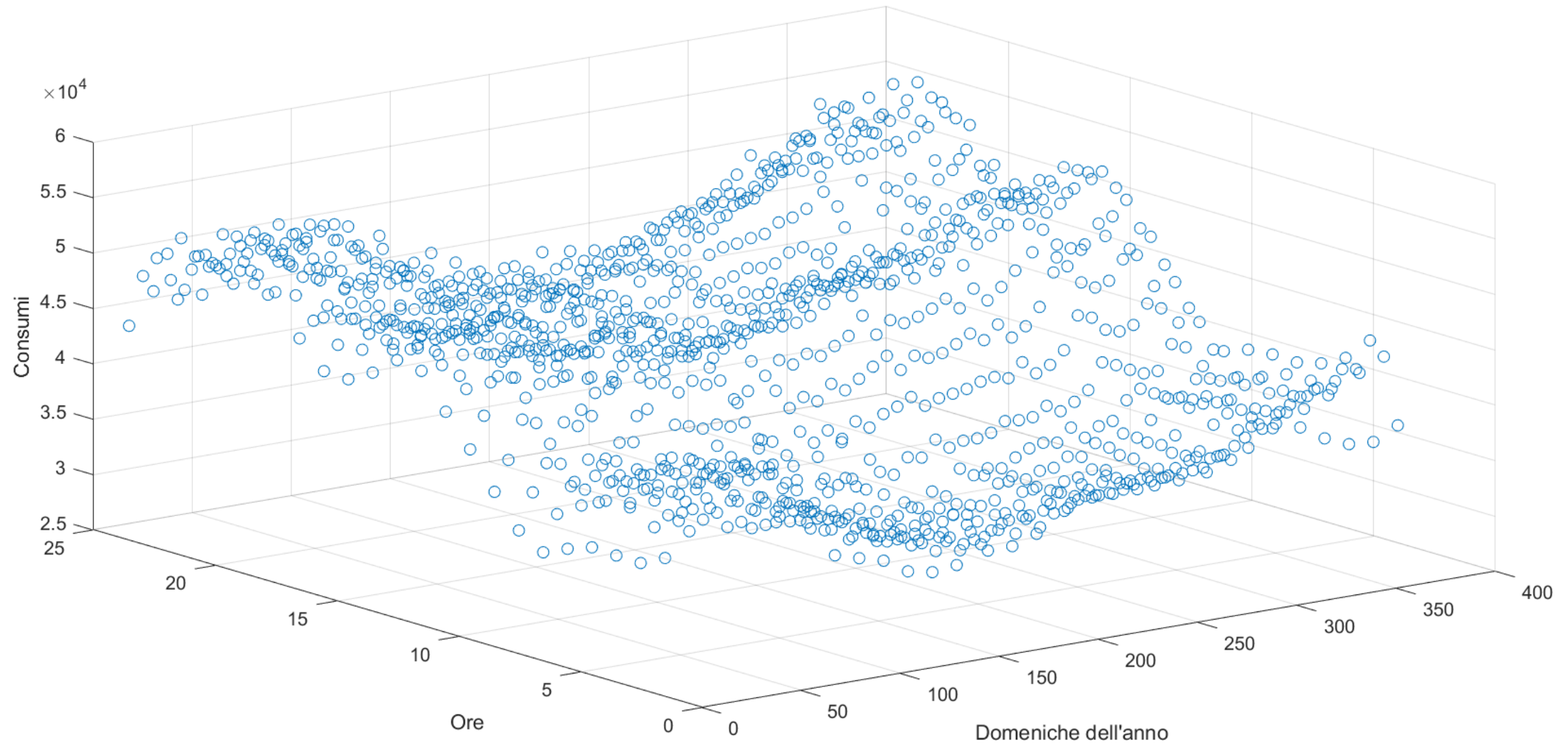
Media dei consumi di ogni giorno della settimana



Media dei consumi sulle 24 ore

In *rosso* i consumi delle domeniche, in *blu* i consumi degli altri giorni.

