

Regional Impact of Climatic Change in Lombardy Water Resources: Modelling and applications (RICLIC-WARM)

***Stima della ricarica della falda,
con l'utilizzo di modelli del non saturo***

L. Fumagalli

Dip. di Scienze dell'Ambiente e del Territorio, Università degli Studi di Milano-Bicocca

Caratteri dell'area



Terrazzi
non ferretizzati (Riss)

RI1

MUGGIO'

RA1

Terrazzi ferretizzati
(Mindel)

Pianura Fluvioglaciale

LG1

MASATE

MELZO

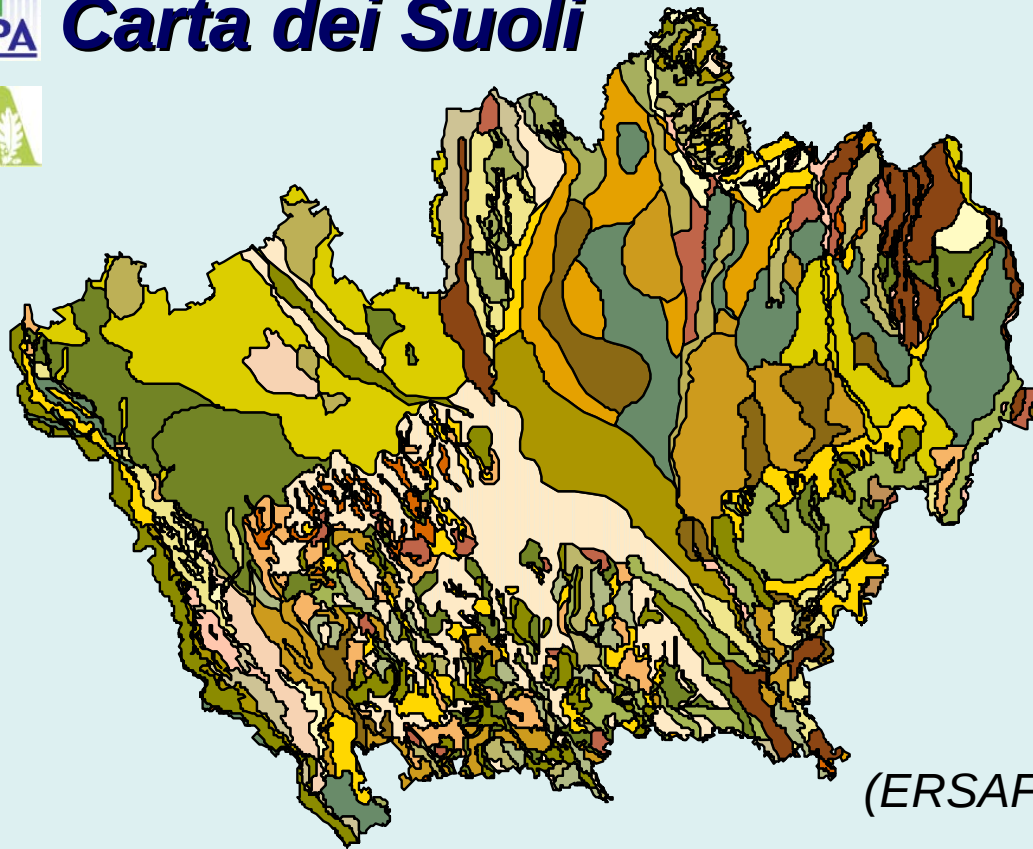
Piana Fluvioglaciale
idromorfa

(ERSAF, Lombardia)

ROZZANO

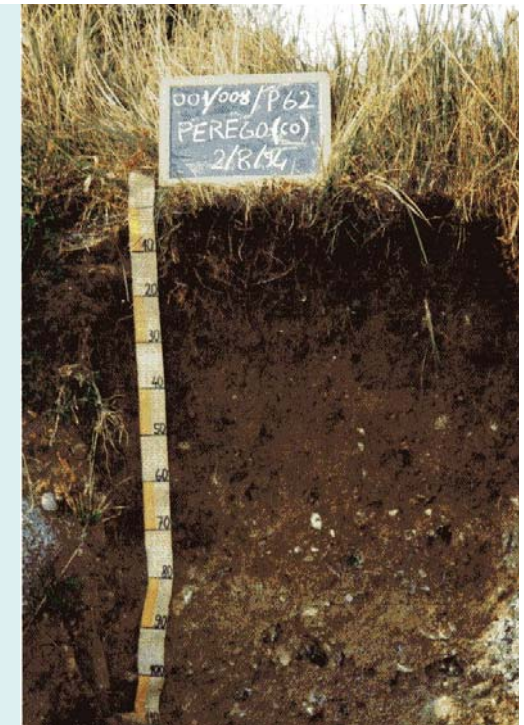
LQ5

Carta dei Suoli



(ERSAF)

- ✓ Numero e spessore orizzonti;
- ✓ Tessitura (% sabbia, % limo e % argilla);
- ✓ Scheletro (%);
- ✓ Densità apparente (g/cm³);
- ✓ Struttura (dimensione, forma e grado);
- ✓ Sostanza Organica (%);
- ✓ Classi di permeabilità.



Profili

MUGGIO'

