



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRIESTE

---

DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E GEOSCIENZE  
CORSO DI STUDI IN INTELLIGENZA ARTIFICIALE E DATA ANALYTICS

# **ANALISI DEI MASSIMI DI PRECIPITAZIONE MEDIANTE MODELLI STATISTICI PER I VALORI ESTREMI**

# INTRODUZIONE



*La teoria degli eventi estremi si studia per comprendere la natura e la probabilità di eventi che si verificano con una bassa frequenza, ma che possono avere un impatto significativo.*



*La comprensione della probabilità di eventi estremi può aiutare a ridurre il rischio di danni a persone e proprietà.*



*La valutazione del rischio di eventi estremi può aiutare le aziende e le istituzioni a prendere decisioni informate su come gestire i loro asset.*



*La teoria degli eventi estremi può essere utilizzata per studiare i cambiamenti climatici e altri fenomeni che possono portare a eventi estremi.*



# ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI

---

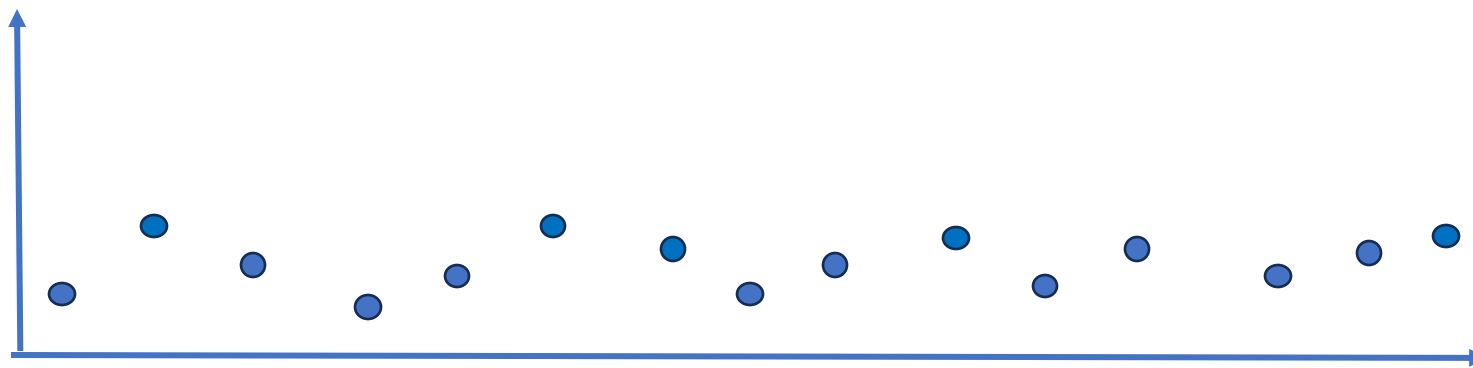
Distribuzione  
generalizzata  
dei valori estremi

Approccio dei  
massimi a blocchi

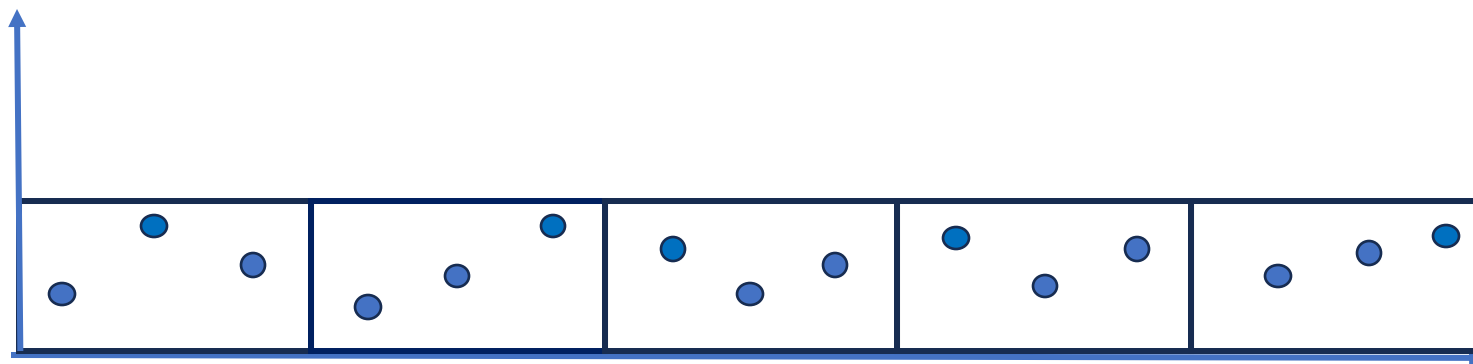
Stima di massima  
verosimiglianza

Grafici di  
diagnostica

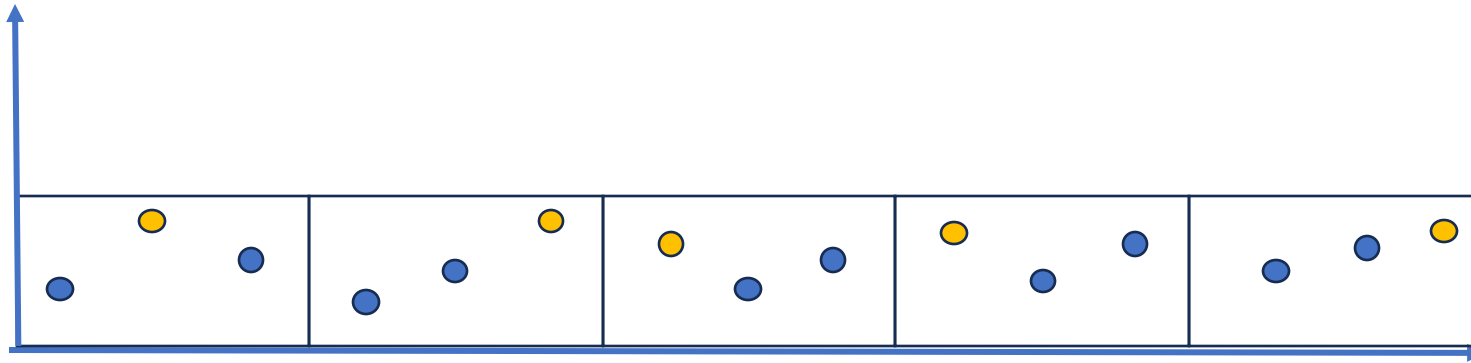
# APPROCCIO DEI MASSIMI A BLOCCHI



# APPROCCIO DEI MASSIMI A BLOCCHI



# APPROCCIO DEI MASSIMI A BLOCCHI



Sui MASSIMI si procede con l'inferenza

## Distribuzione generalizzata dei valori estremi

Generalized Extreme Value (GEV)