CONSUMI DOMENICALI

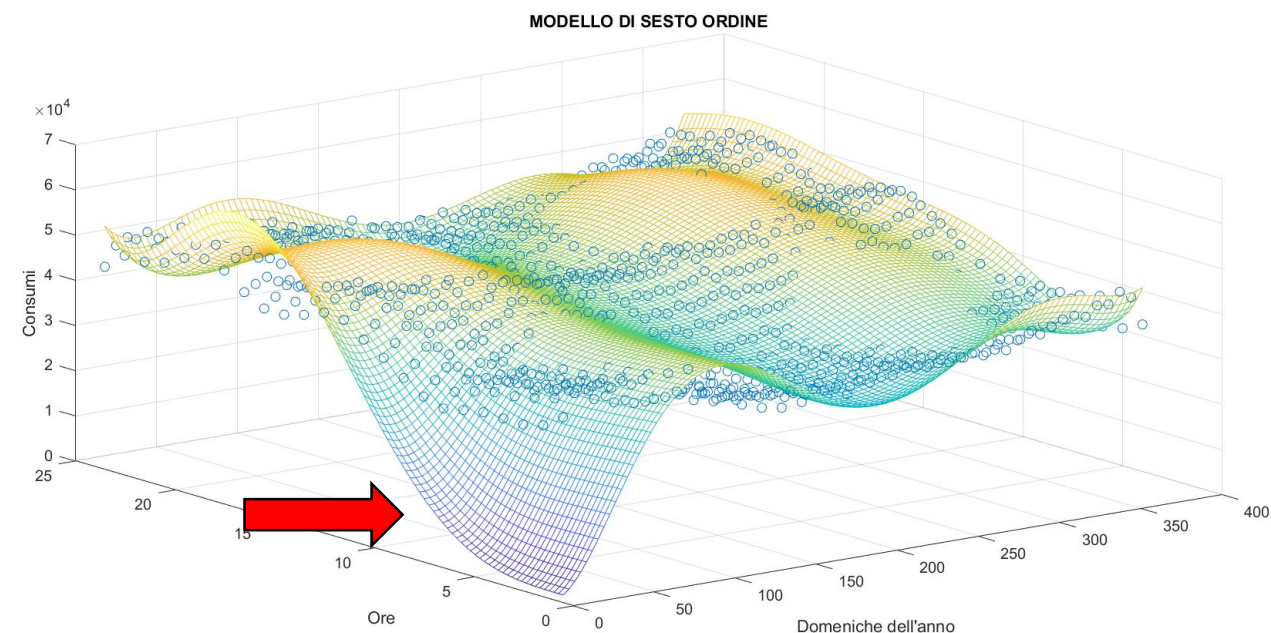
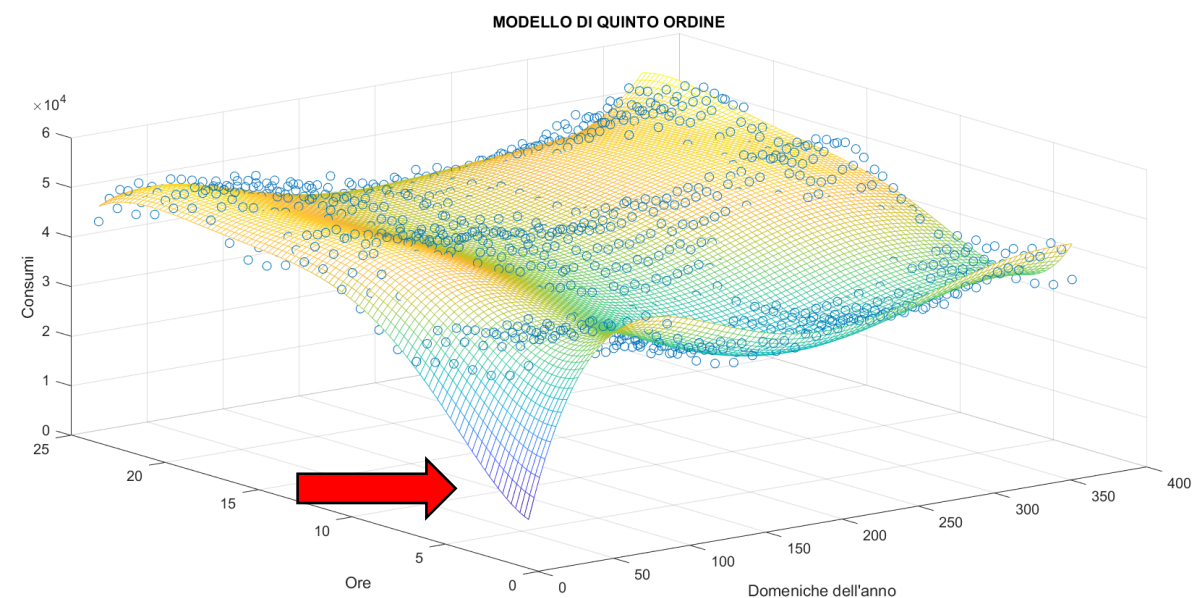


PRIMO APPROCCIO: MODELLI POLINOMIALI

In prima analisi abbiamo tentato con modelli polinomiali di vario ordine.



MODELLI CON OVERFITTING

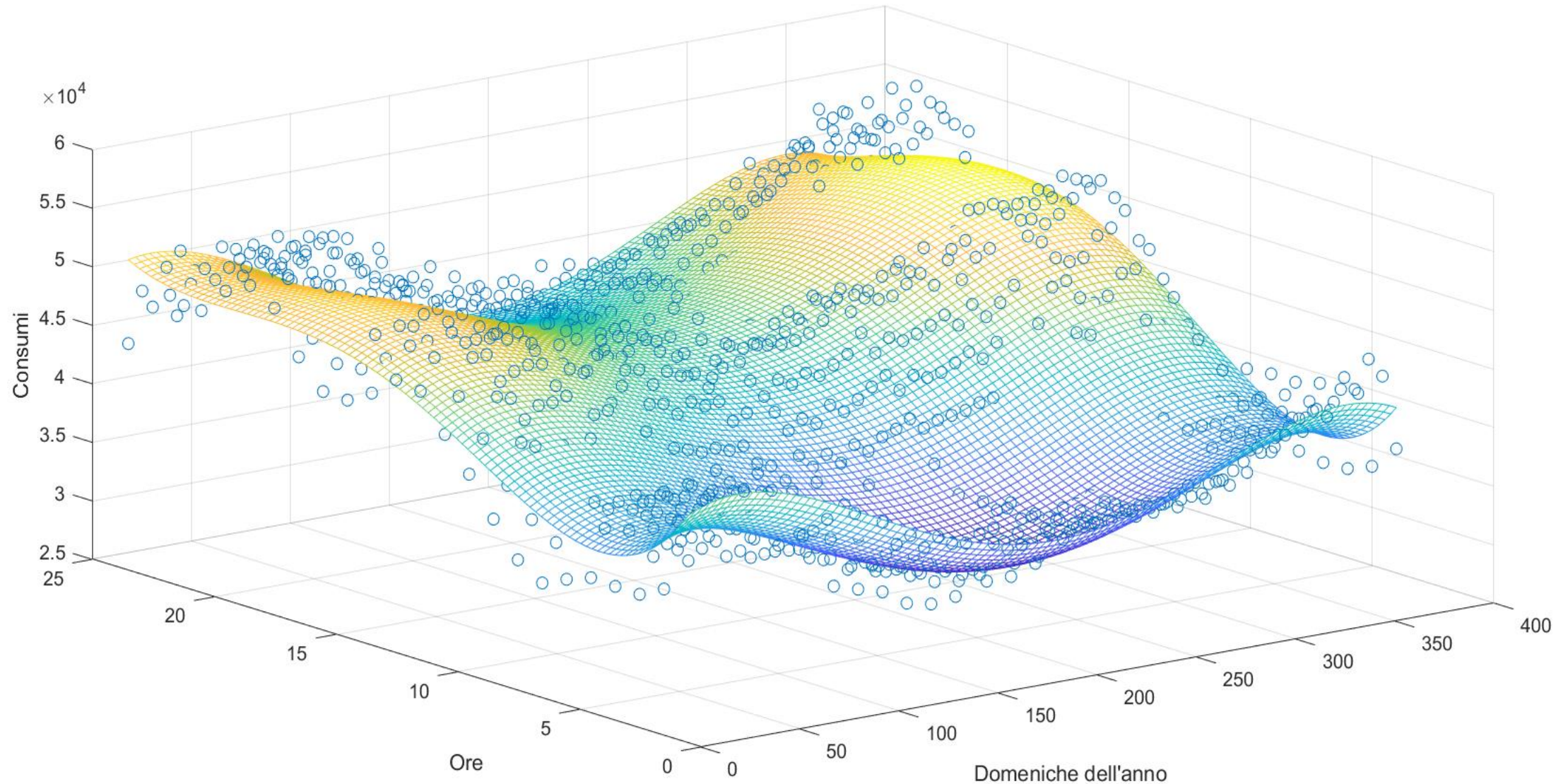


I modelli di ordine superiore al quarto tendono a overfittare i dati di identificazione

