



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI

FEDERICO II

SCUOLA POLITECNICA E DELLE SCIENZE DI BASE  
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE, AMBIENTALE

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE  
E IL TERRITORIO – DIFESA DEL SUOLO

**ANALISI INTERPRETATIVA DELLA FRANA DI MONTE  
PENDOLO GRAGNANO DEL 02/01/1971**

**Relatore:**

*Chiar.mo Prof. Ing. Luca Pagano*

**Correlatore:**

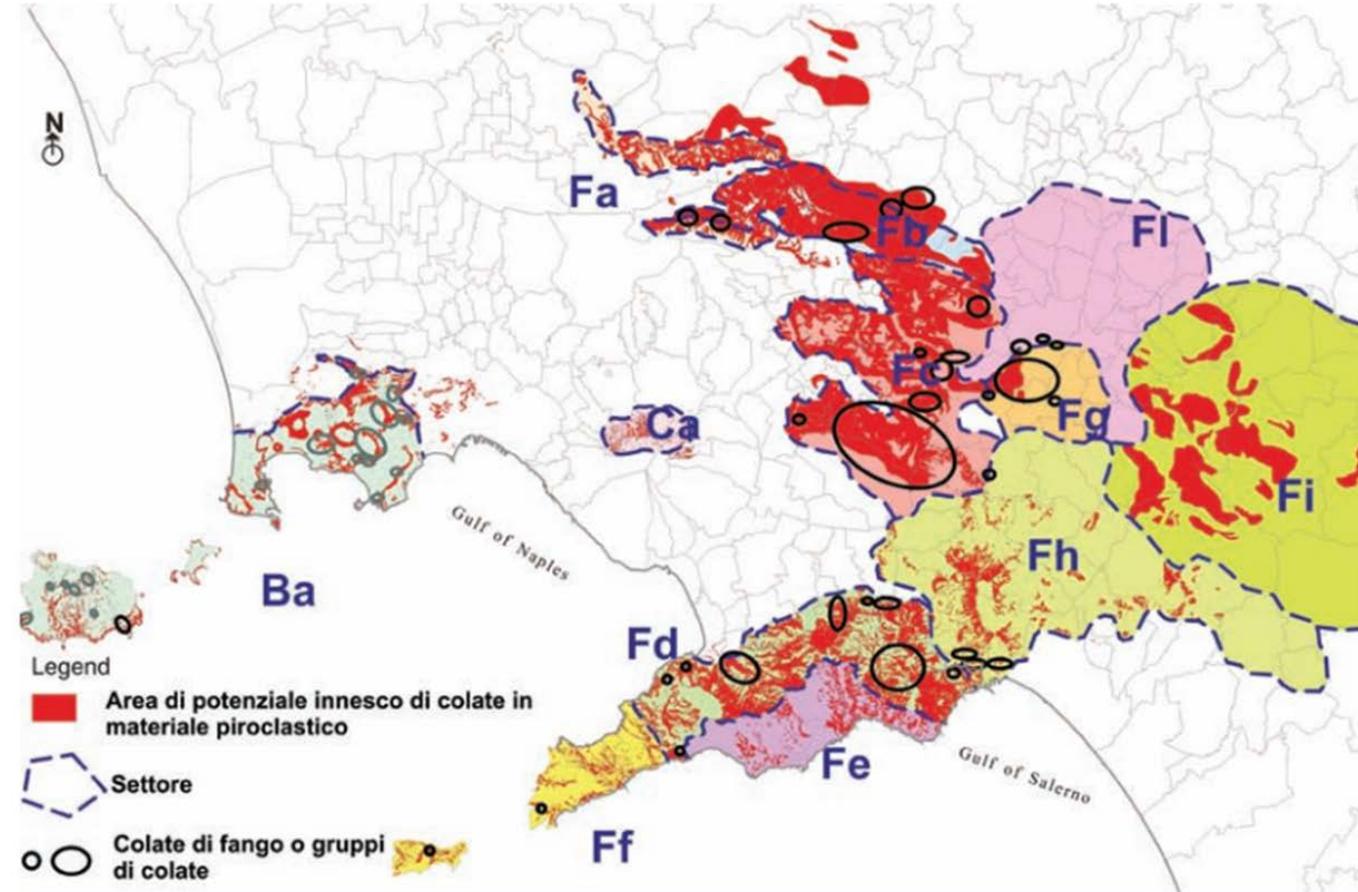
*Dott. Ing. Alfredo Reder*

**Candidata:**

*Mariarosaria Perrotta*

**Matr. N67/91**

# INQUADRAMENTO DEL PROBLEMA



*Modificata da Picarelli et al (2008)*

# SEQUENZA DEI PROCESSI CHE PORTA ALL'INSTABILITA'

inizio dell'anno idrologico  
(suzione maggiore di 100 kPa)

Precipitazioni



Infiltrazione

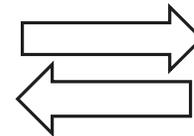


Riduzioni generalizzate di suzione nella coltre piroclastica

[Pagano et al., 2010]



Instabilità del versante



Liquefazione statica



colata rapida

# CASO STUDIO: M. PENDOLO GRAGNANO 02/01/1971



**02/01/1971**

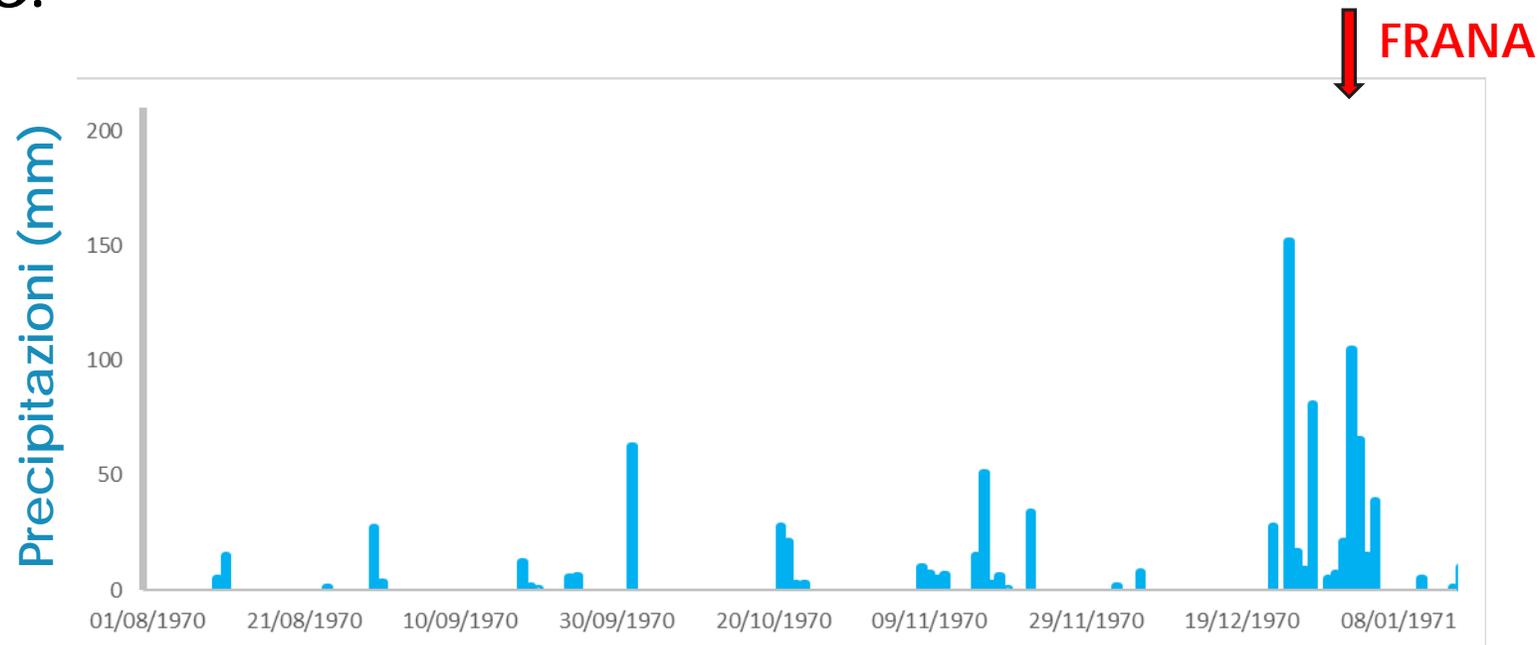
105 mm di pioggia

6 vittime

Danni hotel la Selva ed edifici limitrofi

# OBIETTIVO DELL'ANALISI

A partire dalla conoscenza delle Precipitazioni giornaliere consegnate dagli annali idrologici, Ricostruire la sequenza oraria di precipitazioni che avrebbe innescato l'evento di Frana di Monte Pendolo '71, per aumentare l'accuratezza nell'implementazione dei modelli predittivi e arricchirne il database.



# ITER DELL'ANALISI



PIOGGE

TEMPERATURE

UMIDITA'  
RELATIVA



MODELLO  
FISICAMEN  
TE BASATO



SUZIONE

CONTENUTO  
D'ACQUA

# MODELLO FISICAMENTE BASATO

- Precipitazioni
- Evaporazione come fenomeno interno



Equazione di continuità dell'acqua (allo stato liquido e di vapore)

$$\frac{\partial h_w}{\partial t} = \frac{1}{\rho_w g m_2^w} \left[ \frac{\partial}{\partial z} \left( k_w \frac{\partial h_w}{\partial z} \right) + \left( \frac{P + u_v}{P \rho_w} \right) \frac{\partial}{\partial z} \left( D_v \frac{\partial u_v}{\partial z} \right) \right]$$

Equazione di equilibrio termodinamico

$$u_v = u_{v0} \exp \left( \frac{(h_w - z) M_w g}{RT} \right)$$

Equazione di continuità del calore

$$C_h \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial z} \right) - L_v \left( \frac{P + u_v}{P \rho_w} \right) \frac{\partial}{\partial z} \left( D_v \frac{\partial u_v}{\partial z} \right)$$