$$G(z; \mu, \sigma, \xi) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}$$

definita per  $\{z : 1 + \xi(z - \mu)/\sigma > 0\}$  , dove  $-\infty < \mu < \infty$  ,  $\sigma > 0$  e  $-\infty < \xi < \infty$ .

## Distribuzione generalizzata dei valori estremi

Generalized Extreme Value (GEV)

$$G(z; \mu, \sigma, \xi) = \exp \left\{ - \left[ 1 + \xi \left( \frac{z - \mu}{\sigma} \right) \right]^{-1/\xi} \right\}$$

definita per  $\{z : 1 + \xi(z - \mu)/\sigma > 0\}$  , dove  $-\infty < \mu < \infty$  ,  $\sigma > 0$  e  $-\infty < \xi < \infty$ .

Stima dei parametri attraverso il metodo della **MASSIMA VEROSIMIGLIANZA**





# ANALISI ESPLORATIVA DEI DATI

---

Stazione meteorologica di **Gemona del Friuli**

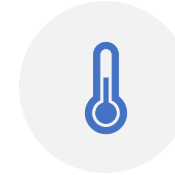
Osservazioni dal **gennaio 2000** al **dicembre 2018**

<http://www.scia.isprambiente.it>

**OUTCOME**  
**COVARIATE**



Precipitazioni  
massime orarie su  
periodo mensile



Temperatura massima  
mensile



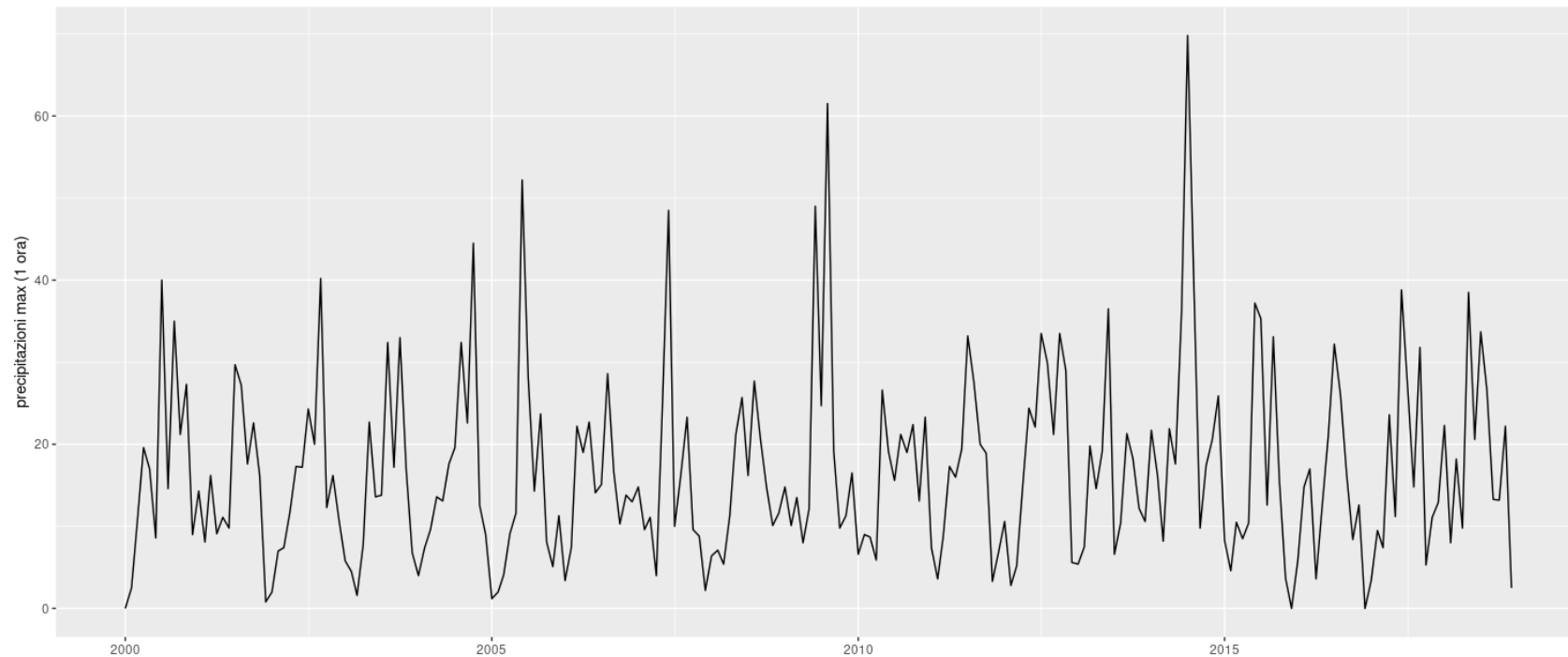
Velocità media  
mensile del vento



Umidità relativa media  
mensile

# Serie delle precipitazioni

**Precipitazioni massime orarie in millimetri su periodo  
mensile**





# MODELLI PER LE PRECIPITAZIONI MENSILI

---

---

**Modello 1: parametri costanti**

**Modello 2: informazioni temporali in parametro di locazione**

Modello 3: informazioni temporali in parametri di locazione e di scala

Modello 4: informazioni temporali + trend in parametro di locazione

Modello 5: informazioni temporali + trend in parametri di locazione e di scala

**Modello 6: informazioni temporali + trend + covariate in parametri di locazione e di scala**

**Modello 7: informazioni temporali + trend + covariate in parametri di locazione**

I modelli 3,4 e 5 sono meno rilevanti ai fini di questa presentazione

# Modello 1

Parametri costanti  
(-Logv. = 796.3248)