MODELLO DEL 4° ORDINE

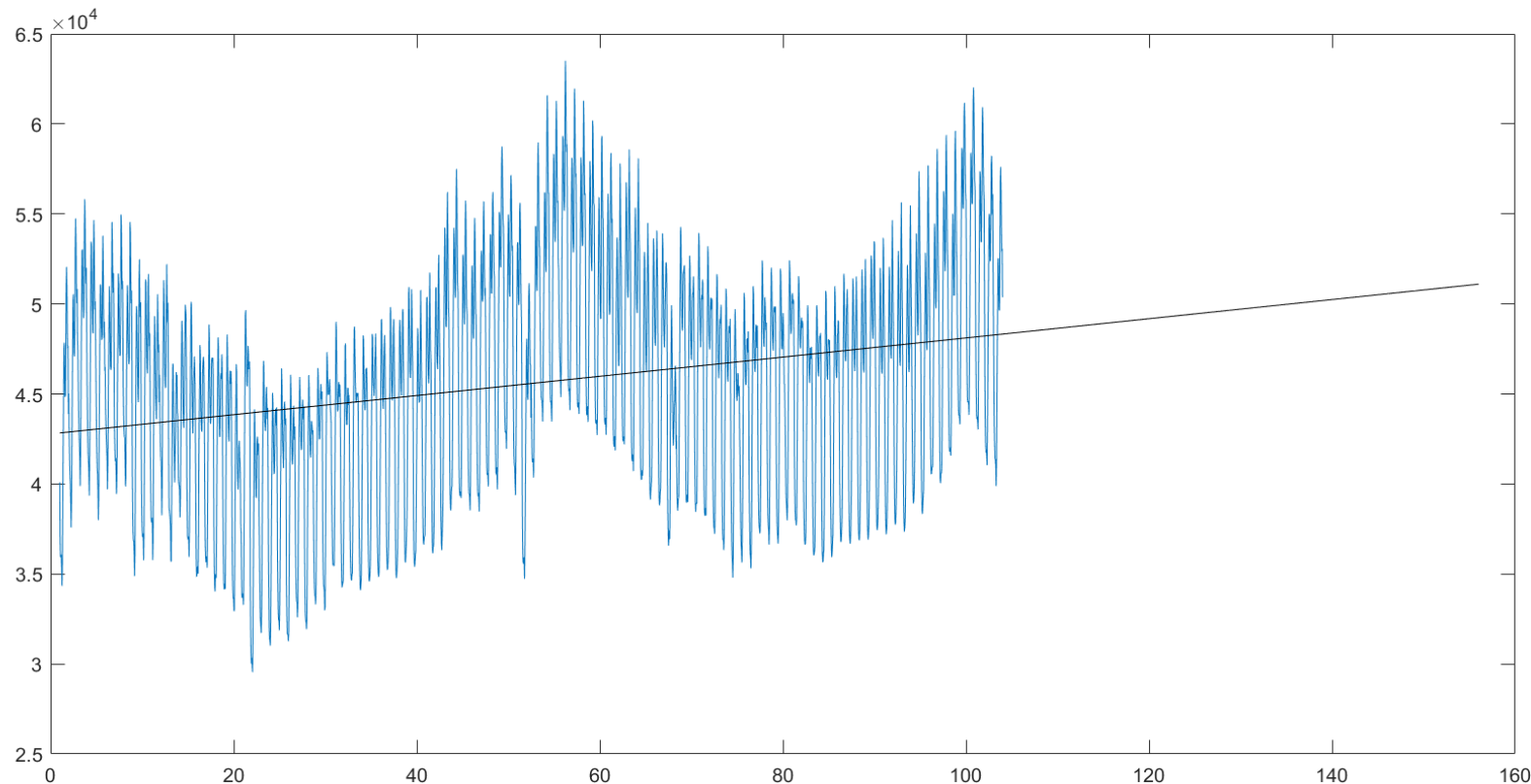
```
phi4 = [ones(n,1), ...  
        giorni, ore, ...  
        giorni.^2, ore.^2, giorni.*ore, ...  
        giorni.^3, ore.^3, (giorni.^2).*ore, (ore.^2).*giorni, ...  
        giorni.^4, ore.^4, giorni.^3.*ore, ore.^3.*giorni, giorni.^2.*ore.^2];  
[thetals4, devthetals4] = lscov(phi4, consumi);  
epsilon4 = consumi - phi4 * thetals4;  
stima_consumi4 = phi4 * thetals4;  
ssr4 = epsilon4' * epsilon4;
```


PLOT MODELLO QUARTO ORDINE



INDIVIDUAZIONE DEL TREND

```
giorni = (linspace(1, 104, n))';  
phi = [ones(n, 1), giorni];  
[thetals, devthetals] = lscov(phi, consumi);  
giorni_3anni = (linspace(1, 156, n*3/2))';  
trend = thetals(1, :) + giorni_3anni.*thetals(2, :);  
plot(giorni_3anni, trend, 'k');
```