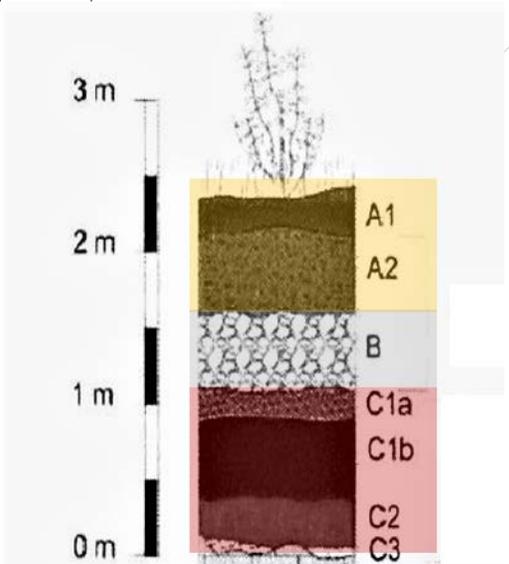
**SUPERFICIE DI  
FILTRAZIONE**

$u_w$  pressione della fase liquida  
 $u_a$  pressione dell'aria  
 $u_v$  pressione della fase di vapore  
 $T$  temperatura del suolo  
 $u_{v0}$  pressione di vapore saturo

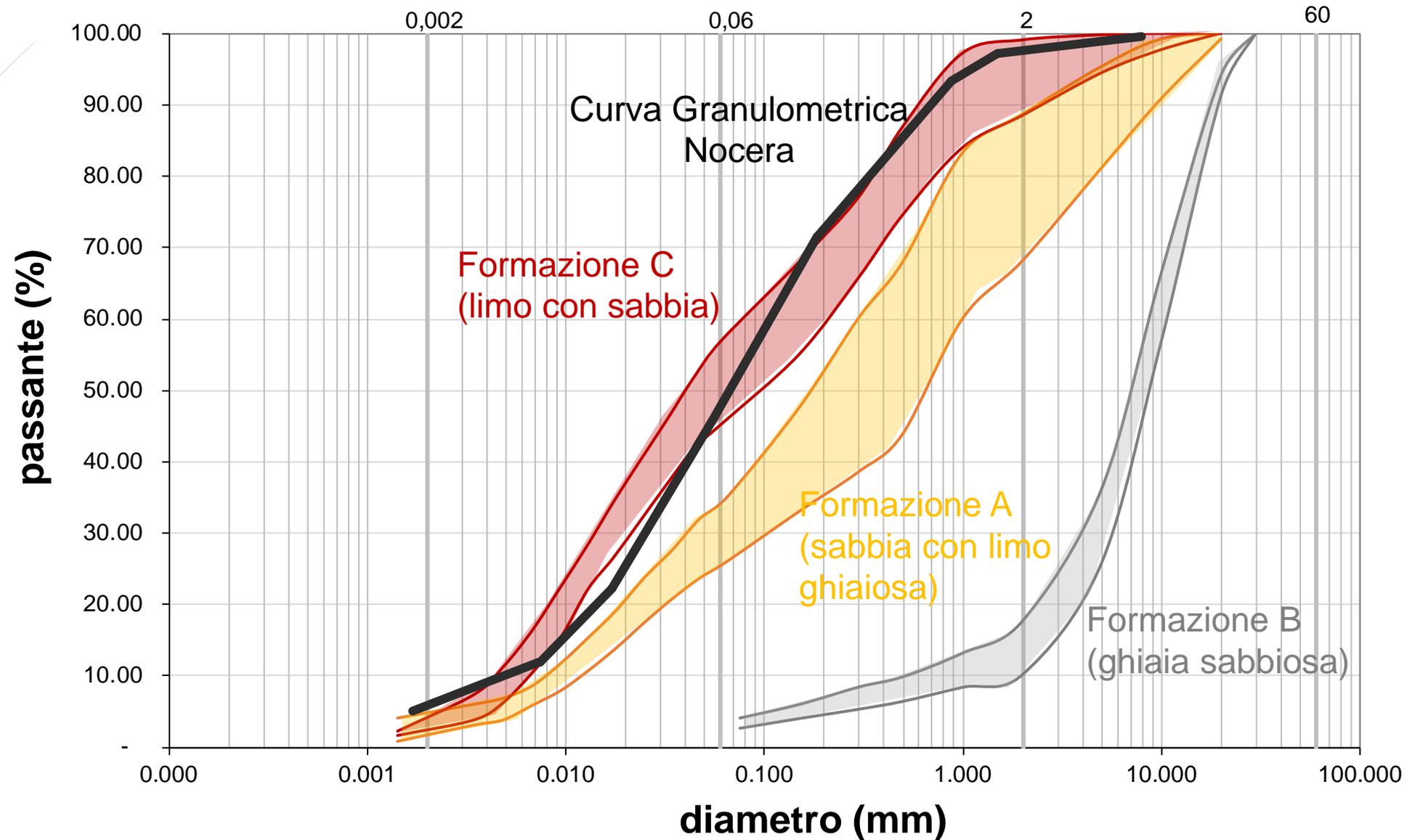
$C_h$  calore specifico del terreno  
 $\lambda$  conducibilità termica del terreno  
 $P$  pressione atmosferica  
 $\rho_w$  densità dell'acqua  
 $L_v$  calore latente di vaporizzazione

$m_2^w$  pendenza curva di ritenzione  
 $k_w$  conducibilità idraulica  
 $D_v$  diffusività del vapore nel terreno  
 $M_w$  peso molecolare dell'acqua  
 $R$  costante dei gas ideali