MASATE

LG1

RA1

A
B

BC-C

SUBS

A

B

SUBS

MELZO

LQ5

ROZZANO

LQ5

A

B

SUBS

A

B

BC-C

SUBS

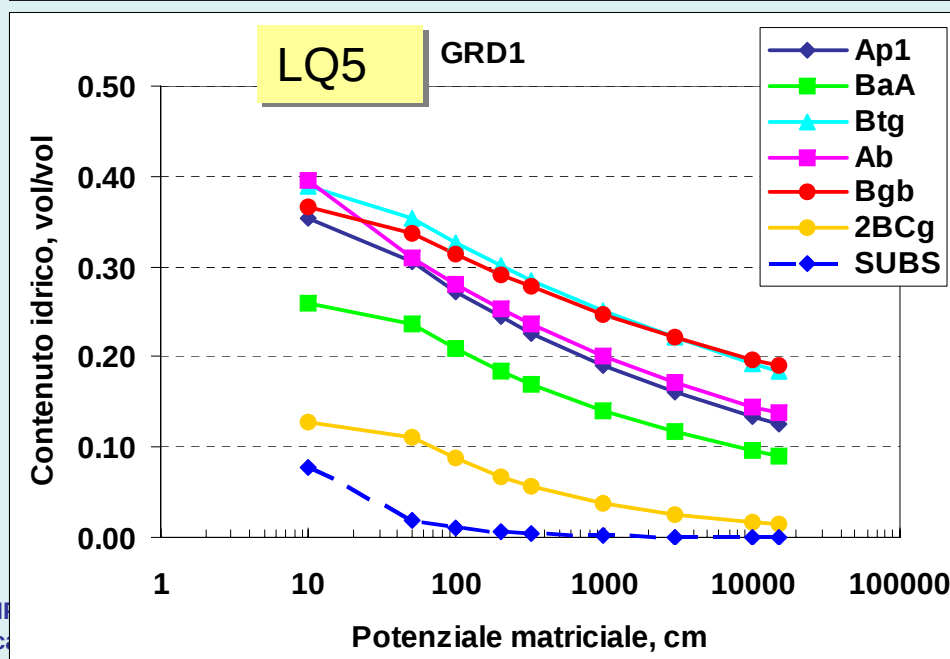
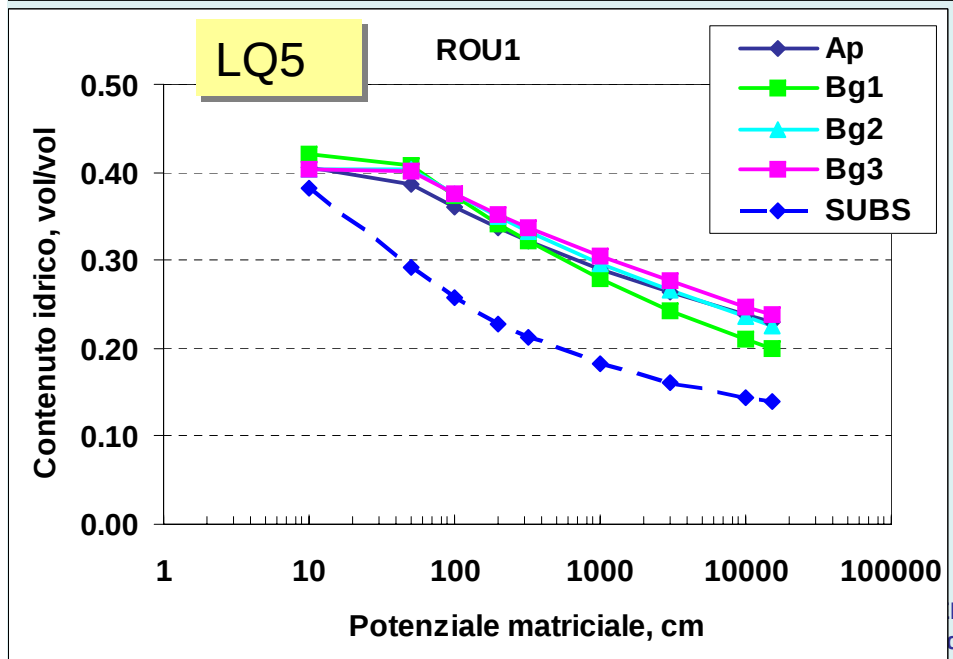
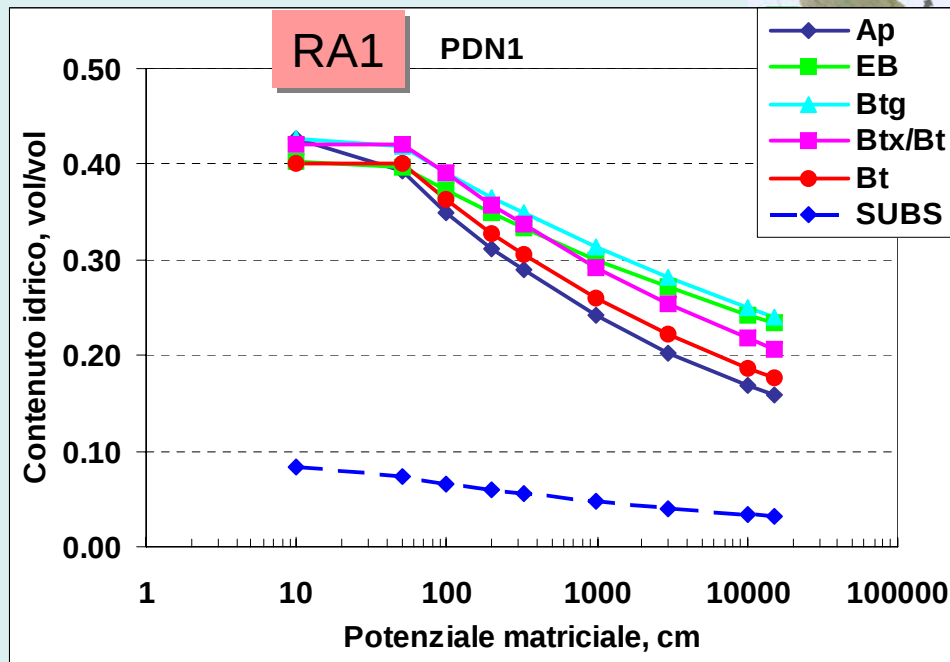
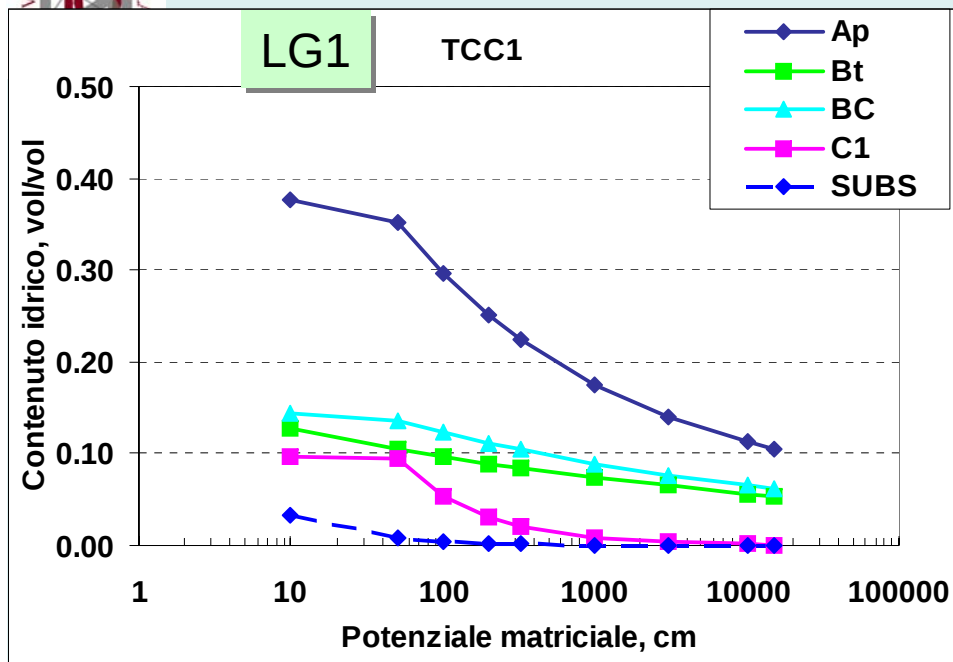
20 m