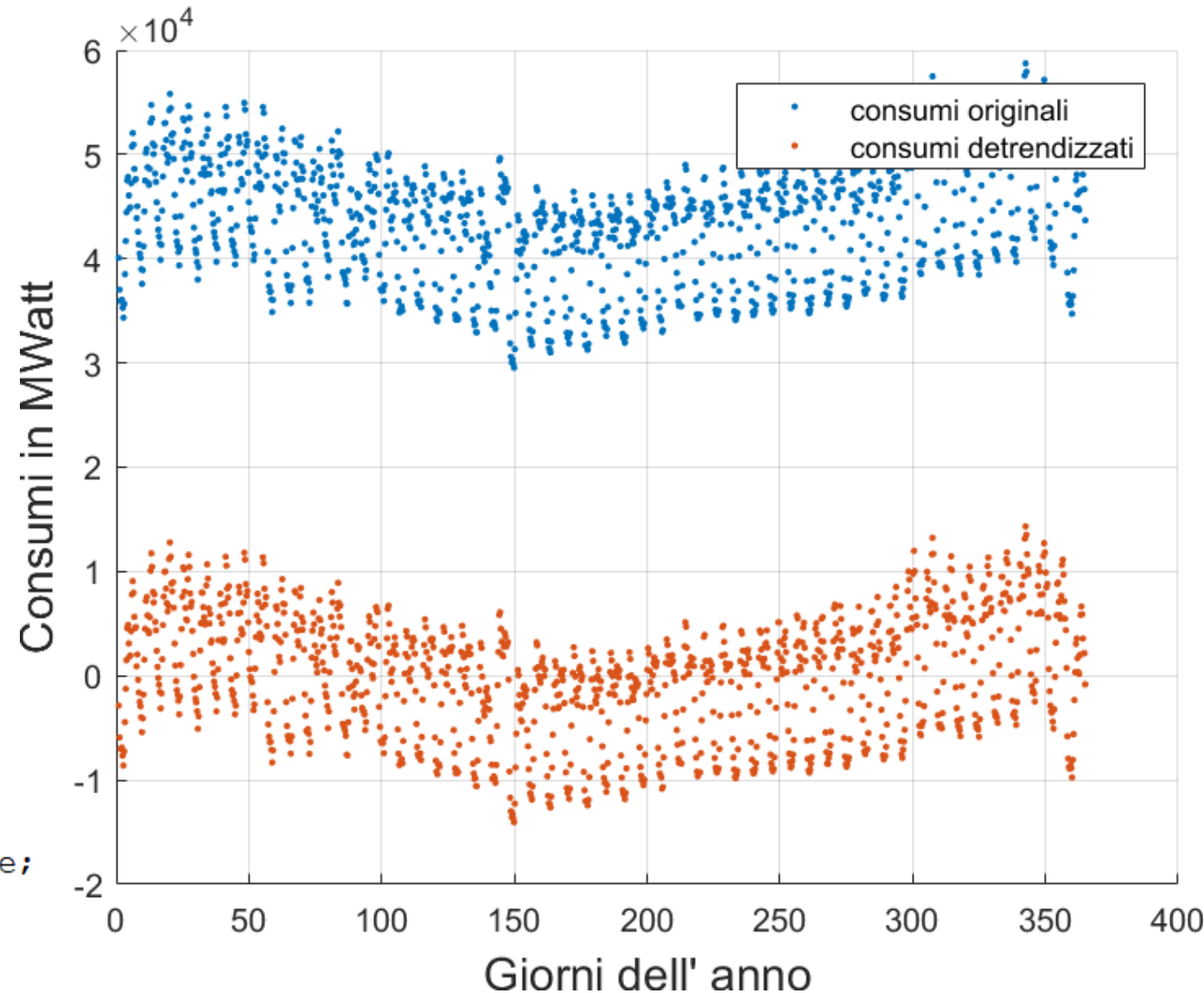
Disponendo di dati relativi ad un periodo di soli due anni, ci limitiamo a stimare il trend con un *modello lineare* di primo ordine.

DETRENDIZZAZIONE

L'**identificazione** viene effettuata su dati detrendizzati rispetto all'anno di identificazione.

In fase di **validazione** la stima viene confrontata con i dati di validazione detrendizzati rispetto al trend dell'anno di validazione.

```
phil = [ones(n, 1), giorni];  
[thetals1, devthetals1] = lscov(phil, consumi);  
trend_identificazione = phil * thetals1;  
consumi_detrend = consumi - trend_identificazione;
```



SECONDO APPROCCIO: MODELLI DI FOURIER

I modelli polinomiali sembrano non seguire in maniera efficace gli andamenti periodici dei consumi.

Si passa quindi a considerare modelli basati sulle *serie di Fourier*.