# STRATIGRAFIA E GRANULOMETRIA



Santo, 2017

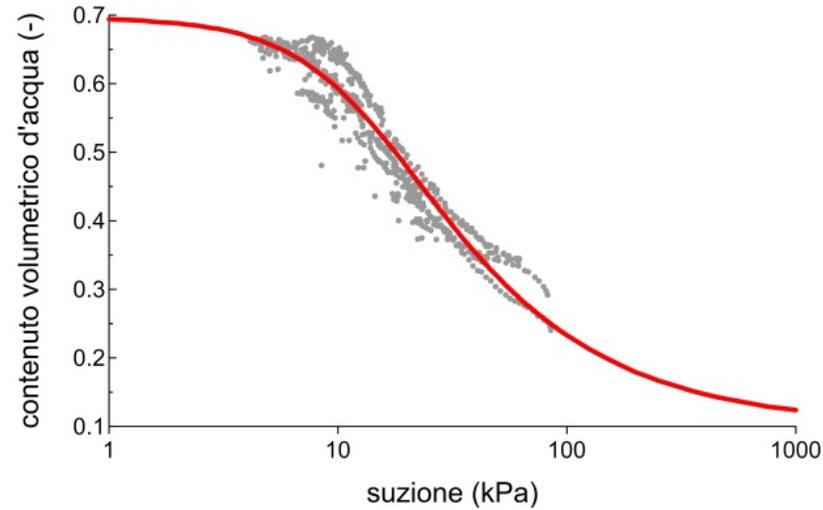


# PROPRIETA' IDRAULICHE E TERMICHE

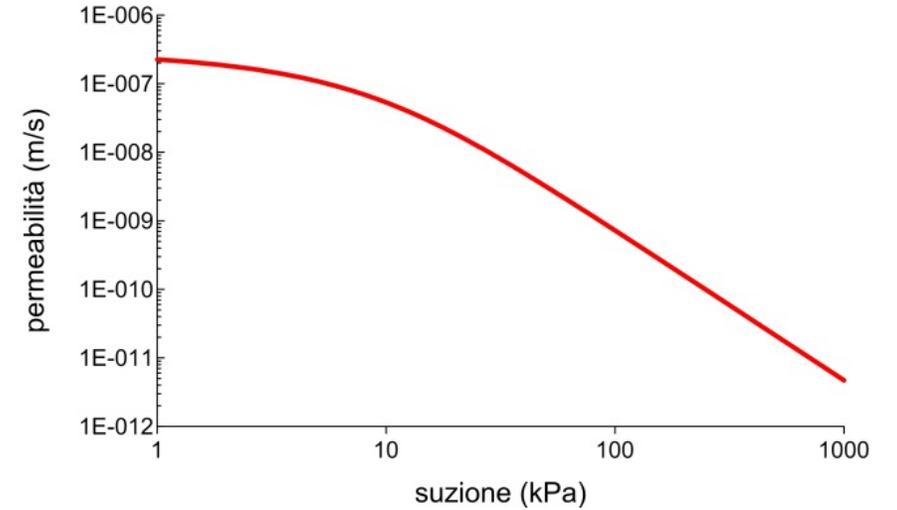


**Modello fisico di  
lisimetro  
(Rianna et al, 2014)**

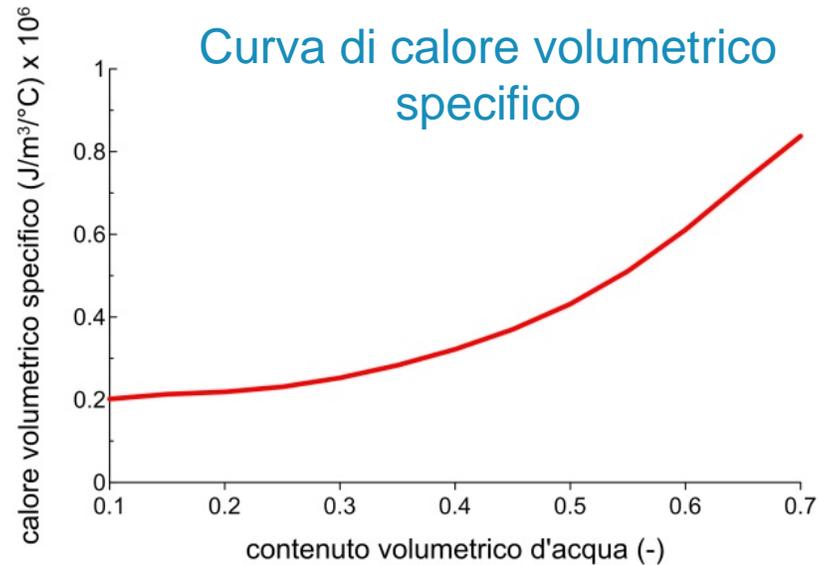
Curva di ritenzione



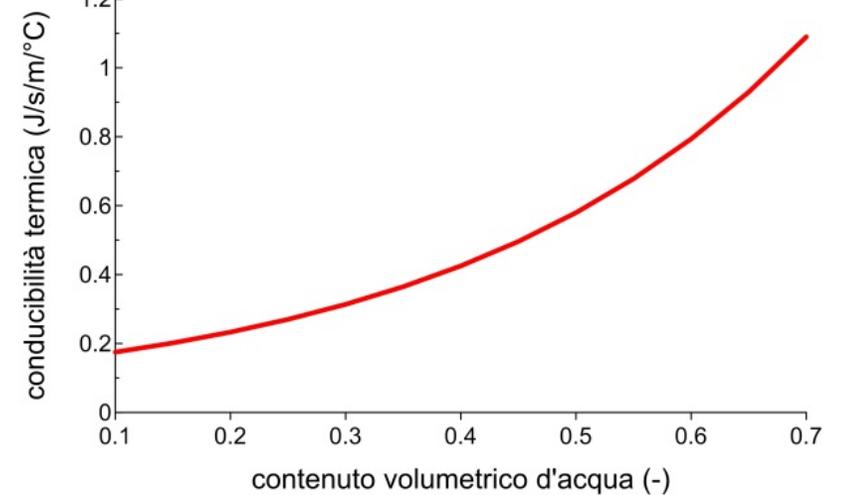
Curva di permeabilità



Curva di calore volumetrico  
specifico



Curva di conducibilità termica



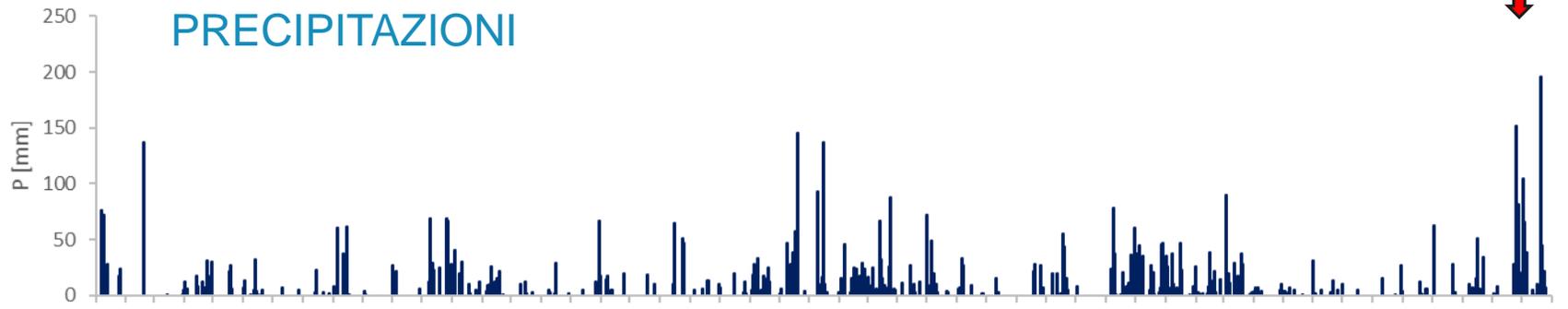