6 m

6 m

40 m

Curve di Ritenzione



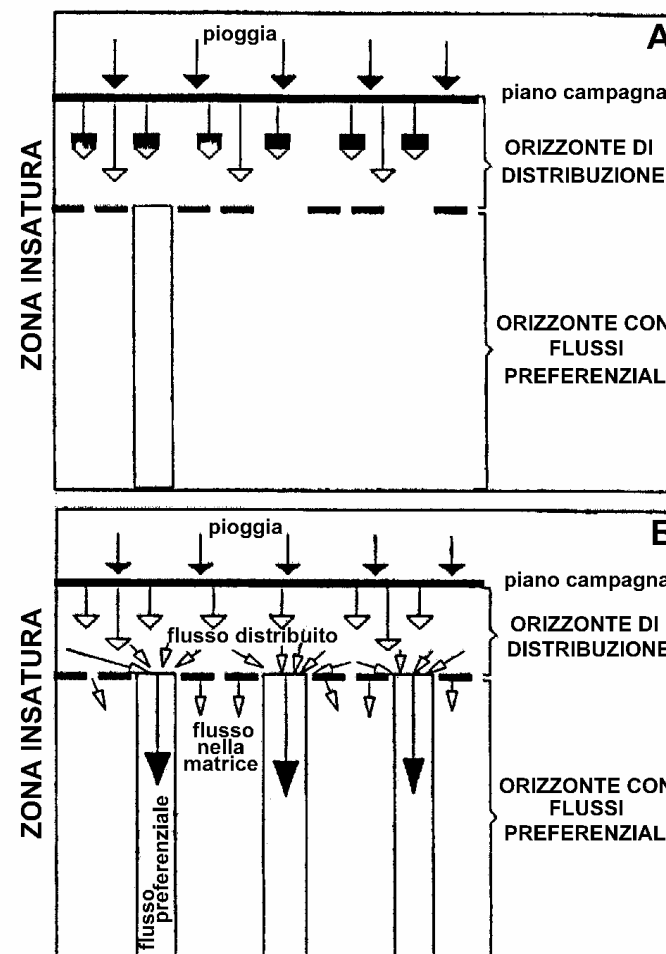
MODELLAZIONE

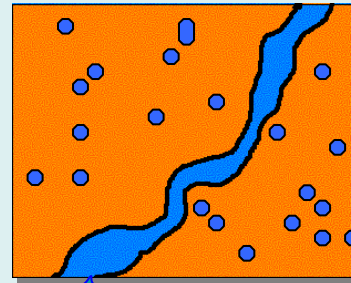
Simulazione dei flussi idrici nel mezzo non saturo



MACRO

flusso idrico in suoli di campo a doppia porosità (micro e macro)





MACROPOROSITA'

Flusso idrico: gravitativo, Darcy

$$q_{ma} = (K_s - K_b) * (S_{ma})^n$$

Saturazione dei macropori

$$S_{ma} = \frac{\theta_{ma}}{\theta_s - \theta_b}$$

MACRO

(Jarvis, 1994)



MICROPOROSITA'

Flusso idrico: Equazione di Richards

Proprietà idrauliche del suolo:
Modello di Brook e Corey (1964)
modello di Mualem (1976)

$$\psi_{mi} = \psi_b S_{mi}^{-1/\lambda}$$

$$K_{mi} = K_b S_{mi}^{n+2+2/\lambda}$$

Saturazione dei micropori

$$S_{mi} = \frac{\theta_{mi} - \theta_r}{\theta_b - \theta_r}$$



MACRO (*Jarvis, 1994*)

- *Modello di flusso 1D*
- *Terreno stratificato*



VARIABILI GUIDA:

CLIMA
dati giornalieri

- Precipitazioni
- Temperature minime;
- Temperature massime.
- Evapotraspirazione (**Hargreves**)

PARAMETRI DI INPUT

SUOLO

geometria del profilo

caratteristiche
fisico- idrologiche

COLTURA

gestione agronomica

parametri colturali

IRRIGAZIONE

- entità
- distribuzione

Condizioni iniziali e al contorno

VARIABILI GUIDA



STAZIONI METEOREOLOGICHE

Milano Brera 1951-2005 (1971-2005)

Monza 1979-2005

PARAMETRI DI INPUT

COLTURA

- Terreno nudo
- Mais irriguo

Marchetti, et al., 2001

IRRIGAZIONE

Dati di letteratura (1980)
Villoresi e Martesana
- entità
- distribuzione

*Primo Bilancio Idrogeologico
della Pianura Mianese" (Beretta
G.P., et al., 1985)*

SUOLO Caratteristiche fisico- idrologiche

Pedofunzioni calibrate
e validate
(Ungaro, Calzolari, 2001)