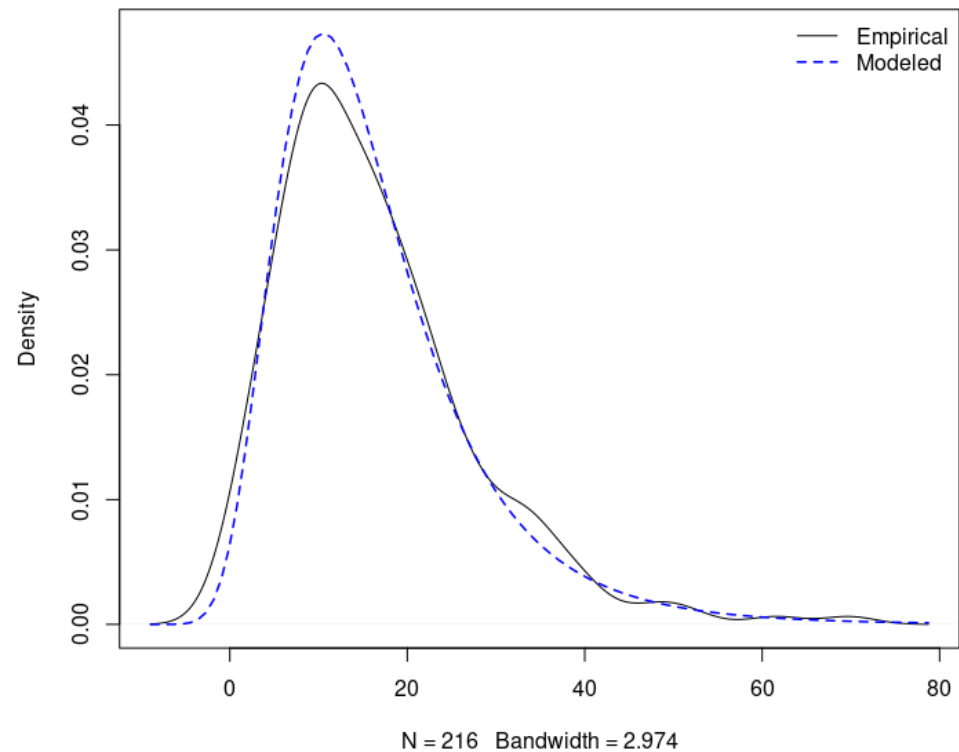
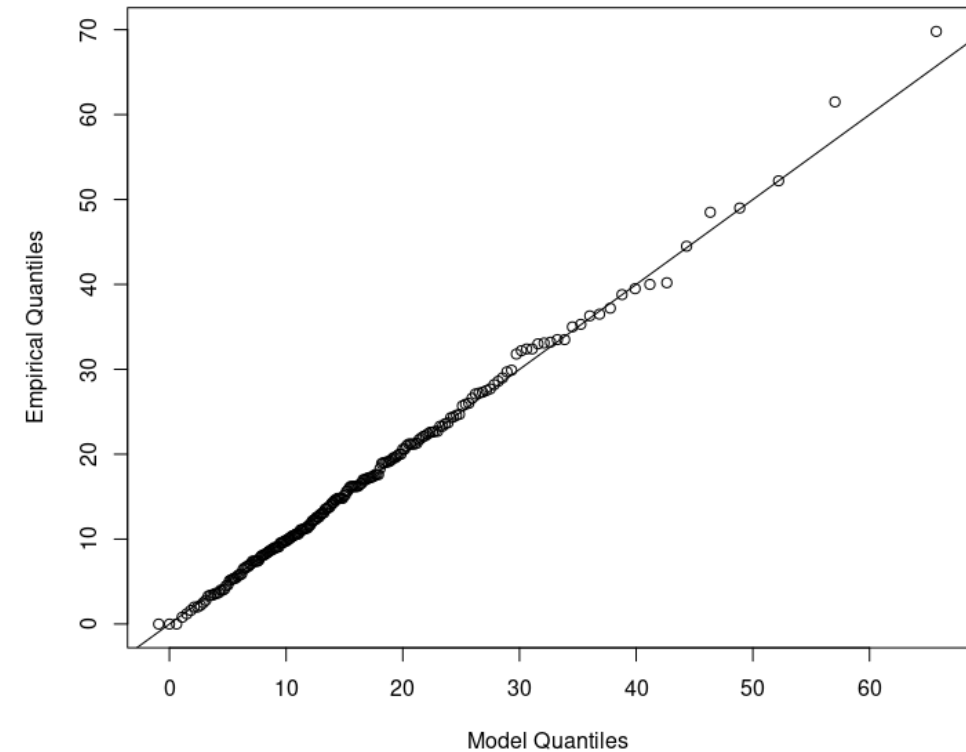