**Reder et al (2018)**

# FORZANTI ATMOSFERICHE

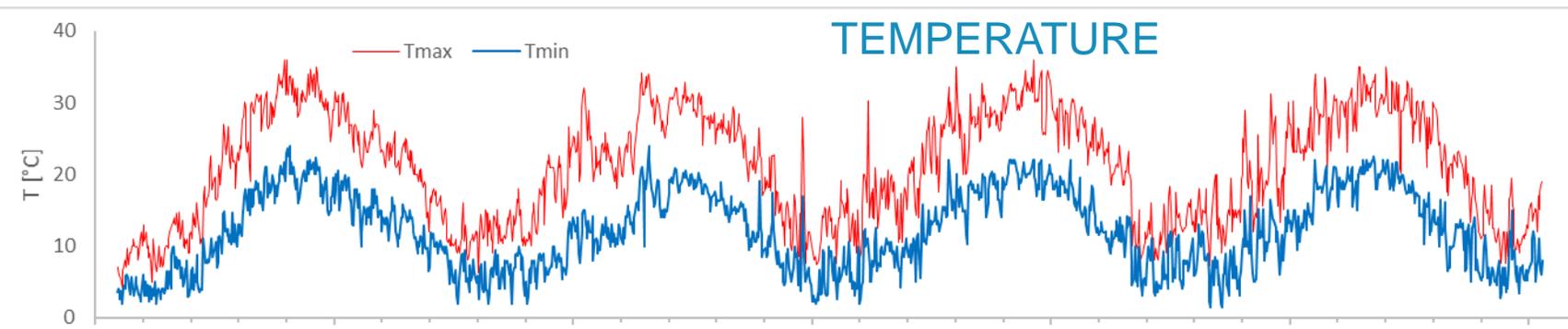
FRANA



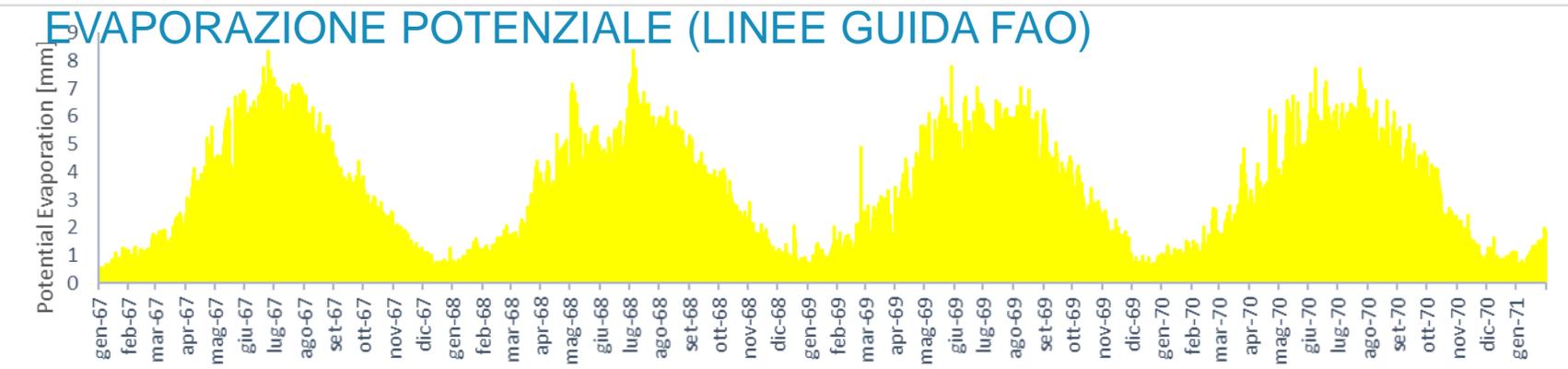
## PRECIPITAZIONI



## TEMPERATURE

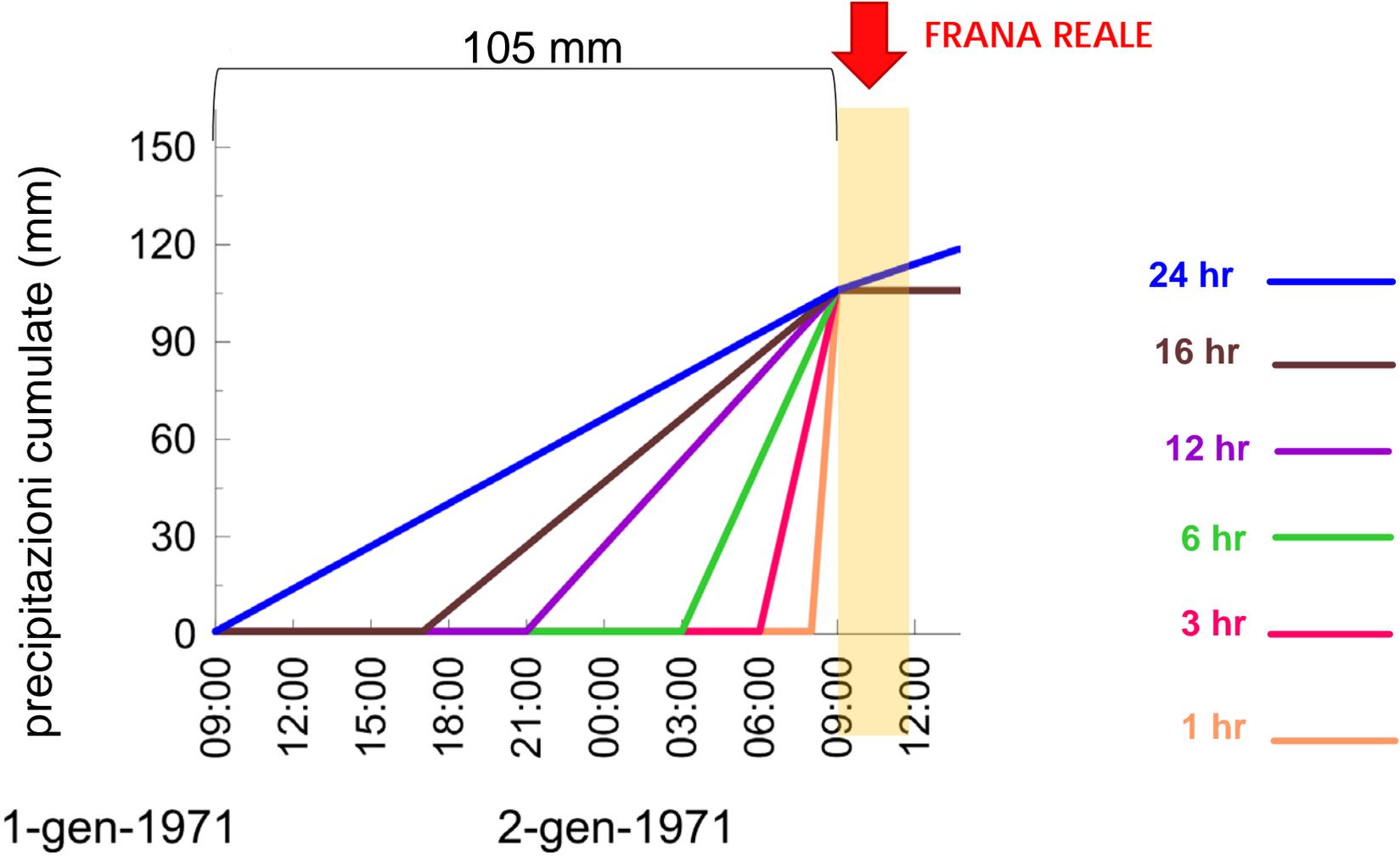


## EVAPORAZIONE POTENZIALE (LINEE GUIDA FAO)

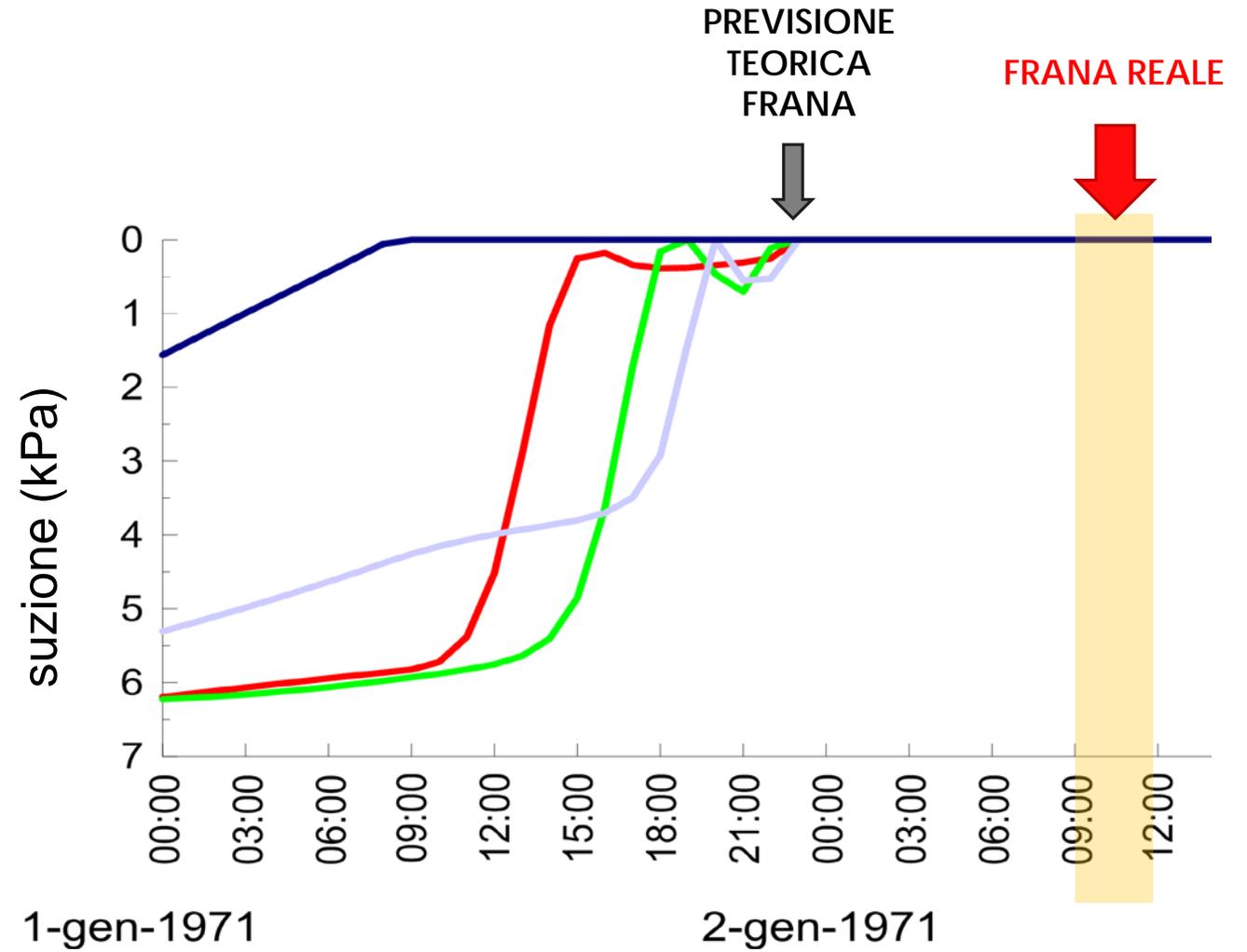
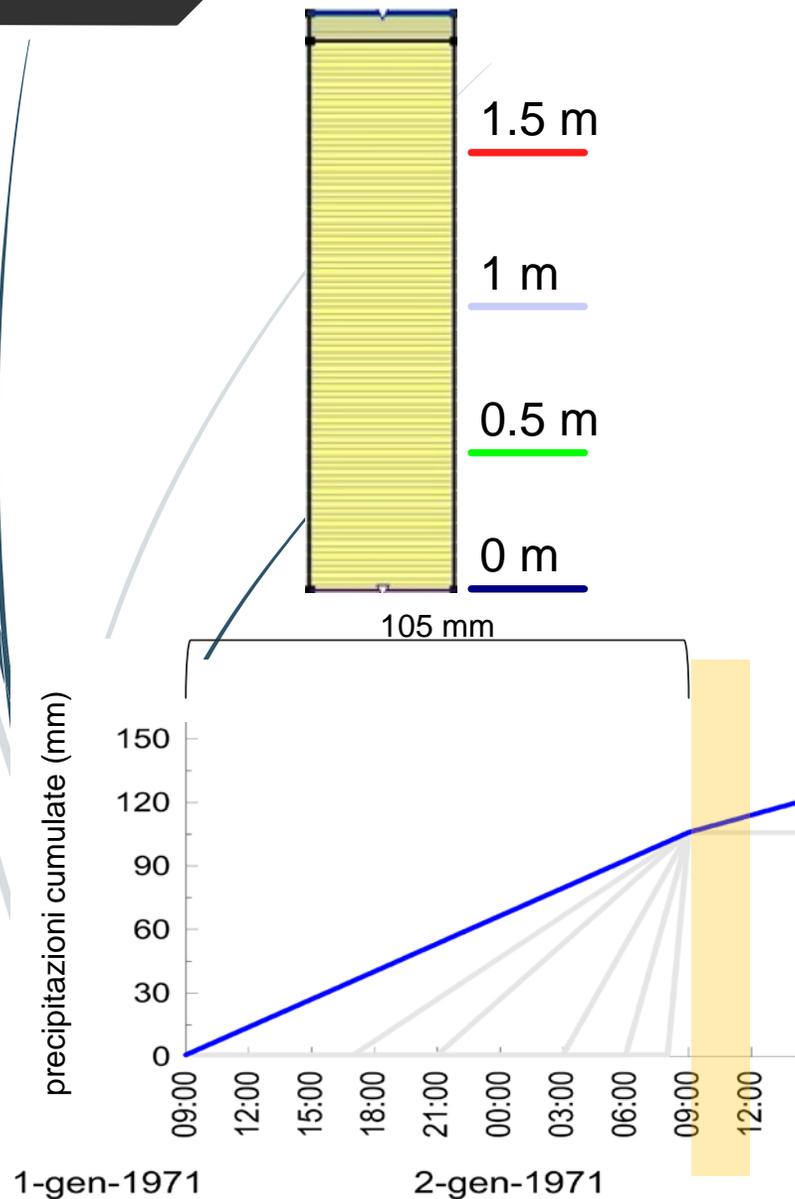




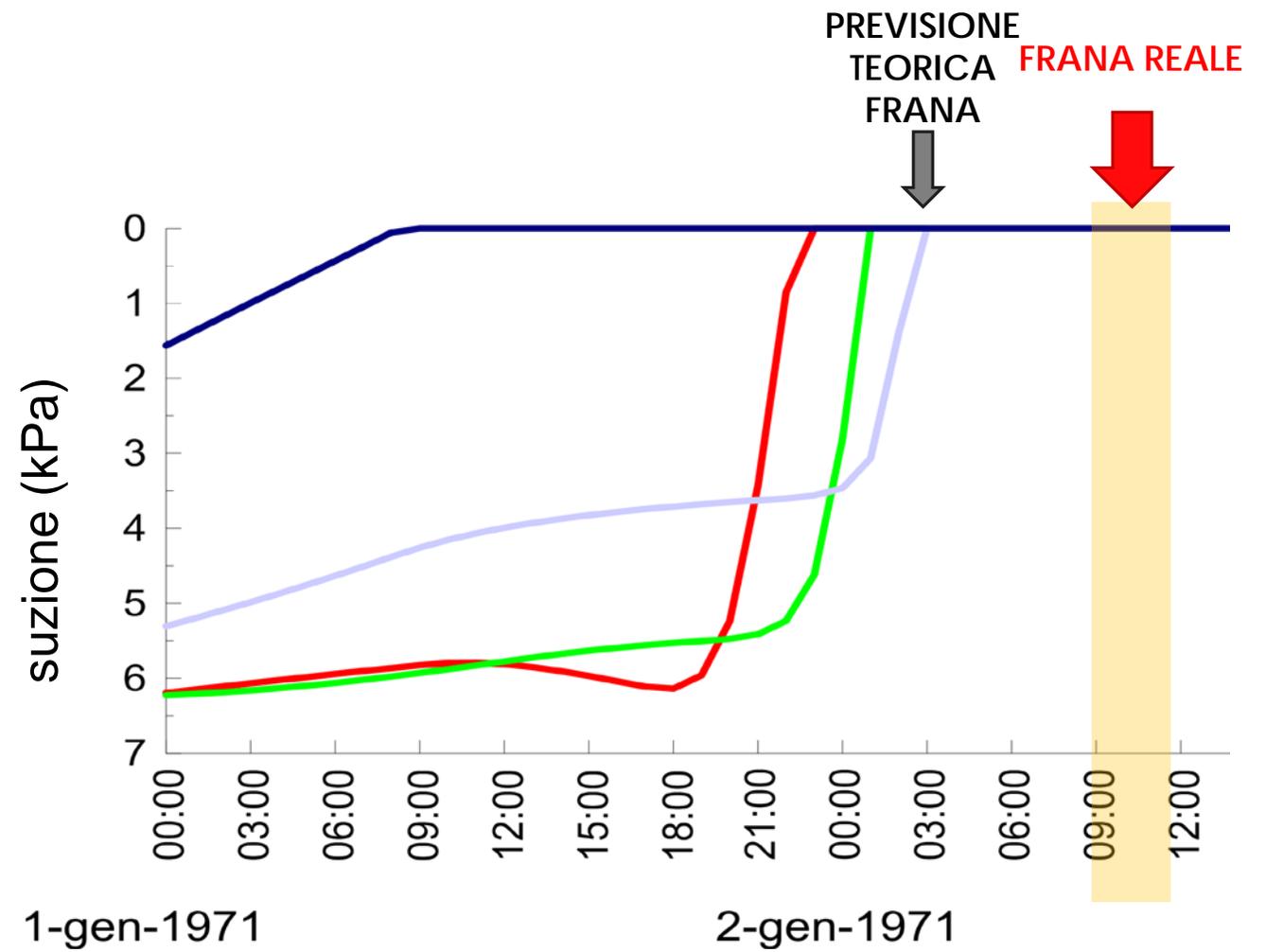
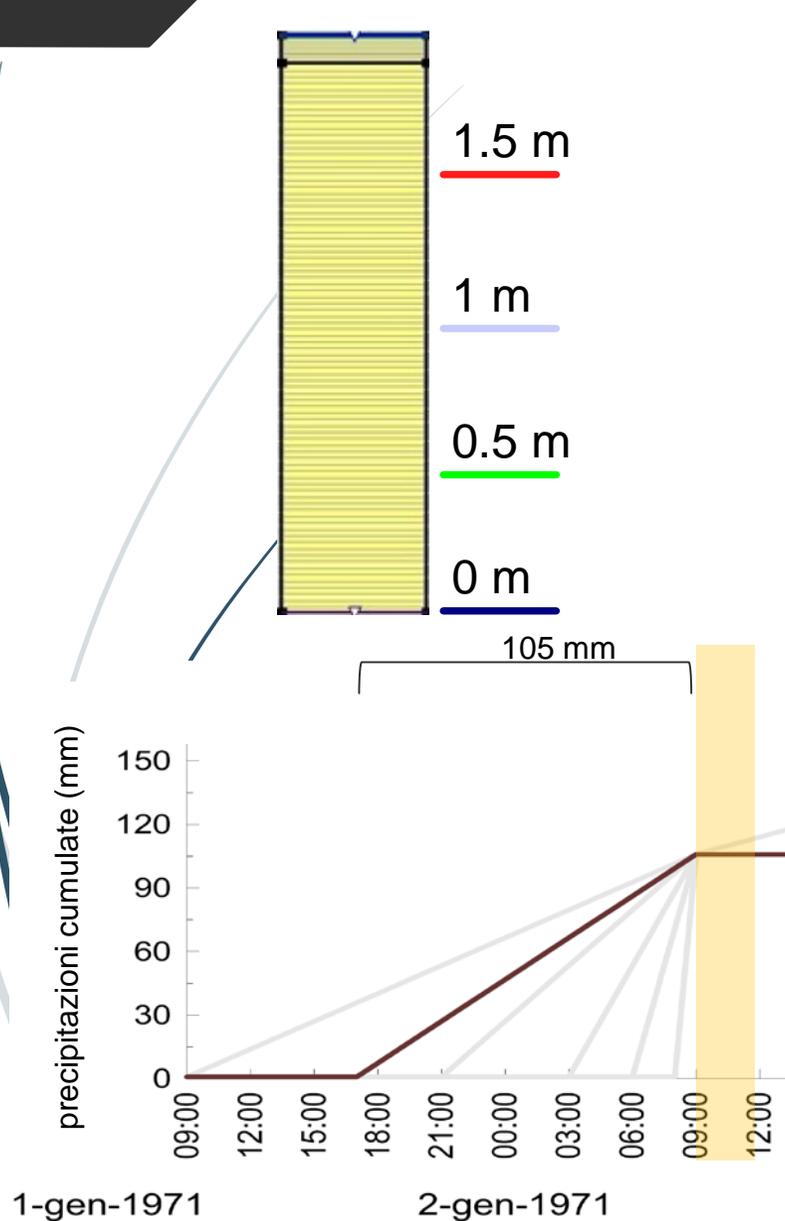
# SCENARI DI PRECIPITAZIONE