Progetto SINA – RER, 2000

Curva di ritenzione

Lunghezza di diffusione

Permeabilità micropori

Permeabilità macropori

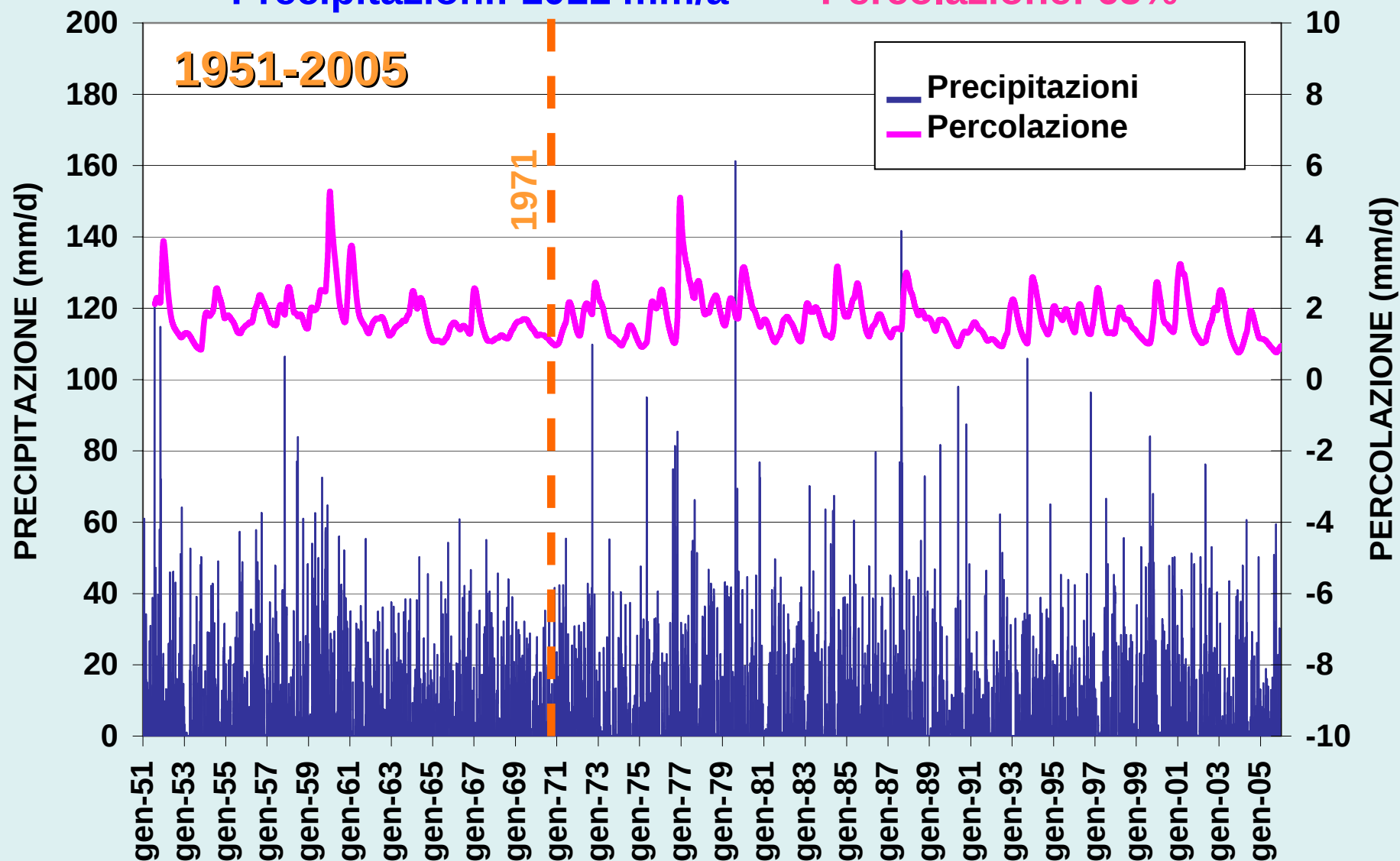
Muggiò (LG1 - Pianura Fluvioglaciale)

Stazione: Milano Brera – Uso: Terreno nudo



Precipitazioni: 1011 mm/a

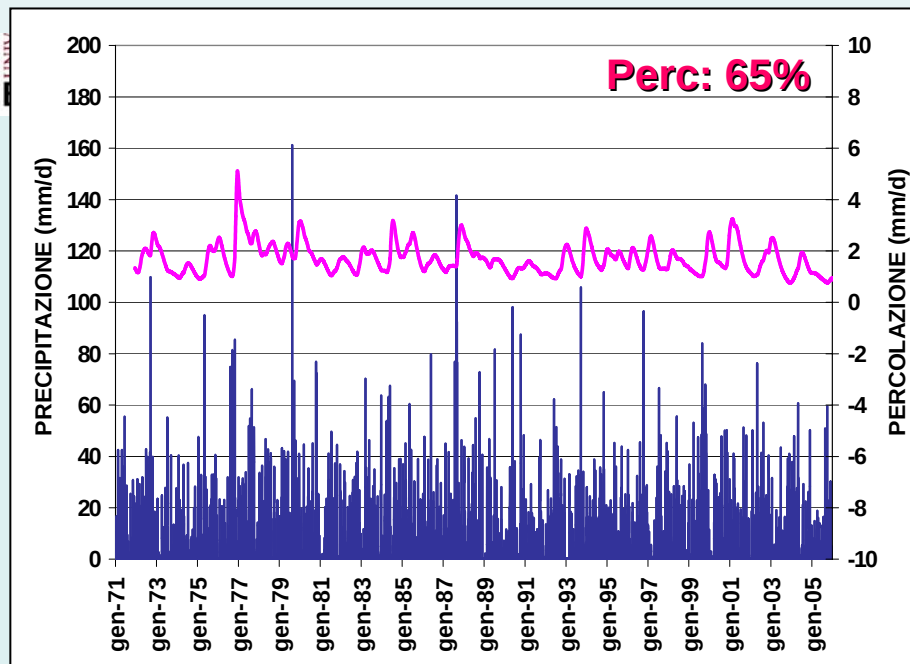
Percolazione: 65%



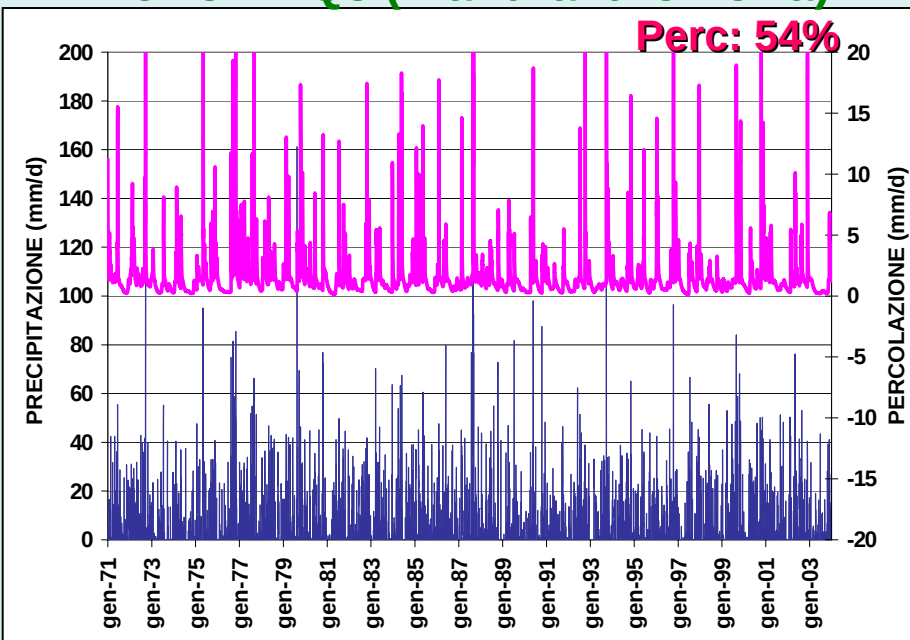
I CAMBIAMENTI CLIMATICI E LE VARIAZIONI SPAZIALI E TEMPORALI DELLE RISORSE IDRICHE NELLA REGIONE LOMBARDIA