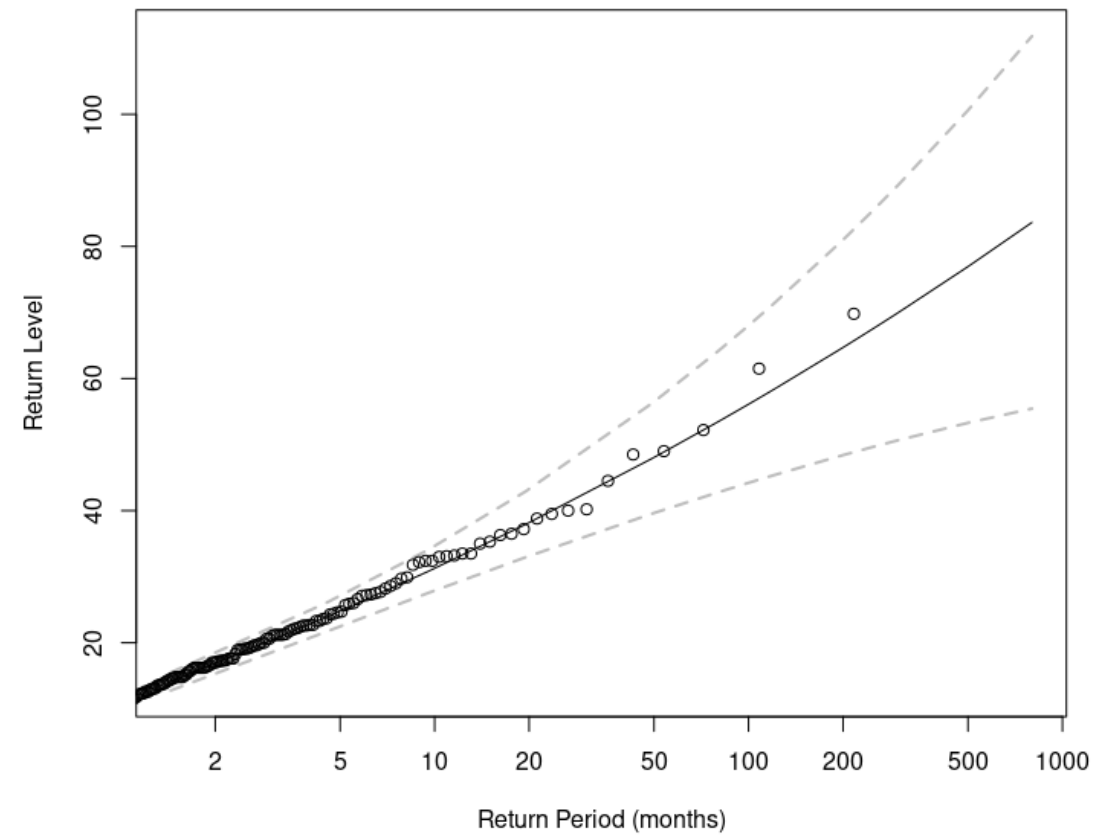
GRAFICO DI DENSITÀ



QQ-PLOT

# Modello 1

Livelli di ritorno



## Modello 2

Aggiunta delle  
**informazioni temporali** sul  
parametro di locazione  
(-Logv. = 748.0004)

$C_i$  GIORNO CENTRALE DEL MESE  $i$ -ESIMO

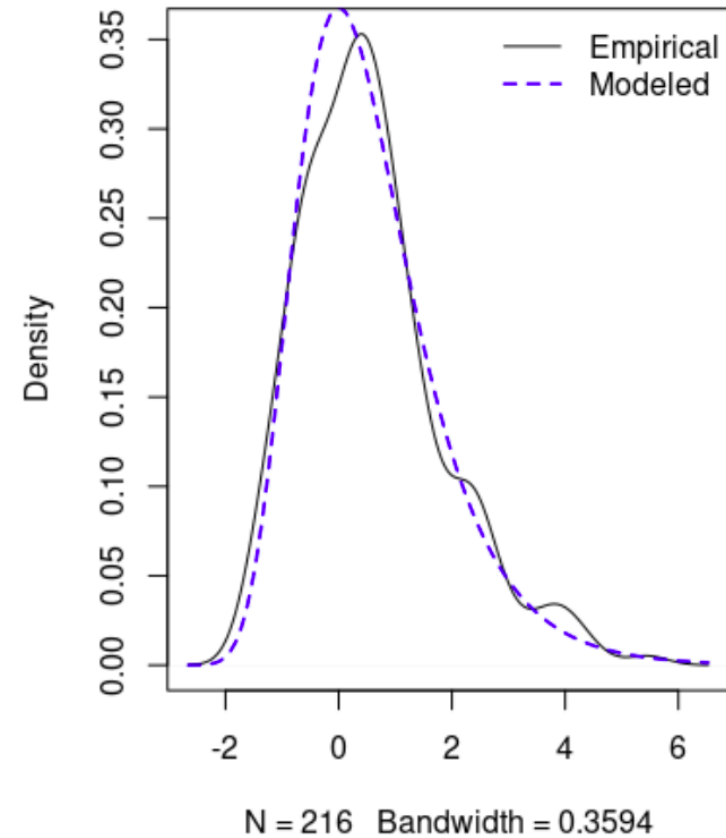
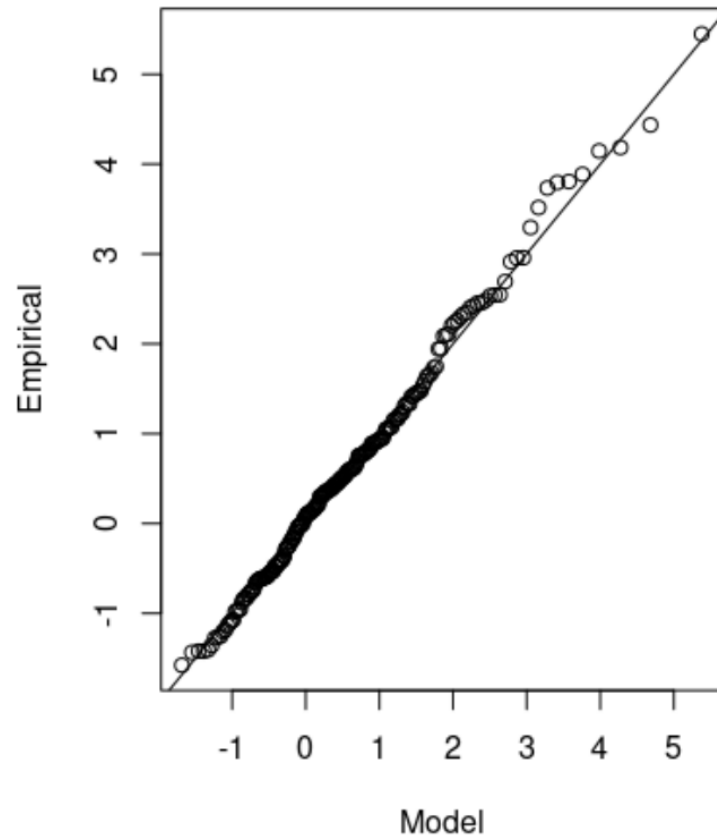
$$\mu = \mu_0 + a_\mu \sin \left( \frac{2\pi C_i}{365.25} \right) + b_\mu \cos \left( \frac{2\pi C_i}{365.25} \right)$$

D. Maraun, H. W. Rust e T. J. Osborn. «The annual cycle of heavy precipitation across the United Kingdom: a model based on extreme value statistics». In: *International Journal of Climatology: A Journal of the Royal Meteorological Society* 29.12 (2009), pp. 1731–1744.