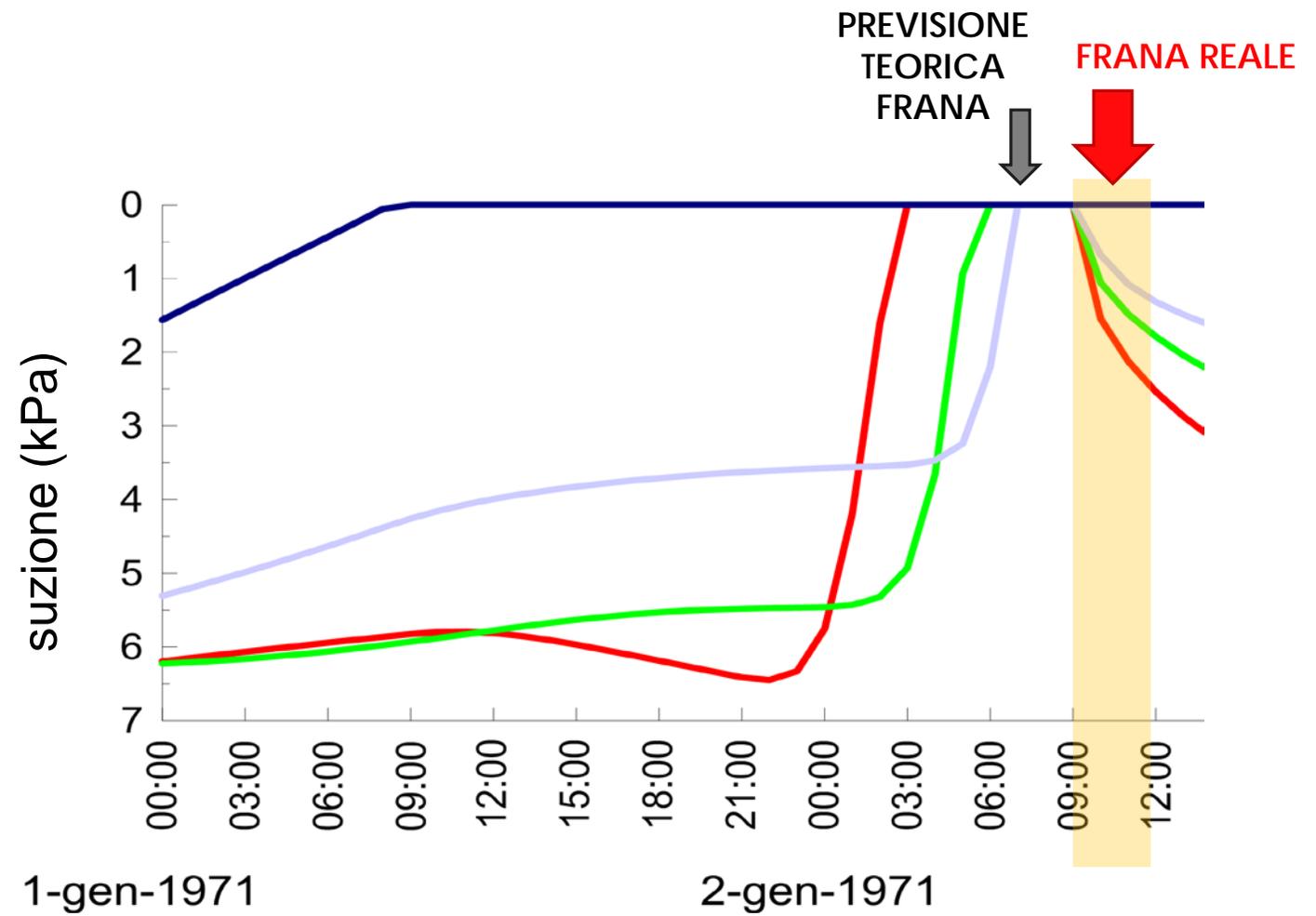
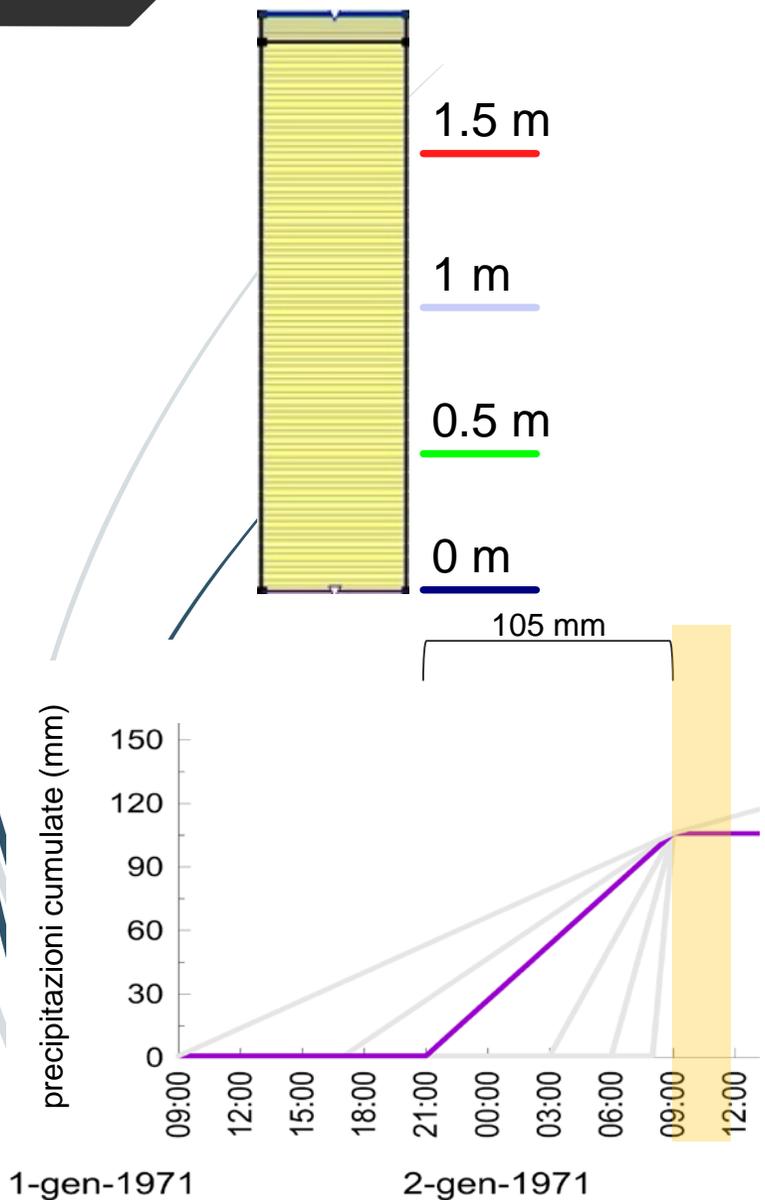
# SCENARIO 1: PIOGGIA COSTANTE SU 24 ORE