MODELLO DI FOURIER

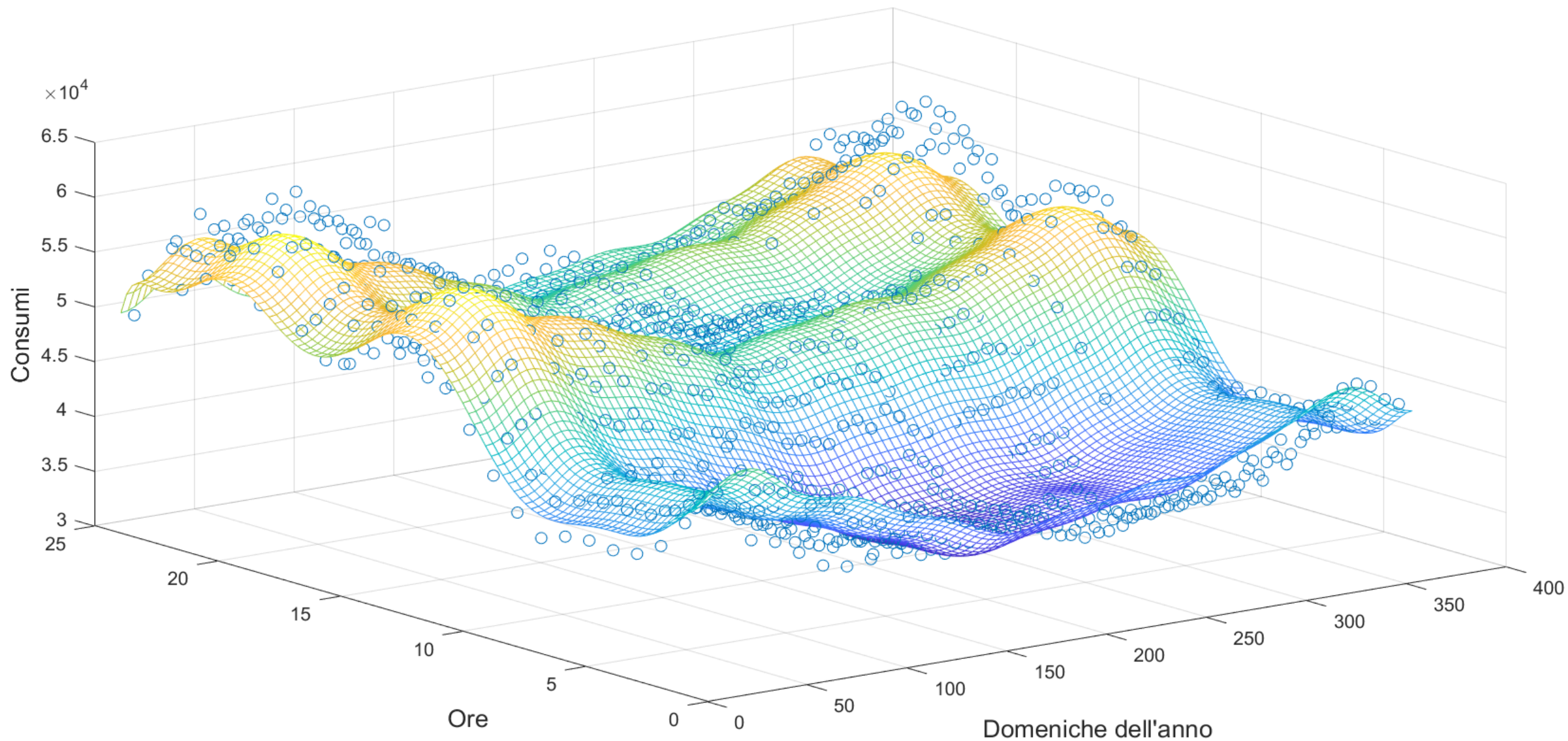
Dopo aver minimizzato il valore degli ssr di validazione al variare del numero di armoniche, il numero ottimo di armoniche risulta:

8 armoniche per le ore, 7 armoniche per i giorni

```
w1 = 2 * pi / 365;
w2 = 2 * pi / 24;
phiFourier = [cos(w1*giorni), sin(w1*giorni), cos(w2*ore), sin(w2*ore), ...
              cos(2*w1*giorni), sin(2*w1*giorni), cos(2*w2*ore), sin(2*w2*ore), ...
              cos(3*w1*giorni), sin(3*w1*giorni), cos(3*w2*ore), sin(3*w2*ore), ...
              cos(4*w1*giorni), sin(4*w1*giorni), cos(4*w2*ore), sin(4*w2*ore), ...
              cos(5*w1*giorni), sin(5*w1*giorni), cos(5*w2*ore), sin(5*w2*ore), ...
              cos(6*w1*giorni), sin(6*w1*giorni), cos(6*w2*ore), sin(6*w2*ore), ...
              cos(7*w1*giorni), sin(7*w1*giorni), cos(7*w2*ore), sin(7*w2*ore), ...
              cos(8*w2*ore), sin(8*w2*ore)];
[thetalsFourier, devthetalsFourier] = lscov(phiFourier, consumi_detrendizzati);
epsilonFourier = consumi - (phiFourier * thetalsFourier + stima_trend);
ssrFourier = epsilonFourier' * epsilonFourier;

stima_consumiFourier = phiFourier * thetalsFourier + stima_trend;
```