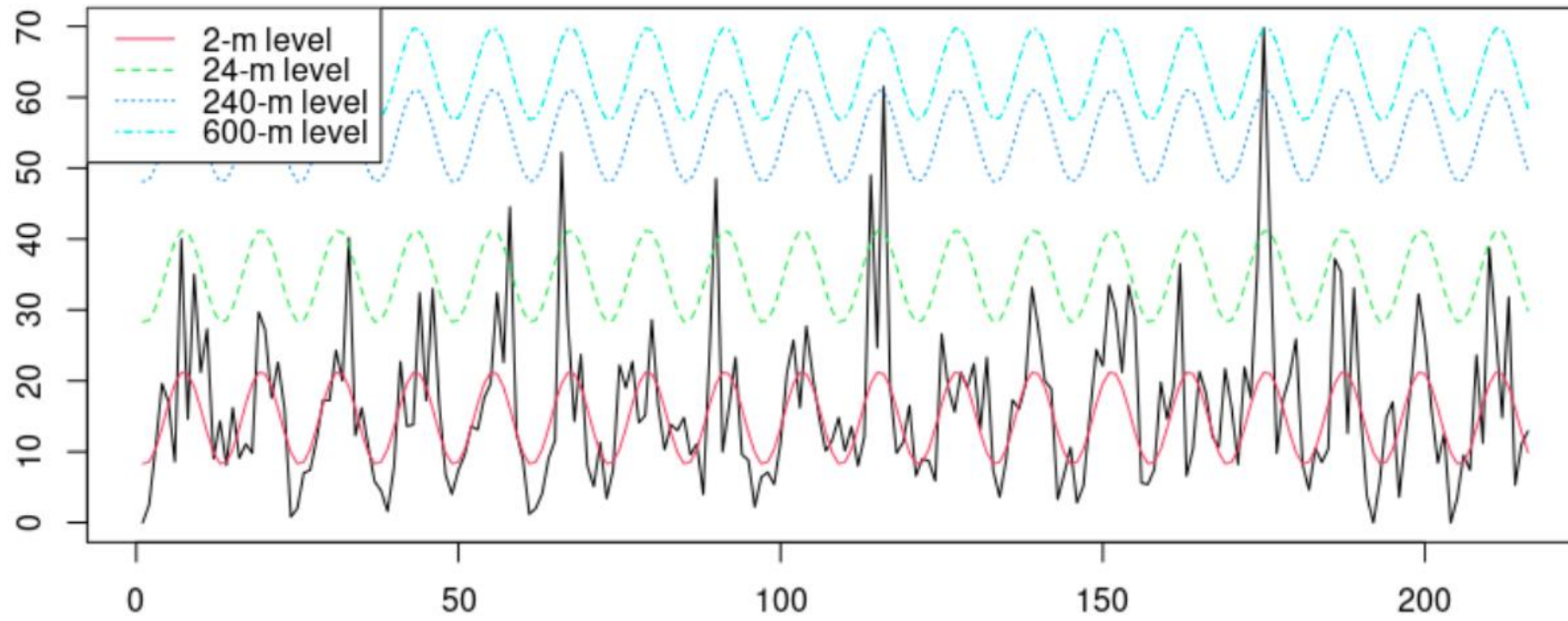
# Modello 2

## Grafici di diagnostica



# Modello 2

Livelli di ritorno



## Modello 6

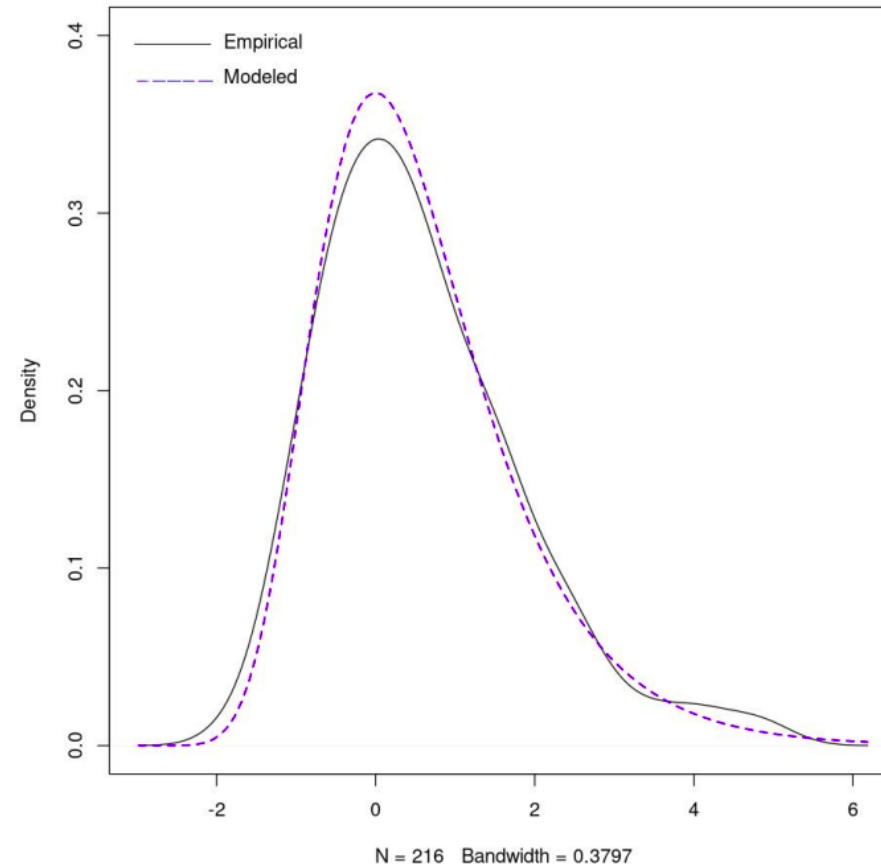
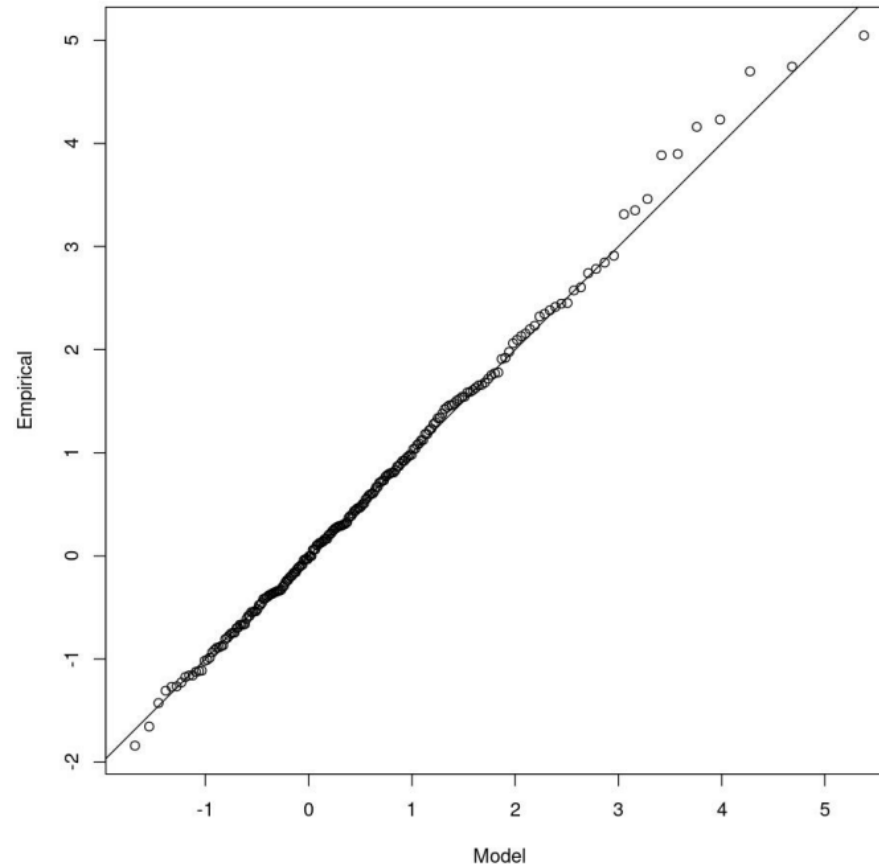
Aggiunta delle **covariate + trend**  
nel parametro di locazione e delle  
**informazioni temporali + trend**  
nel parametro di scala  
(-Logv. = 710.9026)

$$\mu = \mu_0 + a_\mu \sin\left(\frac{2\pi c_i}{365.25}\right) + b_\mu \cos\left(\frac{2\pi c_i}{365.25}\right) + c_\mu t + d_\mu TEMP. + e_\mu VENTO + f_\mu UMIDITA,$$

$$\sigma = \sigma_0 + a_\sigma \sin\left(\frac{2\pi c_i}{365.25}\right) + b_\sigma \cos\left(\frac{2\pi c_i}{365.25}\right) + c_\sigma t,$$