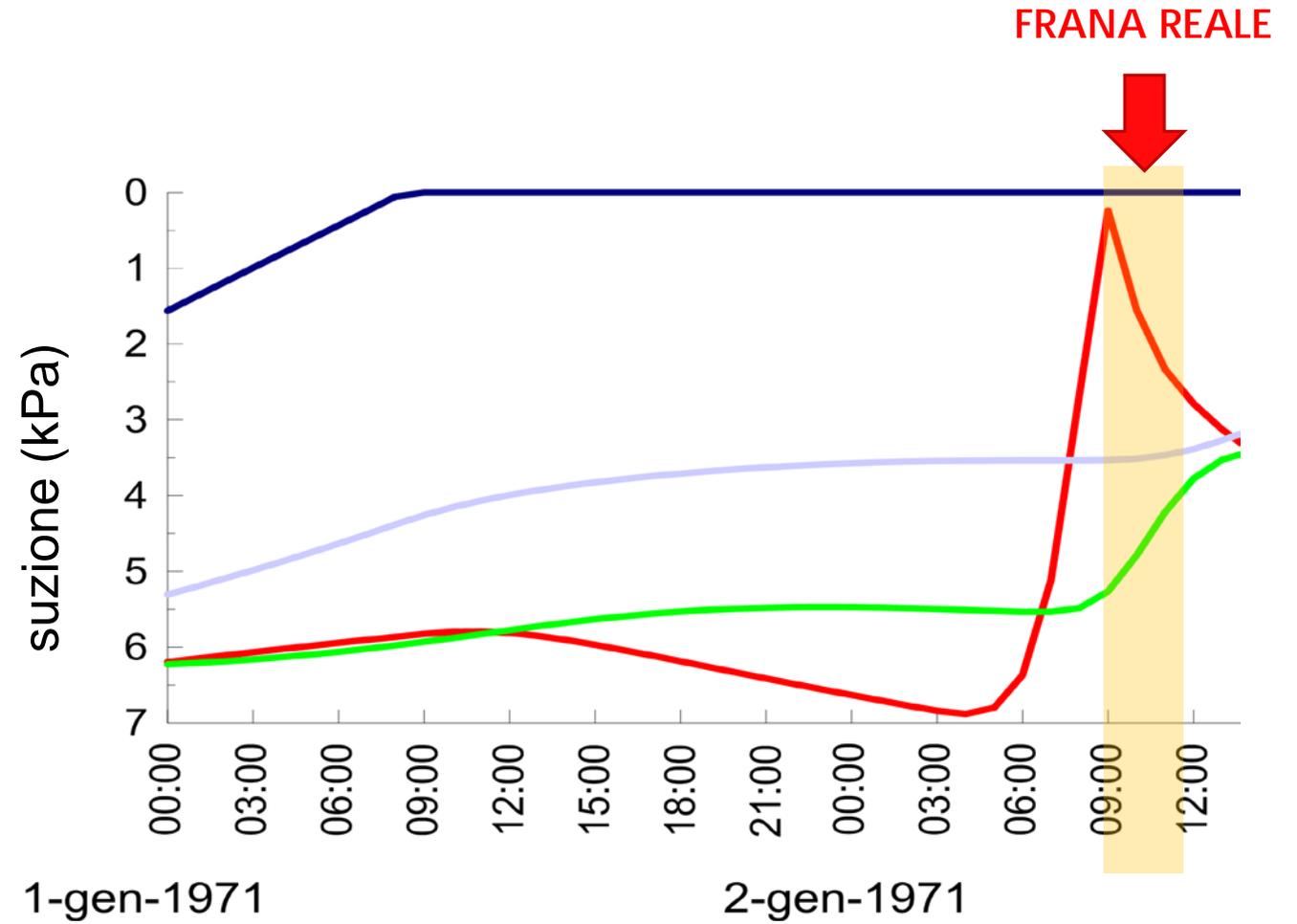
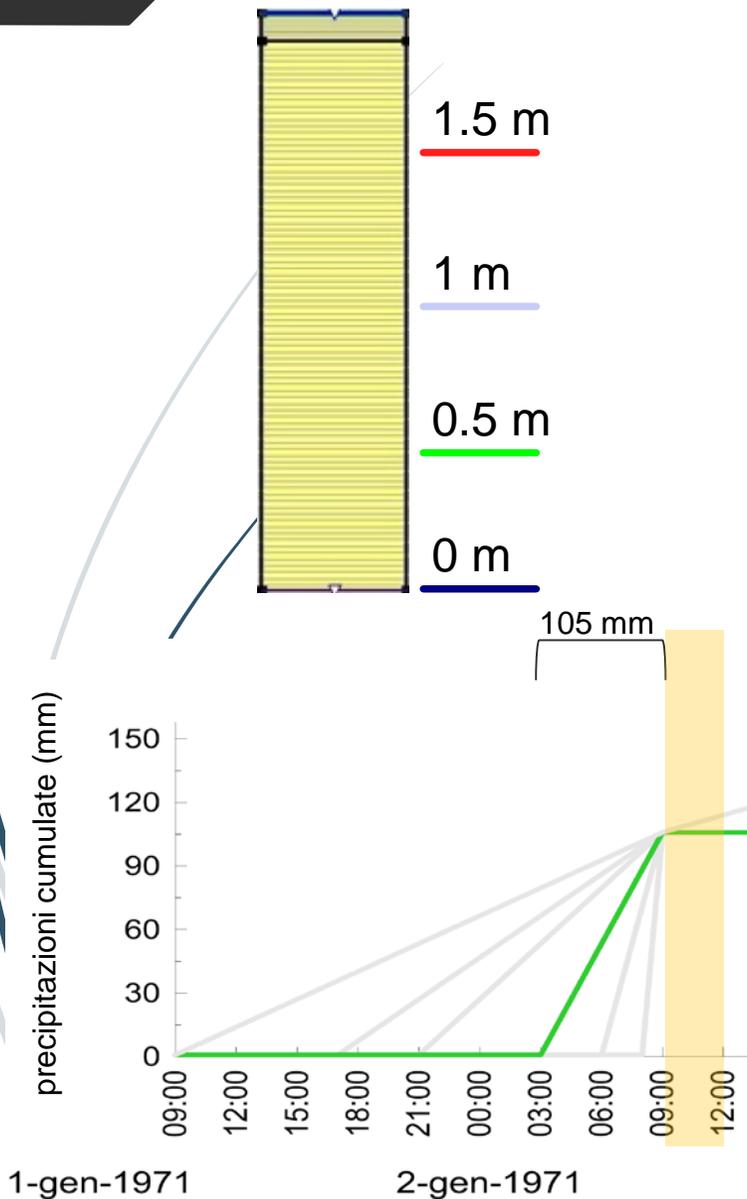
# SCENARIO 2: PIOGGIA COSTANTE SU 16 ORE



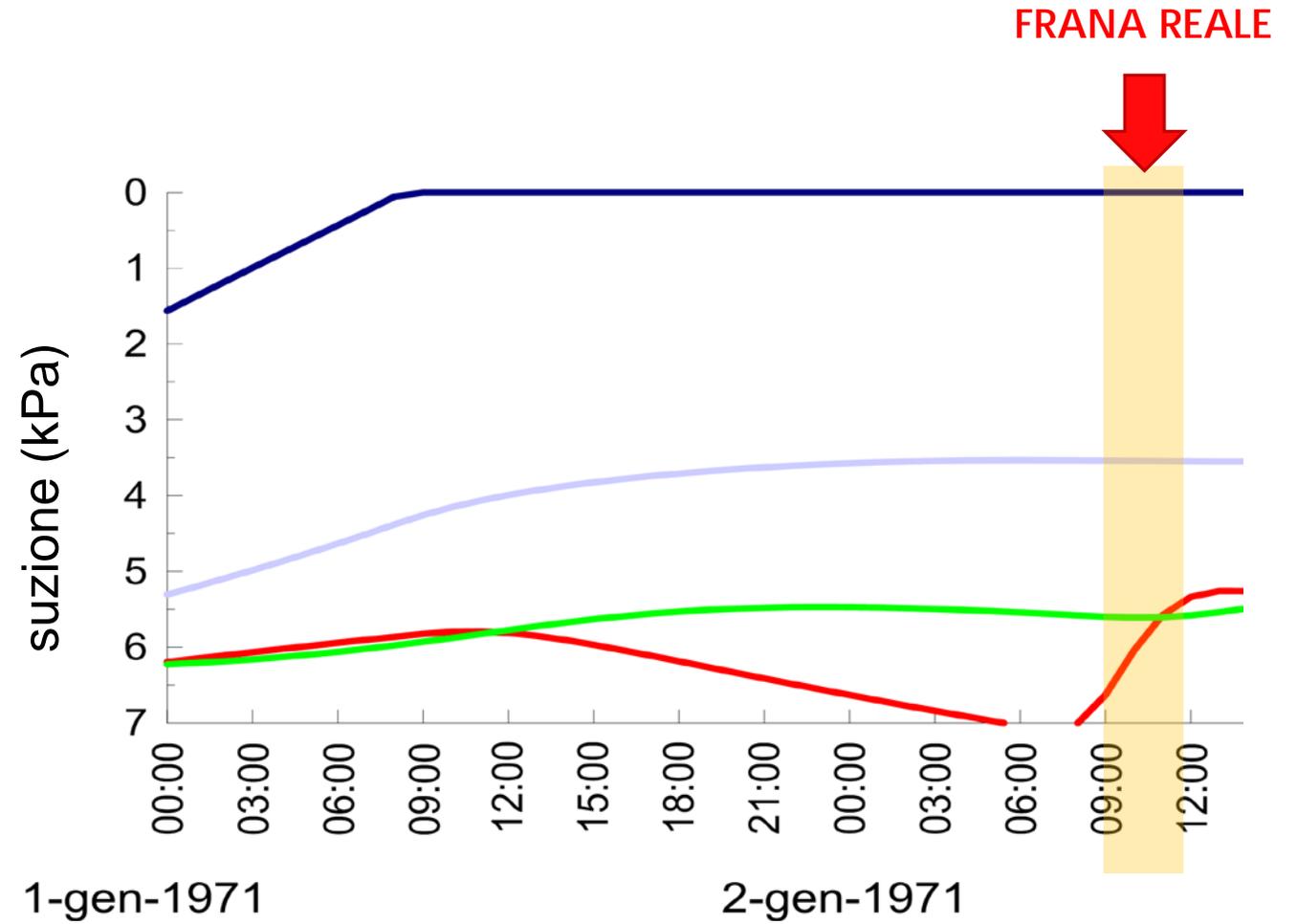
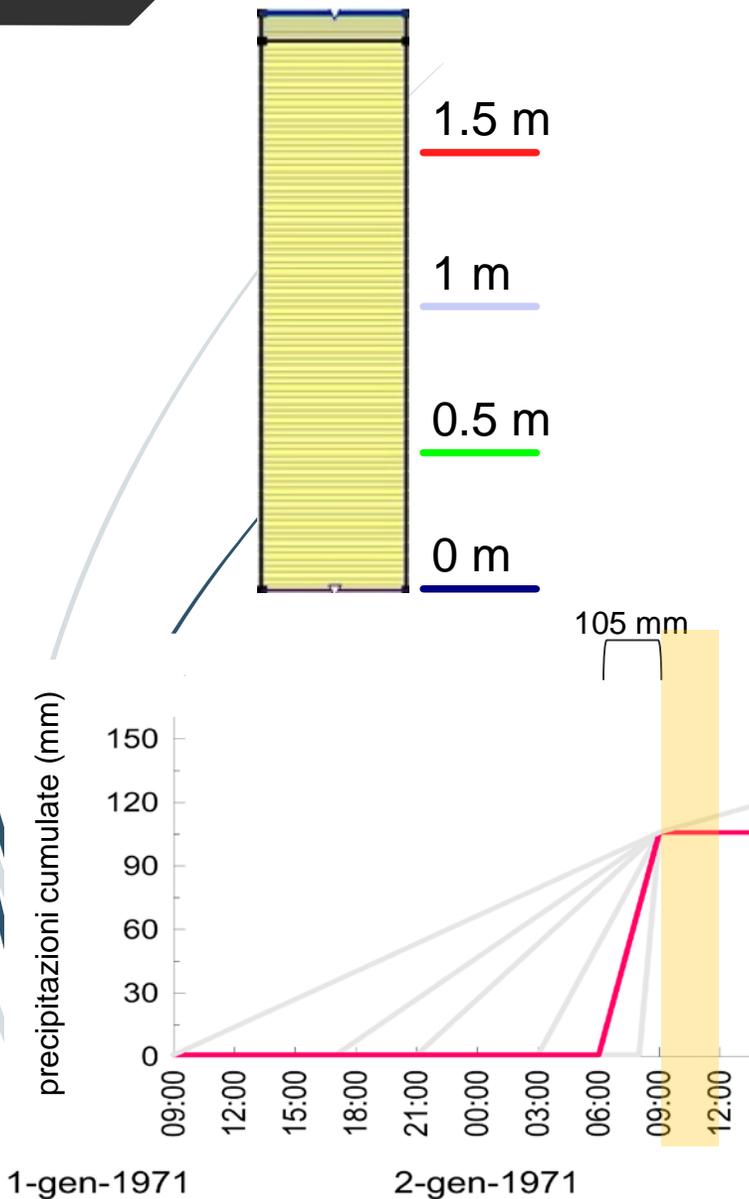
# SCENARIO 3: PIOGGIA COSTANTE SU 12 ORE