PLOT MODELLO DI FOURIER



TERZO APPROCCIO: SOMMA DI MODELLI

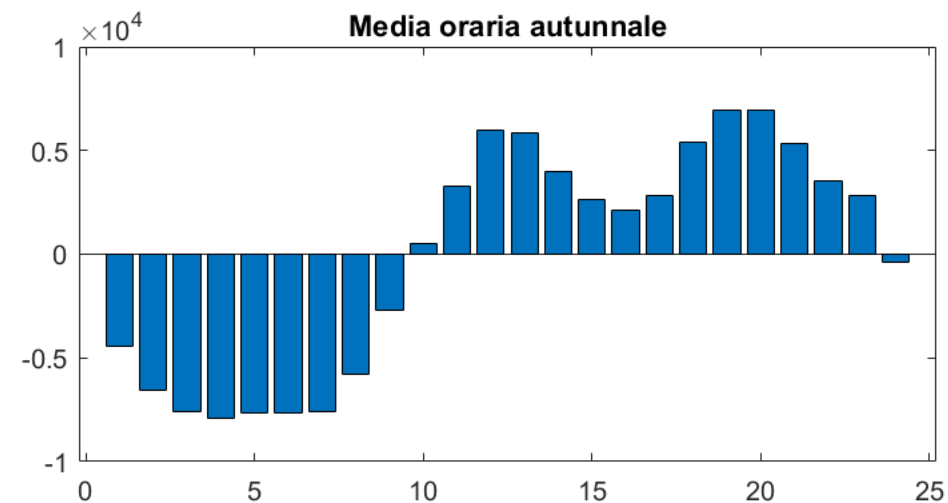
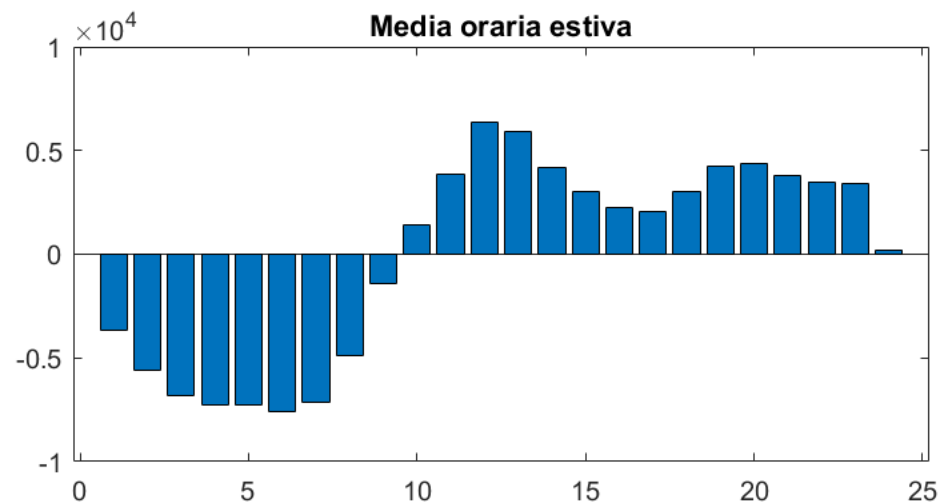
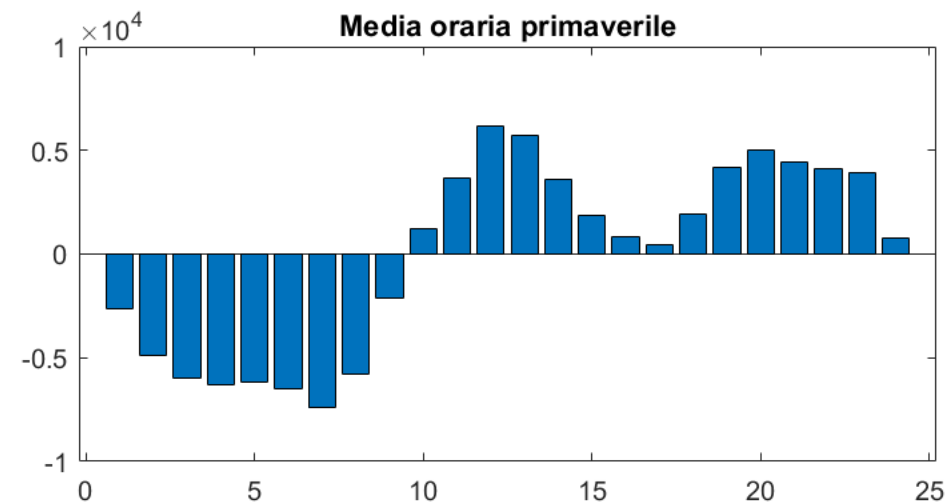
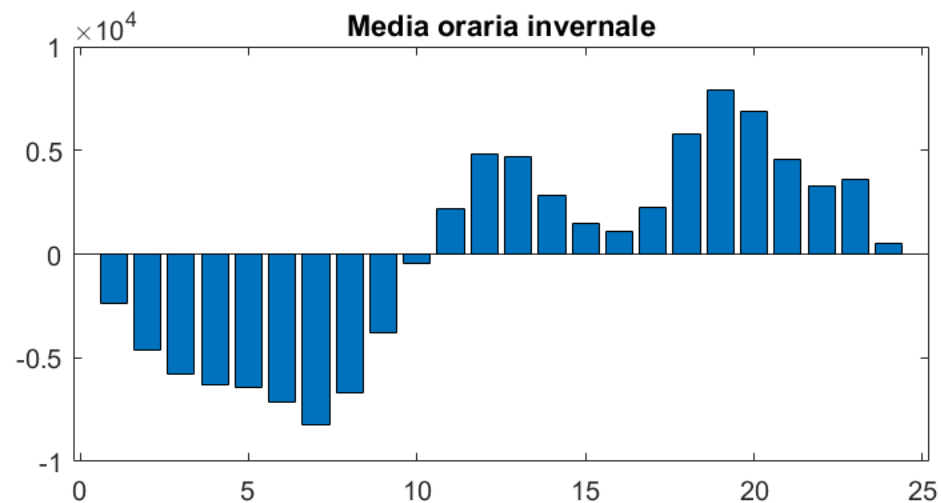
Abbiamo considerato un modello per l'andamento dei consumi durante le 24 ore della giornata ed uno per l'andamento dei consumi durante le 52 domeniche dell'anno.

Il modello complessivo è ottenuto sommando questi ed aggiungendo il trend previsto.

RISULTATO

L'ssr di validazione ottenuto con questo modello è migliore solo del 3% rispetto al modello di Fourier





OSSERVAZIONE

Gli andamenti orari nell'arco di una giornata risultano essere *diversi* in base alla stagione. Considerare le stagioni potrebbe portare ad un miglioramento della precisione rispetto al modello precedente.

MODELLO DEFINITIVO: SOMMA MODELLI CON STAGIONALITÀ

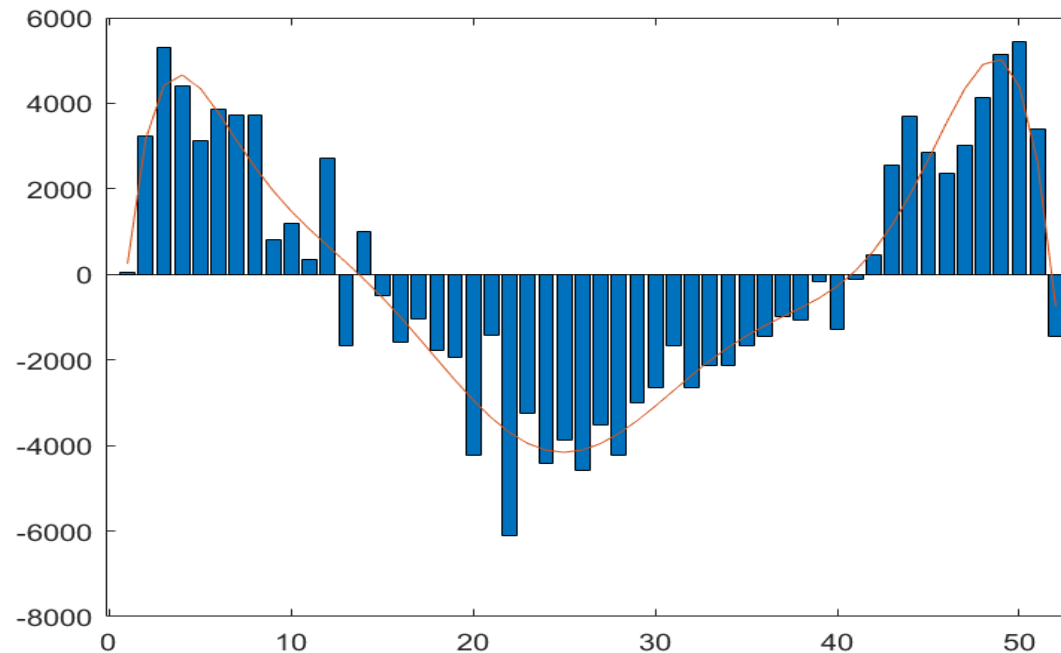
L'andamento sulle 24 ore dei consumi è stato stimato separatamente per le quattro stagioni.