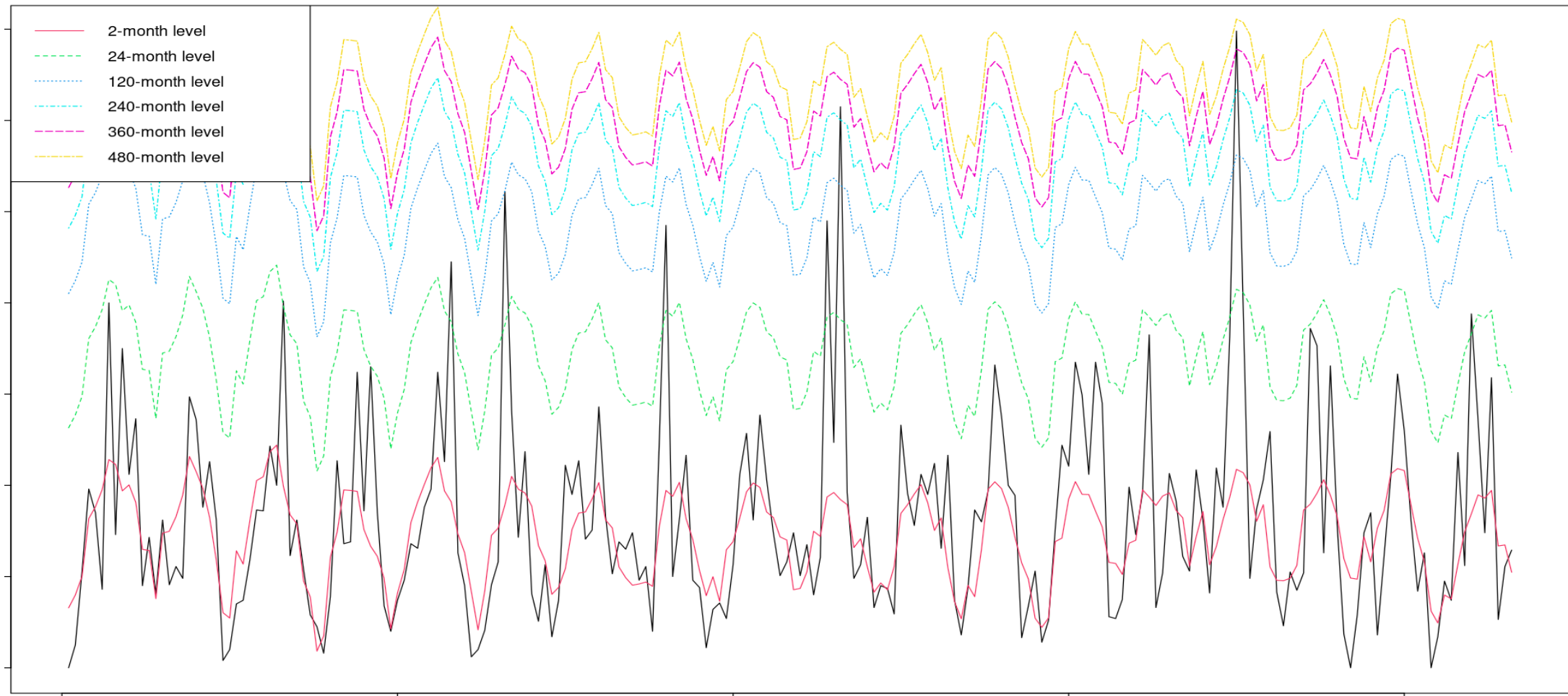
# Modello 6

## Grafici di diagnostica



# Modello 6

Livelli di ritorno



# Modello 7

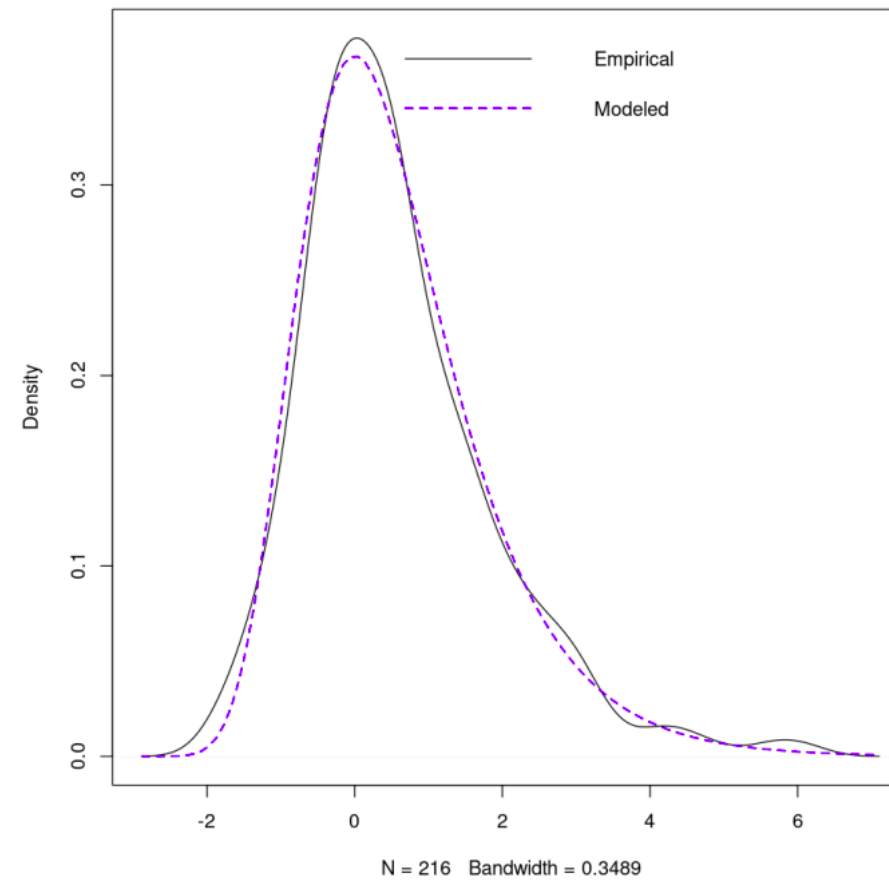
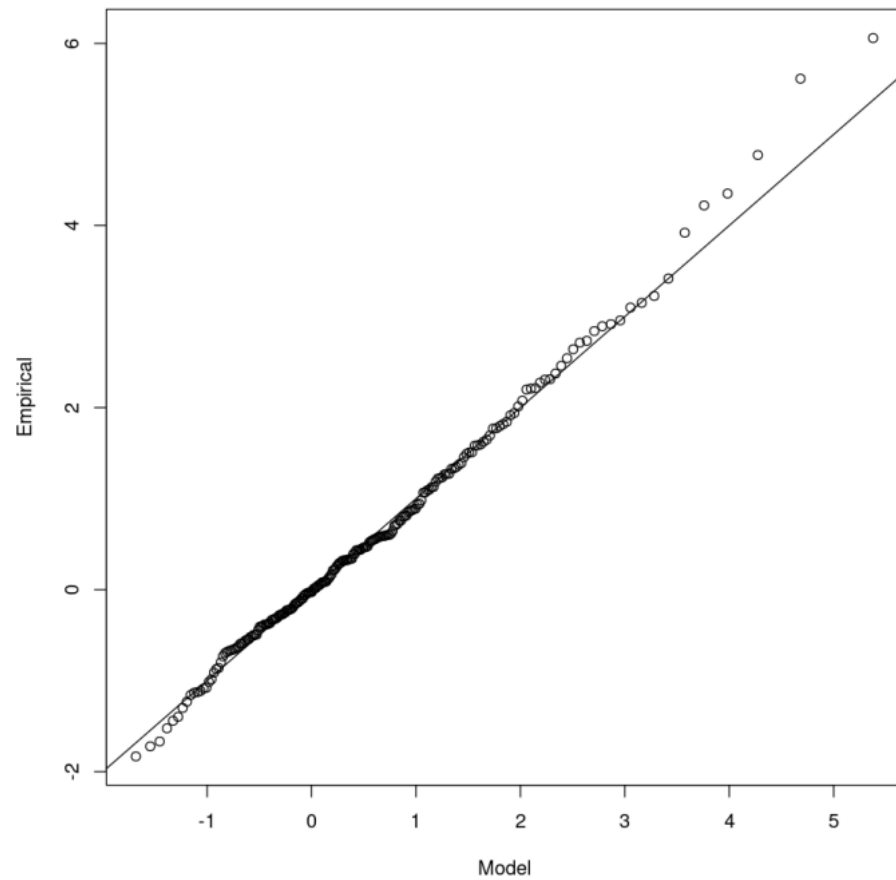
Aggiunta delle **covariate** +  
**trend** nel parametro di  
locazione e parametro di  
scala costante  
(-Logv. = **733.3832**)