Università Milano-Bicocca, Milano 21 Novembre 2007

Muggiò - LG1 (Pianura Fluvioglaciale)



Melzo - LQ5 (Pianura idromorfa)



ZONA INSATURA

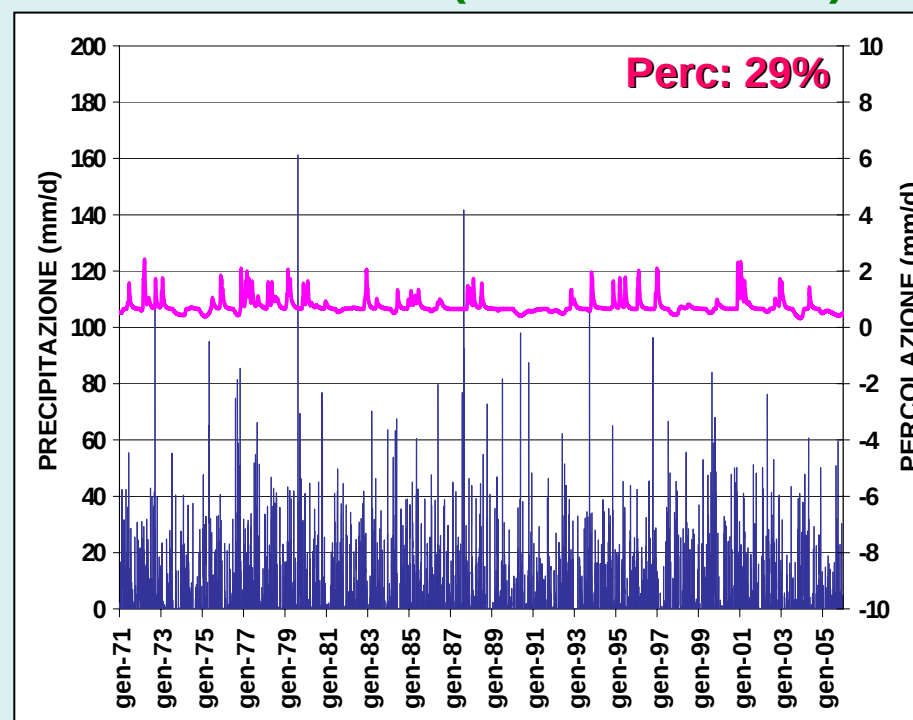
Stazione: Milano Brera

Periodo: 1971-2005

Uso: terreno nudo

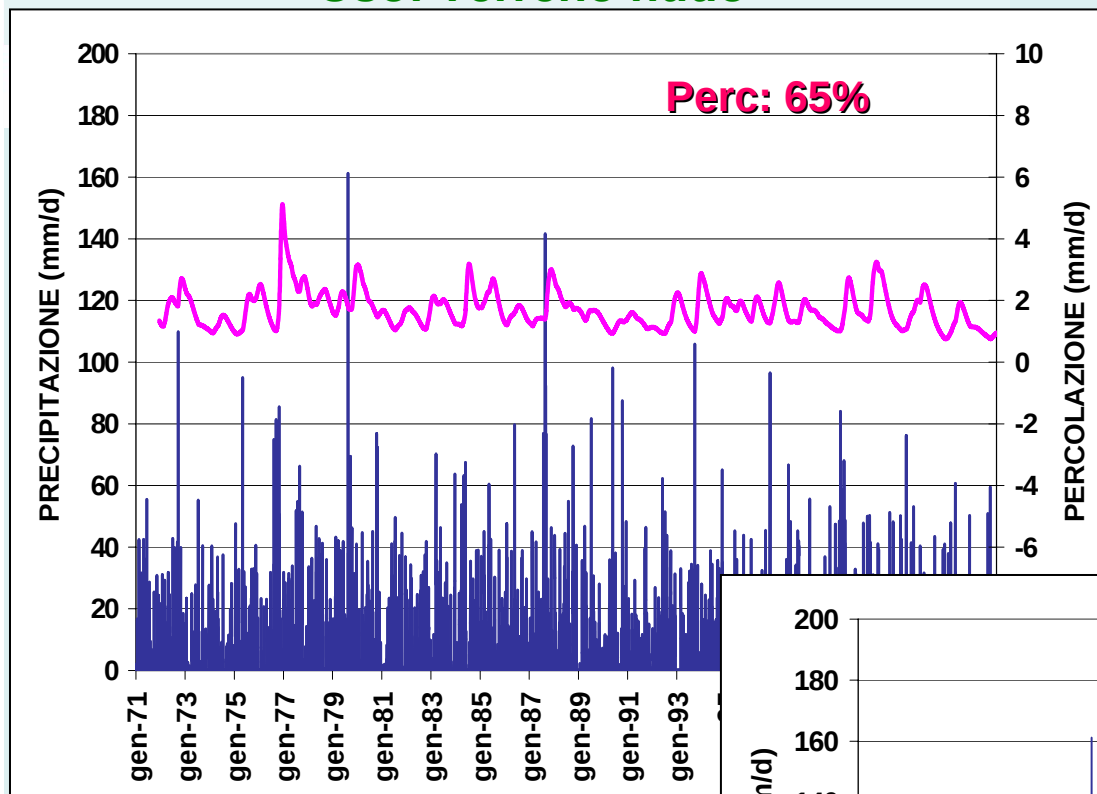


Masate - RA1 (Terrazzo Mindel)