Il modello dei consumi giornalieri delle 52 domeniche rimane uguale a quello precedente.



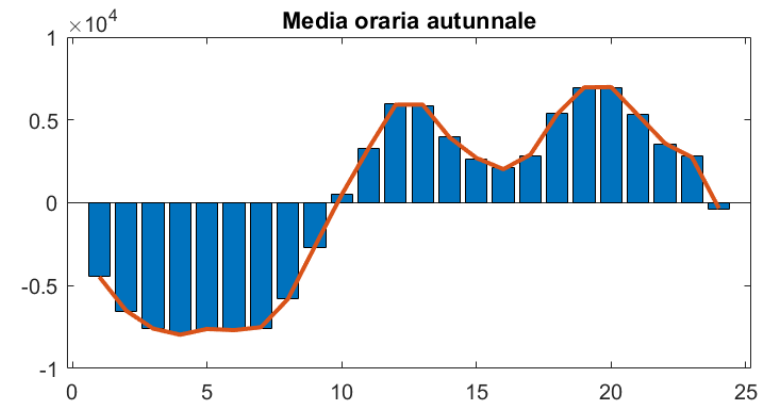
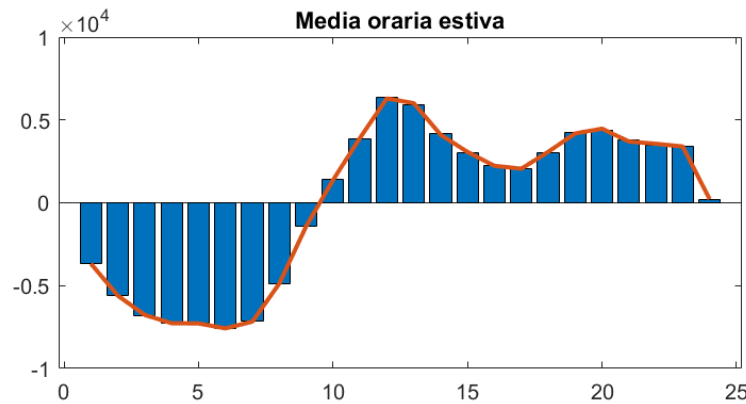
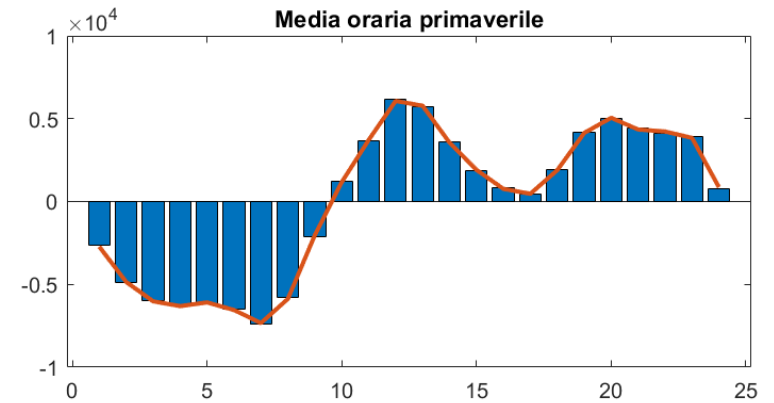
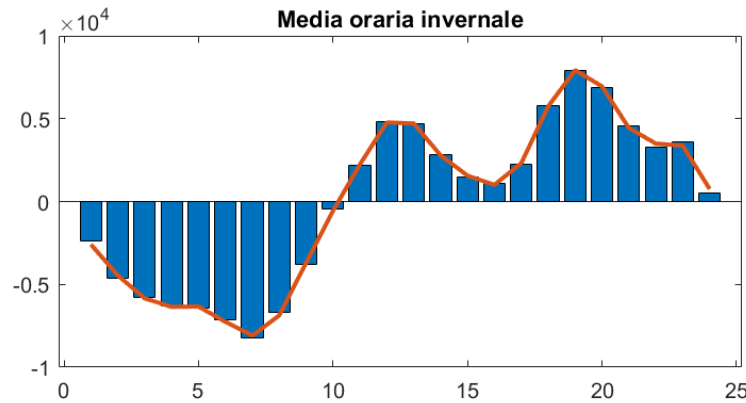
MODELLO GIORNALIERO

```
w3 = 2 * pi / 365;  
phiFGiorni = [ cos(w3*domeniche'), sin(w3*domeniche'), ...  
               cos(2*w3*domeniche'), sin(2*w3*domeniche'), ...  
               cos(3*w3*domeniche'), sin(3*w3*domeniche'), ...  
               cos(4*w3*domeniche'), sin(4*w3*domeniche'), ...  
               cos(5*w3*domeniche'), sin(5*w3*domeniche')  
             ];
```



MODELLO ORARIO

```
w2 = 2 * pi / 24;  
phiF = [ cos(w2*ore), sin(w2*ore),  
        cos(2*w2*ore), sin(2*w2*ore),  
        cos(3*w2*ore), sin(3*w2*ore),  
        cos(4*w2*ore), sin(4*w2*ore),  
        cos(5*w2*ore), sin(5*w2*ore),  
        cos(6*w2*ore), sin(6*w2*ore),  
        cos(7*w2*ore), sin(7*w2*ore),  
        cos(8*w2*ore), sin(8*w2*ore),  
        cos(9*w2*ore), sin(9*w2*ore)  
];
```



Si calcolano i quattro stimatori utilizzando la stessa **matrice di sensitività** (phiF) e per ciascuno i dati relativi alla stagione considerata.

OSSERVAZIONE

Nella fase di individuazione del modello abbiamo scelto di identificare sul primo anno e di validare sul secondo. Invece, per la stima del terzo anno l'identificazione viene effettuata sul *secondo anno* piuttosto che sul primo o sulla media tra i due, poiché è più probabile che i consumi del terzo anno siano simili a quelli del secondo.