$$\mu = \mu_0 + a_\mu \sin\left(\frac{2\pi c_i}{365.25}\right) + b_\mu \cos\left(\frac{2\pi c_i}{365.25}\right) + c_\mu t + d_\mu TEMP.$$

$$+ e_\mu VENTO + f_\mu UMIDITA,$$

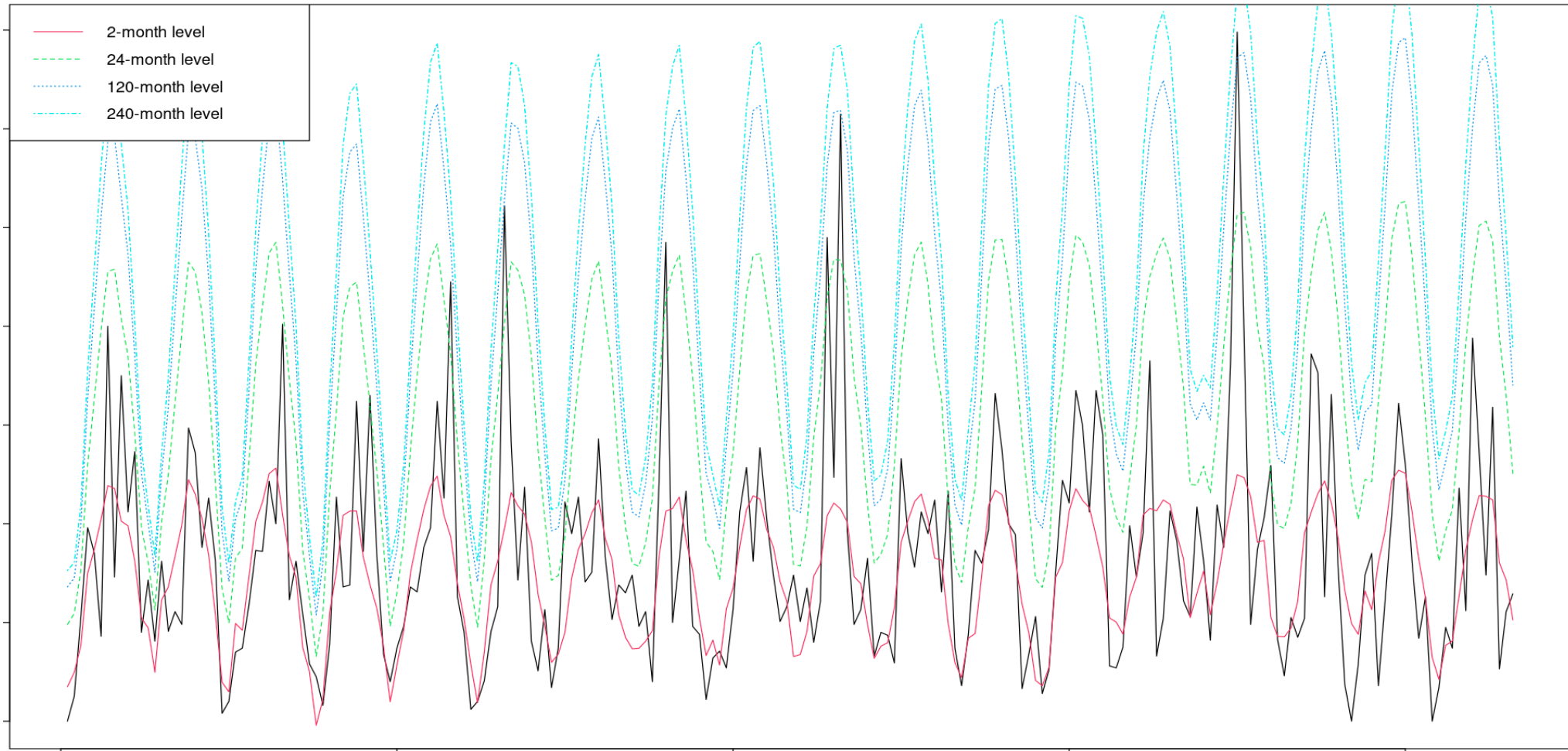
# Modello 7

## Grafici di diagnostica



# Modello 7

Livelli di ritorno







## LOG-VEROSIMIGLIANZA CAMBIATA DI SEGNO Test Set

- Modello 1 = **45.50973**
- Modello 2 = **43.10332**
- Modello 6 = **45.05541**
- Modello 7 = **42.88987**

# CRITICITÀ DEL TEST SET



I modelli GEV sono difficili da testare su un test set perchè sono utilizzati per modellizzare eventi estremi, che sono rari e imprevedibili.

Un test set non sufficientemente grande non conterrebbe abbastanza eventi estremi per valutare accuratamente le prestazioni del modello.



# CONCLUSIONI

---

---

I modelli GEV sono in grado di adattarsi bene ai dati di massimi di precipitazioni mensili.

La definizione dei parametri di locazione e di scala come funzione del tempo ha contribuito positivamente all'adattamento dei modelli.

L'aggiunta delle covariate quali trend, umidità relativa media e velocità media del vento, hanno ulteriormente migliorato l'adattamento dei modelli ai dati.

Ulteriori analisi potrebbero estendere i metodi descritti a più stazioni di rilevamento, considerare il confronto con modelli alternativi e l'effetto di ulteriori covariate ambientali.