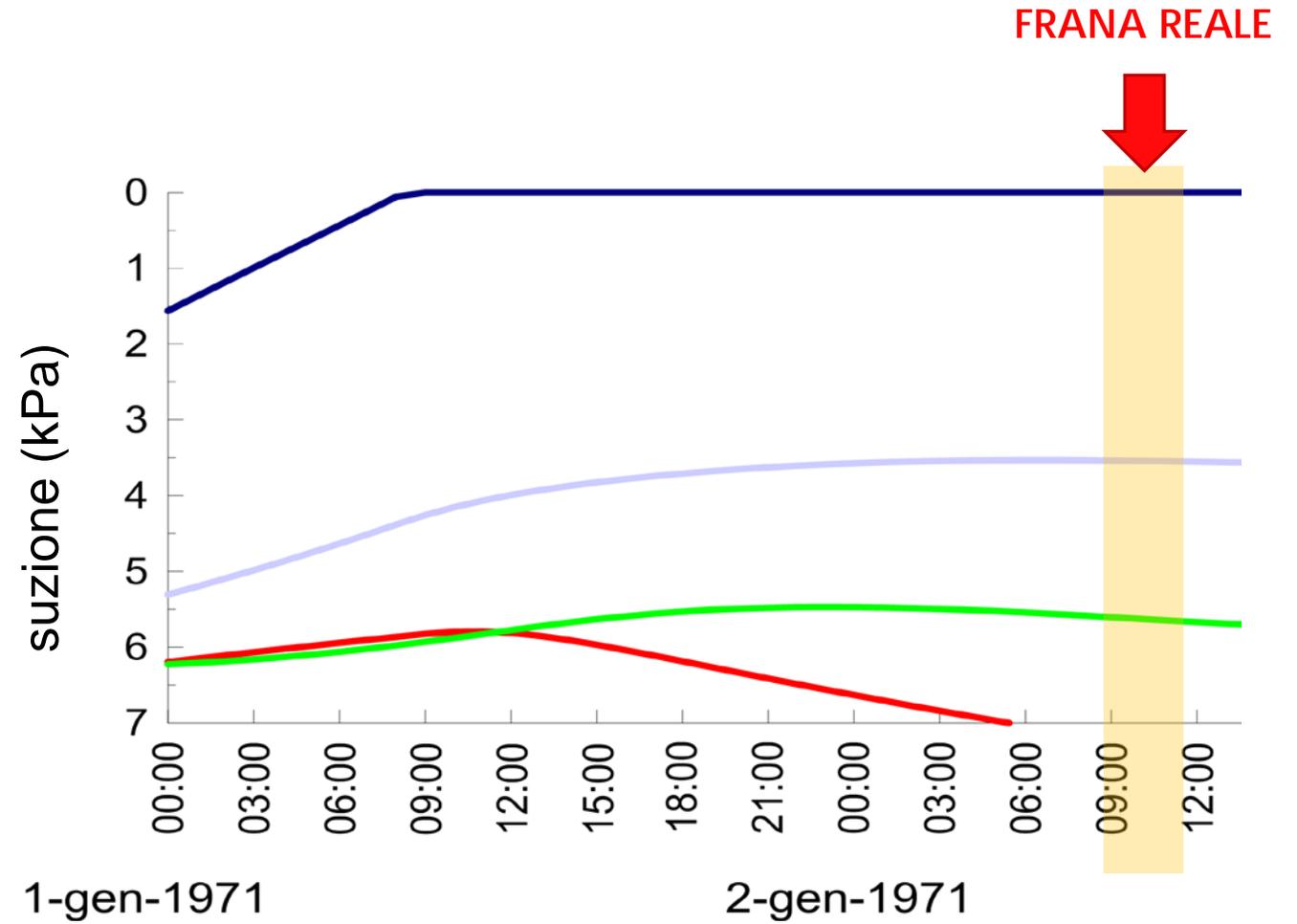
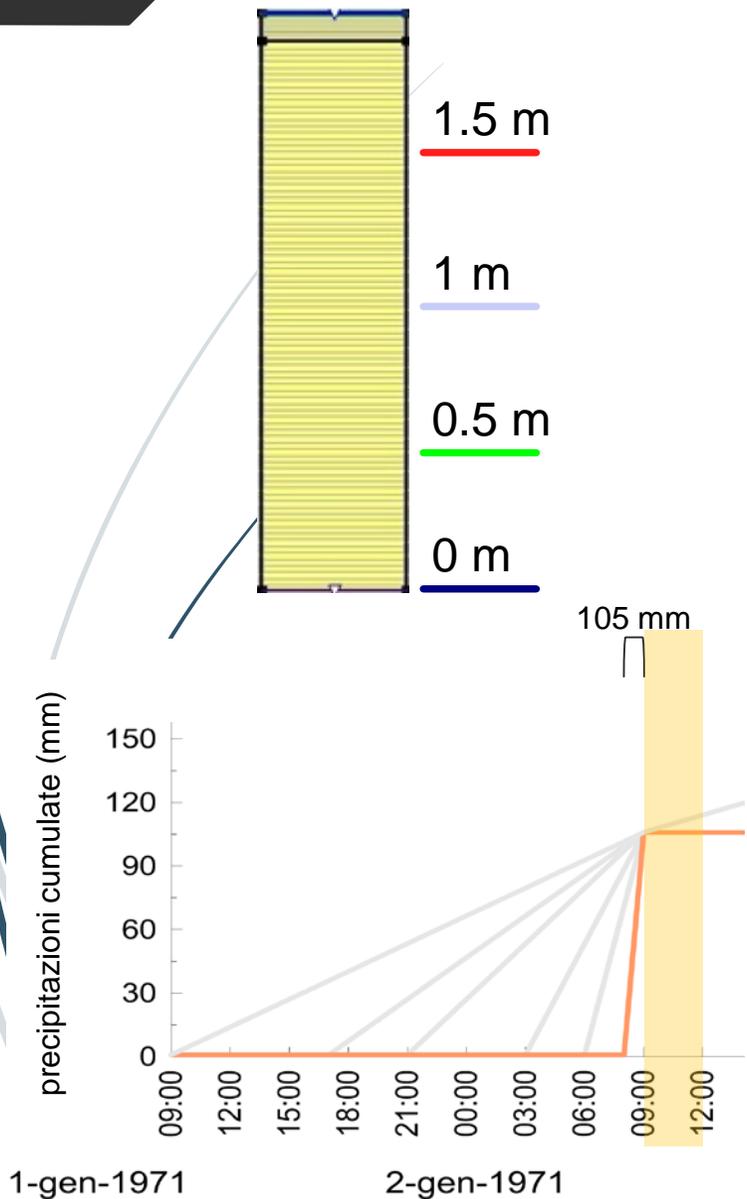
# SCENARIO 4: PIOGGIA COSTANTE SU 6 ORE