SCELTA DEL NUMERO DI ARMONICHE

Primo anno validazione, secondo anno identificazione

Armoniche ore	Armoniche giorni	SSR validazione
9	5	$3.5977 \cdot 10^9$
8	5	$3.6045 \cdot 10^9$
10	5	$3.5967 \cdot 10^9$
11	5	$3.5927 \cdot 10^9$
12	5	$3.5929 \cdot 10^9$
11	6	$3.5950 \cdot 10^9$
11	4	$3.8832 \cdot 10^9$

Primo anno identificazione, secondo anno validazione

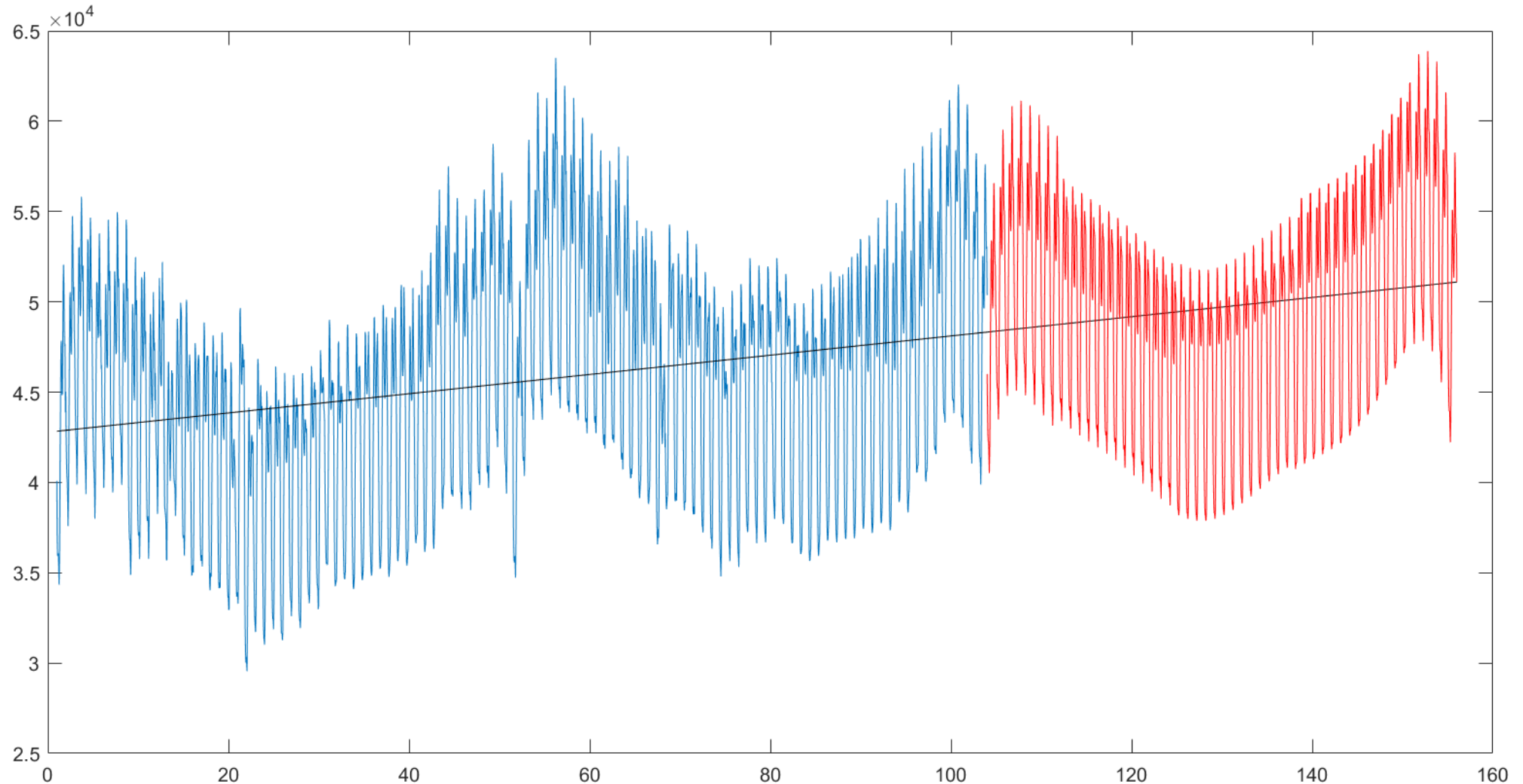
Armoniche ore	Armoniche giorni	SSR validazione
10	6	$3.3668 \cdot 10^9$
10	5	$3.2715 \cdot 10^9$
10	4	$3.3077 \cdot 10^9$
9	5	$3.2710 \cdot 10^9$
11	6	$3.2783 \cdot 10^9$

OSSERVAZIONE

Nella prima tabella l'SSR aumenta di poco passando da 11 a 9 armoniche per le ore, si sceglie quindi questo secondo caso. Scelta finale: 9 armoniche per le ore, 5 per i giorni.

STIMA FINALE

Come anticipato,
si sommano i due modelli precedenti e, ad essi, si somma il trend previsto.



TEST

```
n = 52*24;  
previsioneStagionaleVal = consumiDetrendModelStagionale + trendVal;  
epsilonValStagionale = consumiDomenicaliVal - previsioneStagionaleVal;  
ssrValStagionale = epsilonValStagionale' * epsilonValStagionale;  
mseValStagionale = ssrValStagionale/n;  
rmsdValStagionale = sqrt(mseValStagionale);  
range = (max(consumiDomenicaliVal)-min(consumiDomenicaliVal));  
nrmsd_mediaValStagionale = (rmsdValStagionale / range ) *100;  
nrmsd_rangeValStagionale = (rmsdValStagionale / (min(consumiDomenicaliVal) +range/2)) *100;  
maeValStagionale= mean(abs(epsilonValStagionale));
```

TEST	VALORE
SSR	$3.27 \cdot 10^9$
MSE	$3.19 \cdot 10^6$
RMSE	$1.79 \cdot 10^3$
NRMSD (media)	6.23%
NRMSD (range)	3.64%
MAE	$1.29 \cdot 10^3$