— Precipitazioni
— Percolazione

Uso: Terreno nudo



— Precipitazioni + irrig.
— Percolazione

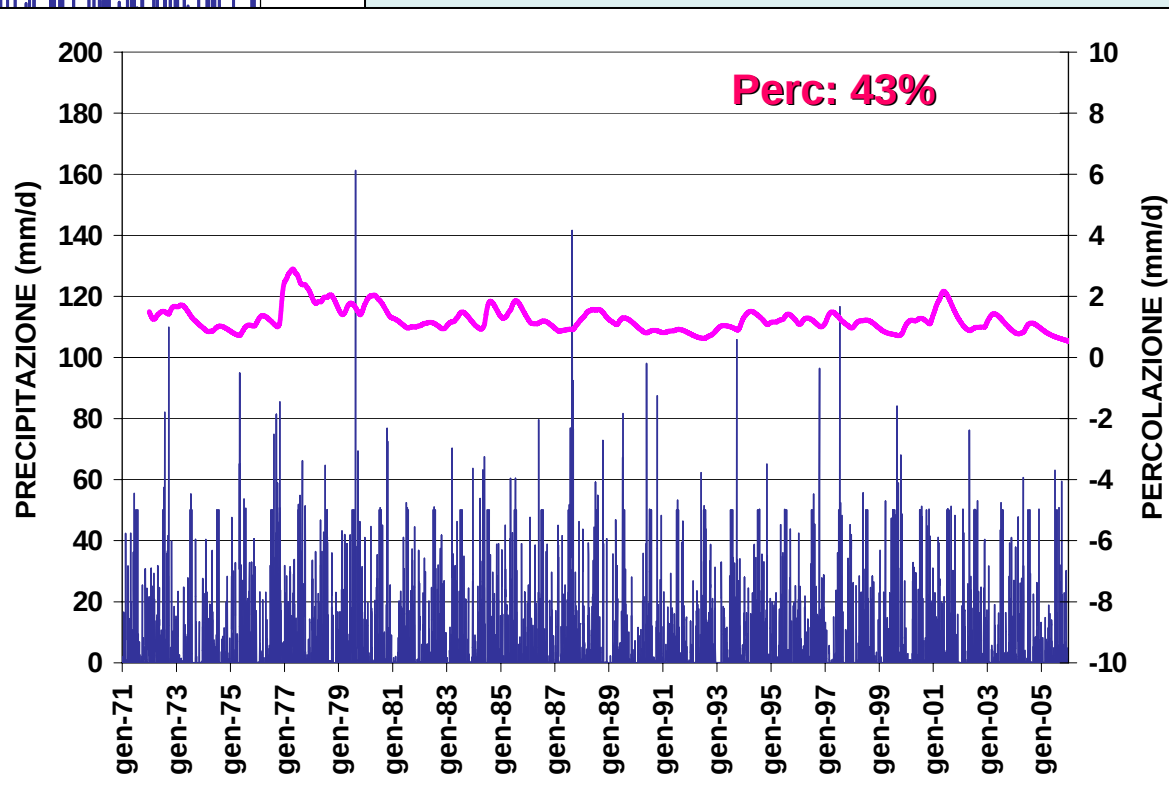
USO DEL SUOLO

Muggiò - LG1
(Pianura Fluvioglaciale)

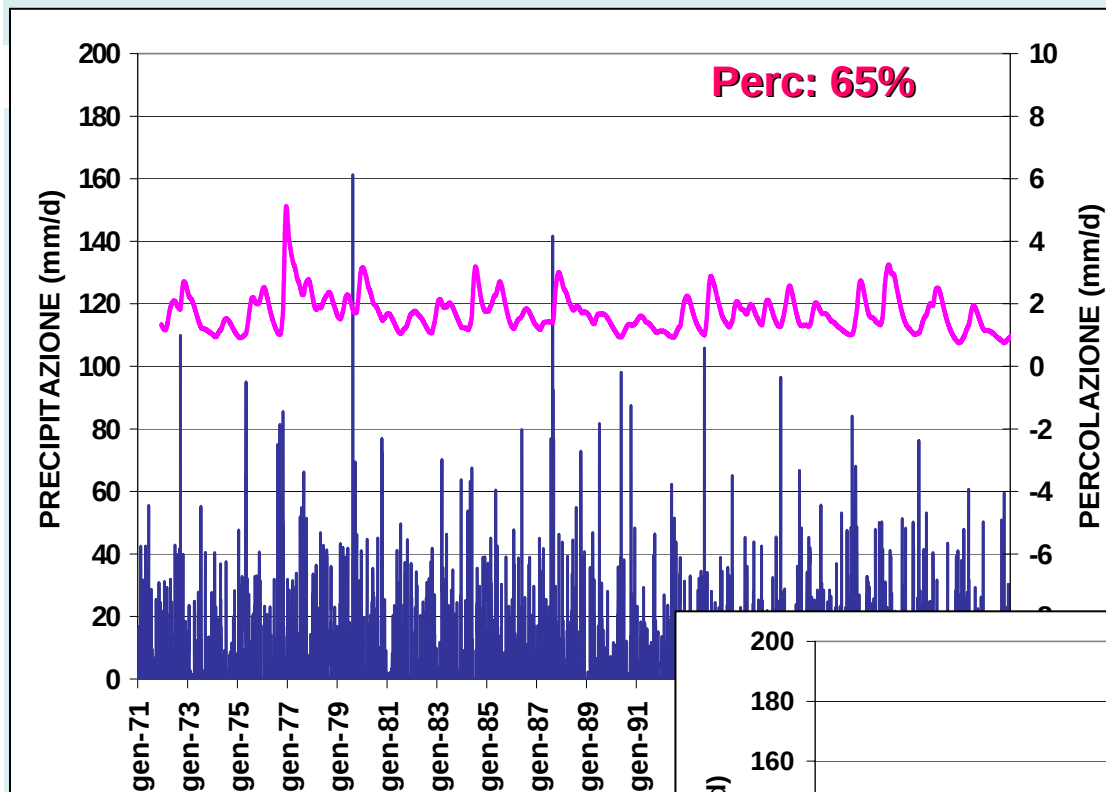
Stazione: Milano Brera
1971-2005



Uso: Mais irriguo (150 mm/a)



Stazione: Milano Brera (1011 mm/a)