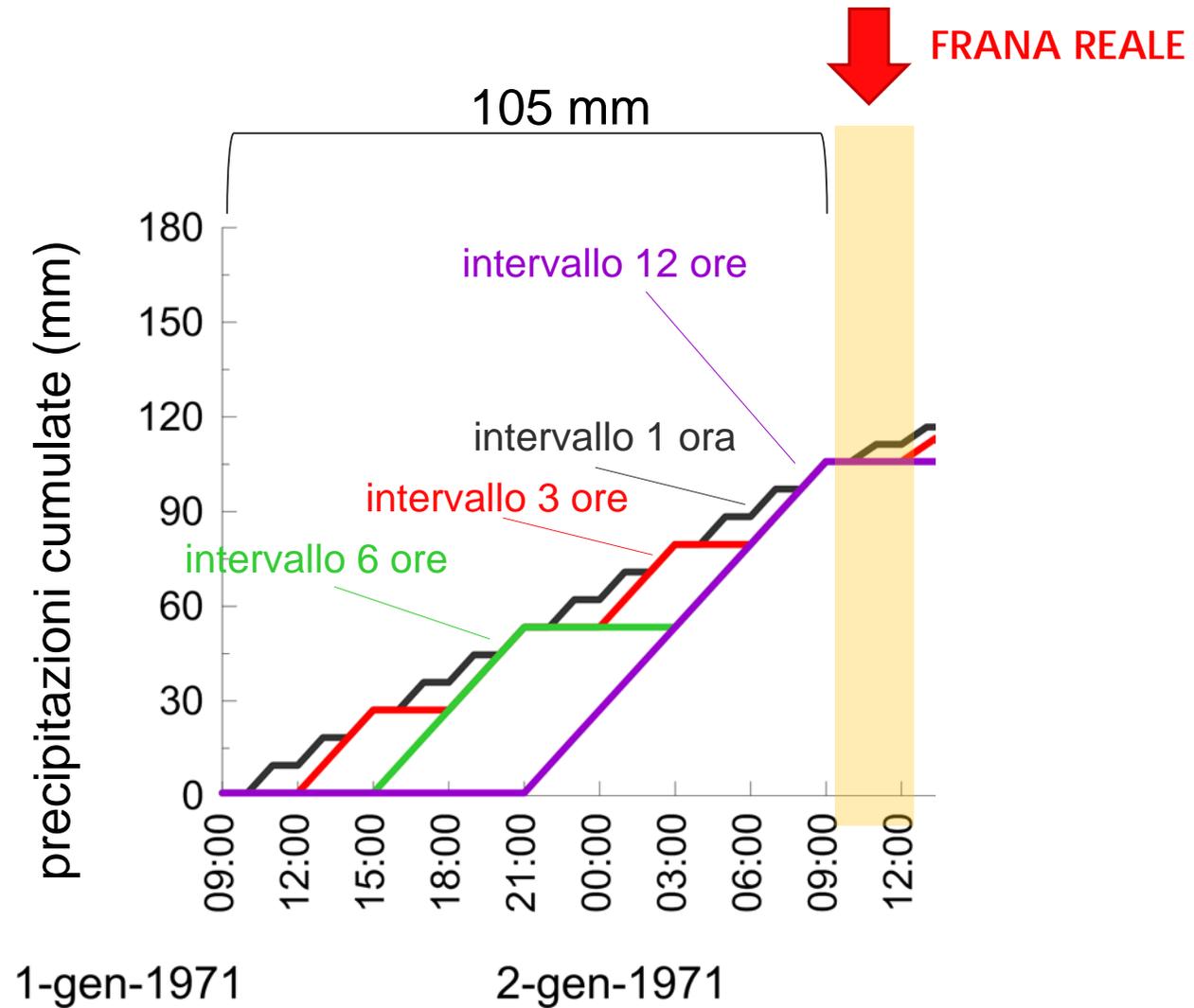
# SCENARIO 5: PIOGGIA COSTANTE SU 3 ORE



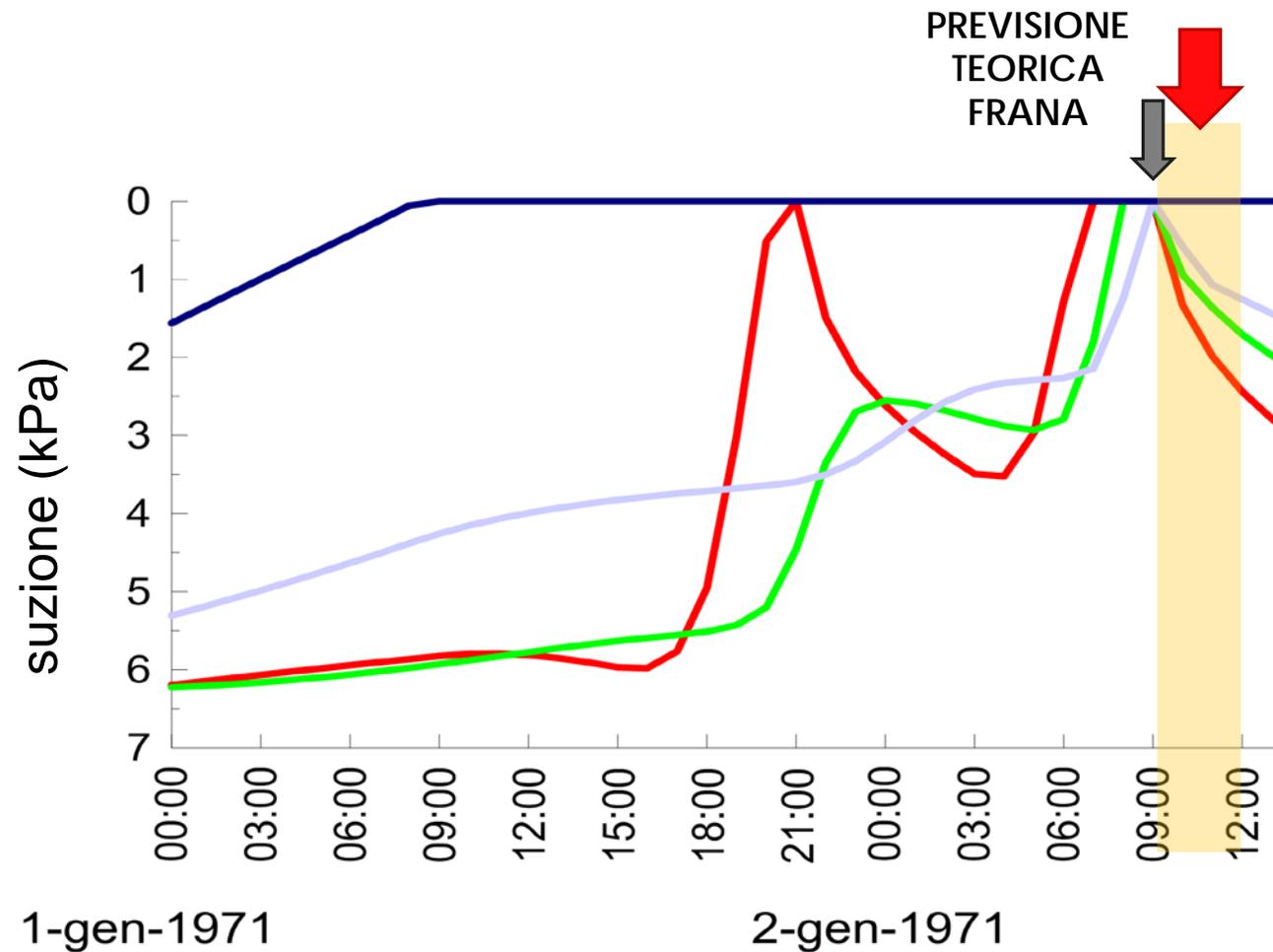
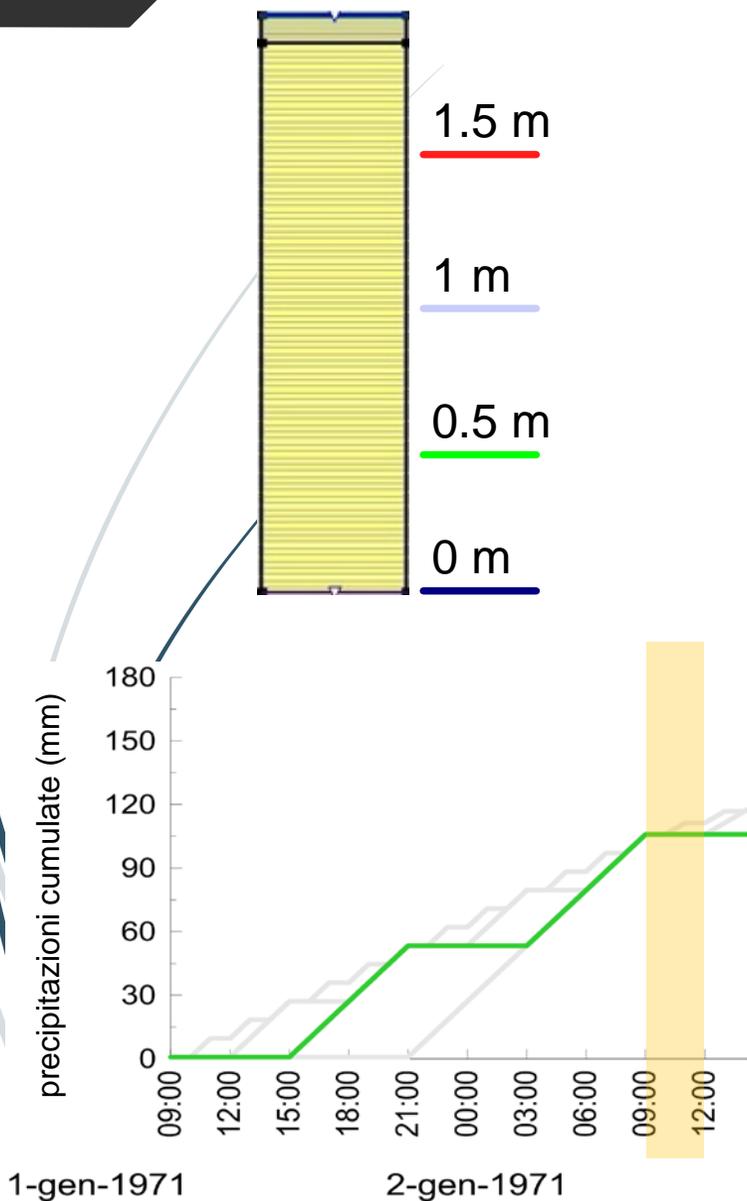
# SCENARIO 6: PIOGGIA COSTANTE SU 1 ORA



# RUOLO DELLA PERSISTENZA (SCENARIO 3 – 12 ORE)



# SCENARIO 7: PIOGGIA COSTANTE SU INTERVALLO DI 6 ORE (TIMING 12 ORE)



# CONCLUSIONI

Dalle analisi e dalle ipotesi formulate la sequenza oraria che ha probabilmente innescato l'evento di Monte Pendolo '71, è quella di precipitazioni distribuite su 12 ore.



**GRAZIE PER  
L'ATTENZIONE**