— Precipitazioni
— Percolazione

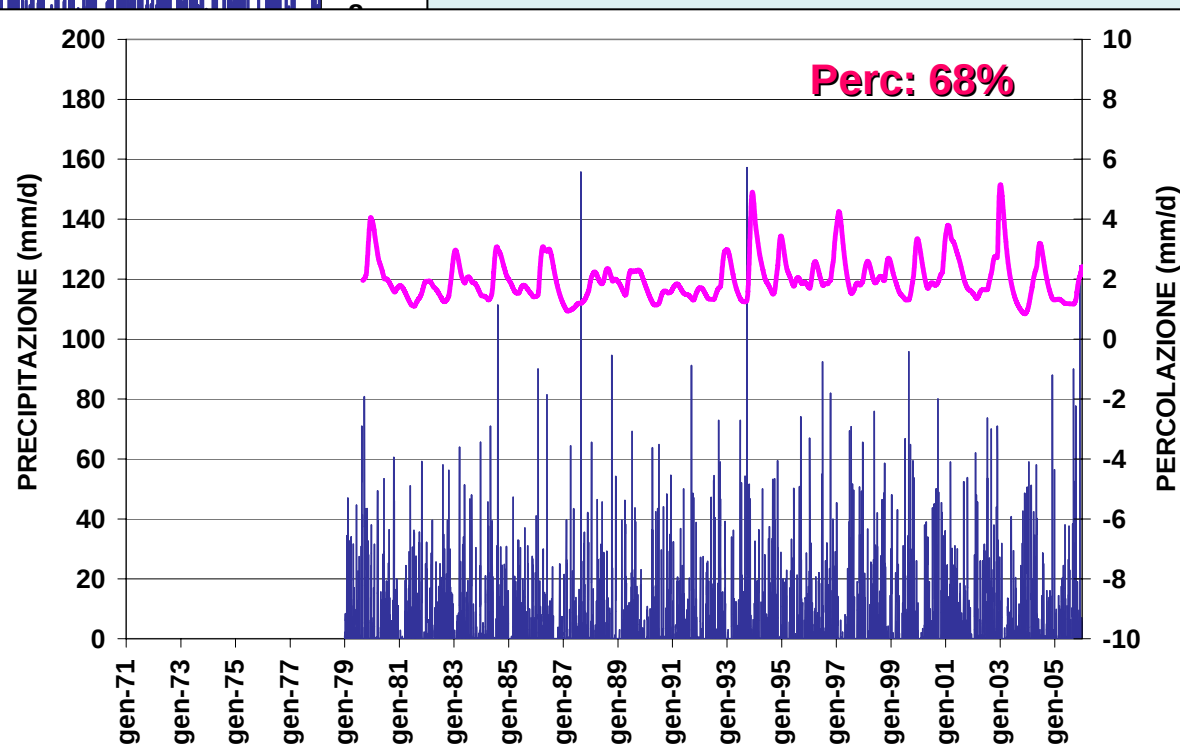
PRECIPITAZIONI

Muggiò - LG1
(Pianura Fluvioglaciale)

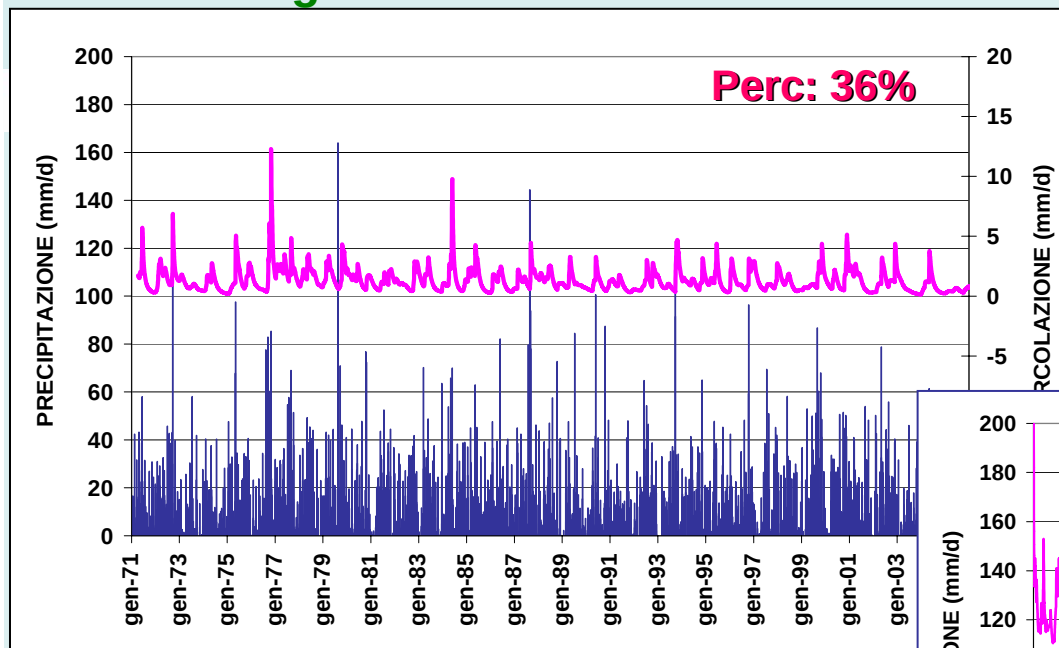
Uso: Terreno nudo



Stazione: Monza (1165 mm/a)



Irrigaz Villoresi: 482 mm/a



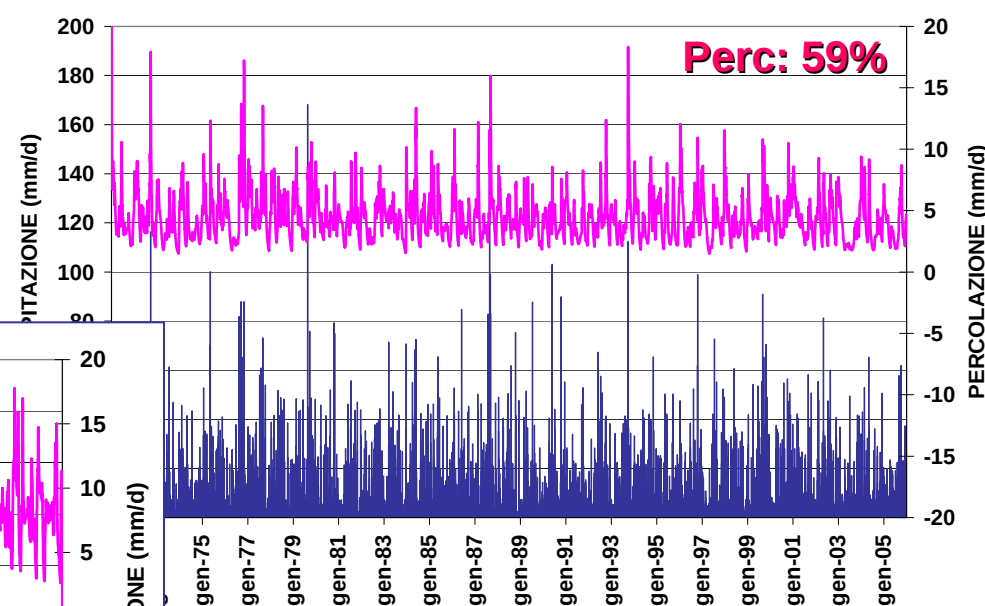
IRRIGAZIONI

Melzo – LQ5
(Pianura idromorfa)

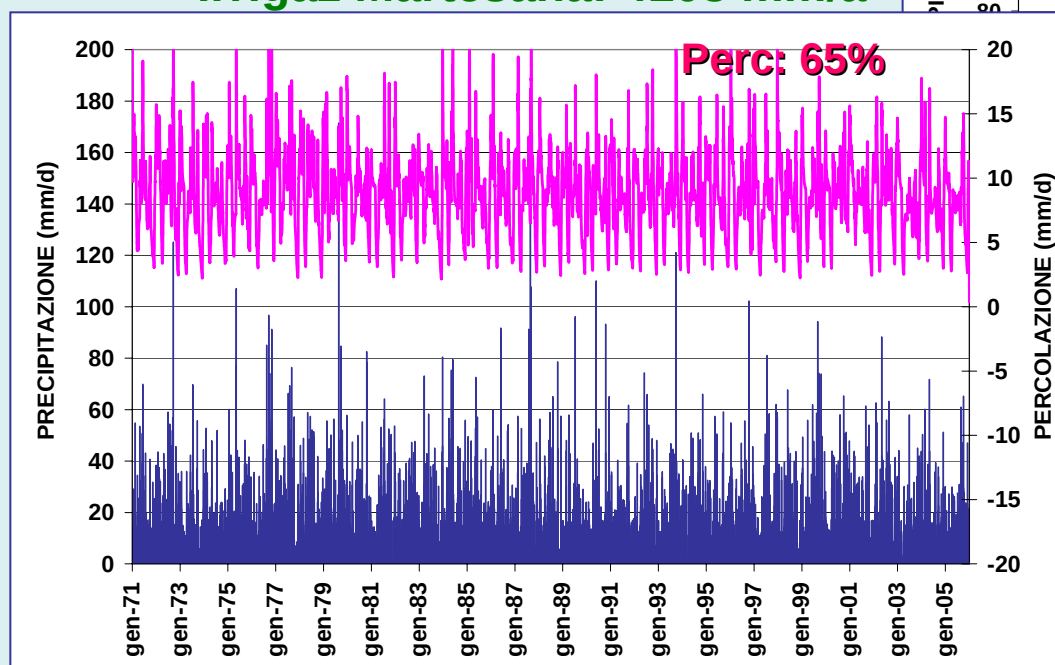
Uso: Mais



Irrigaz Martesana: 1695 mm/a



Irrigaz Martesana: 4108 mm/a

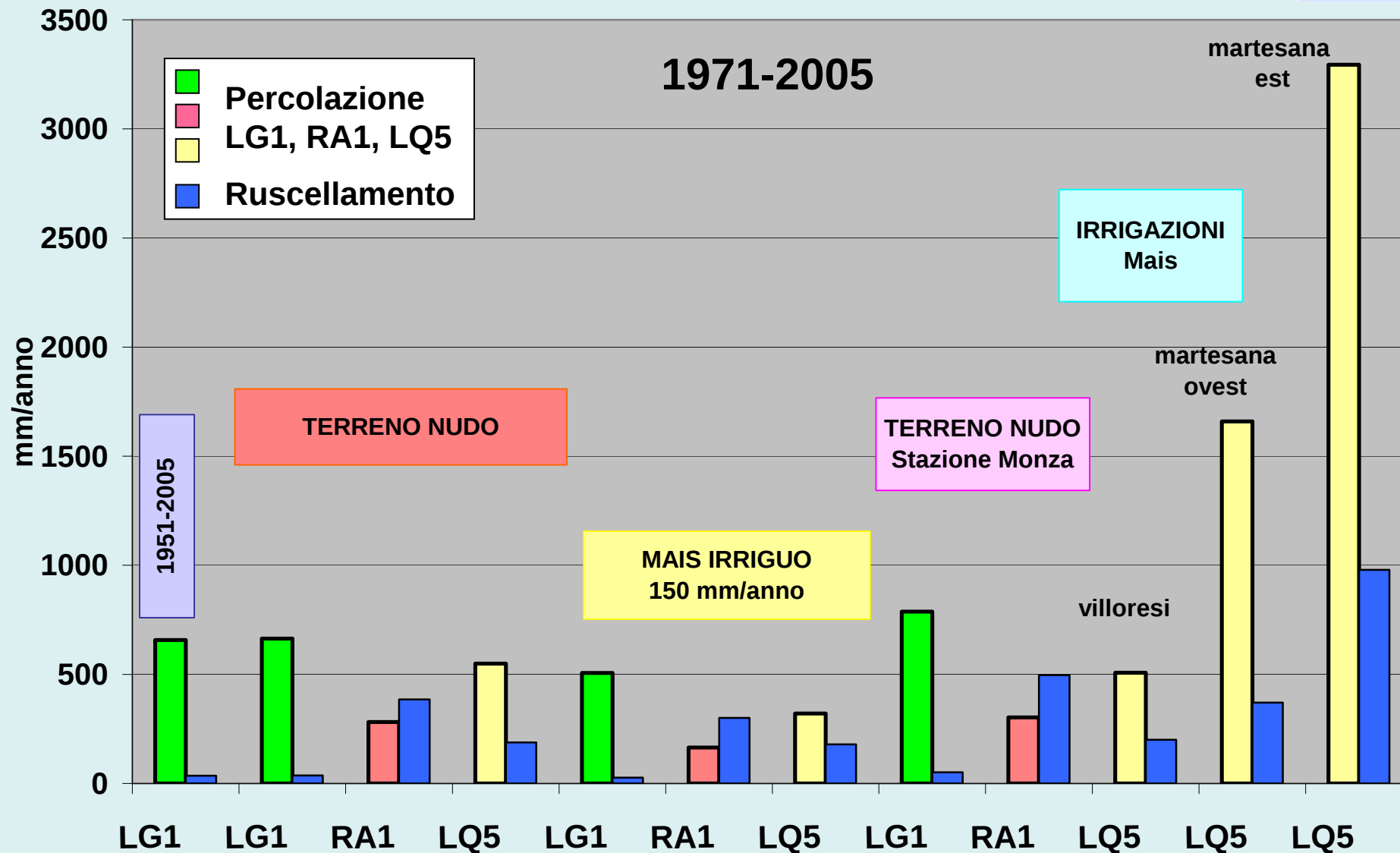


— Precipitazioni + irrig.
— Percolazione

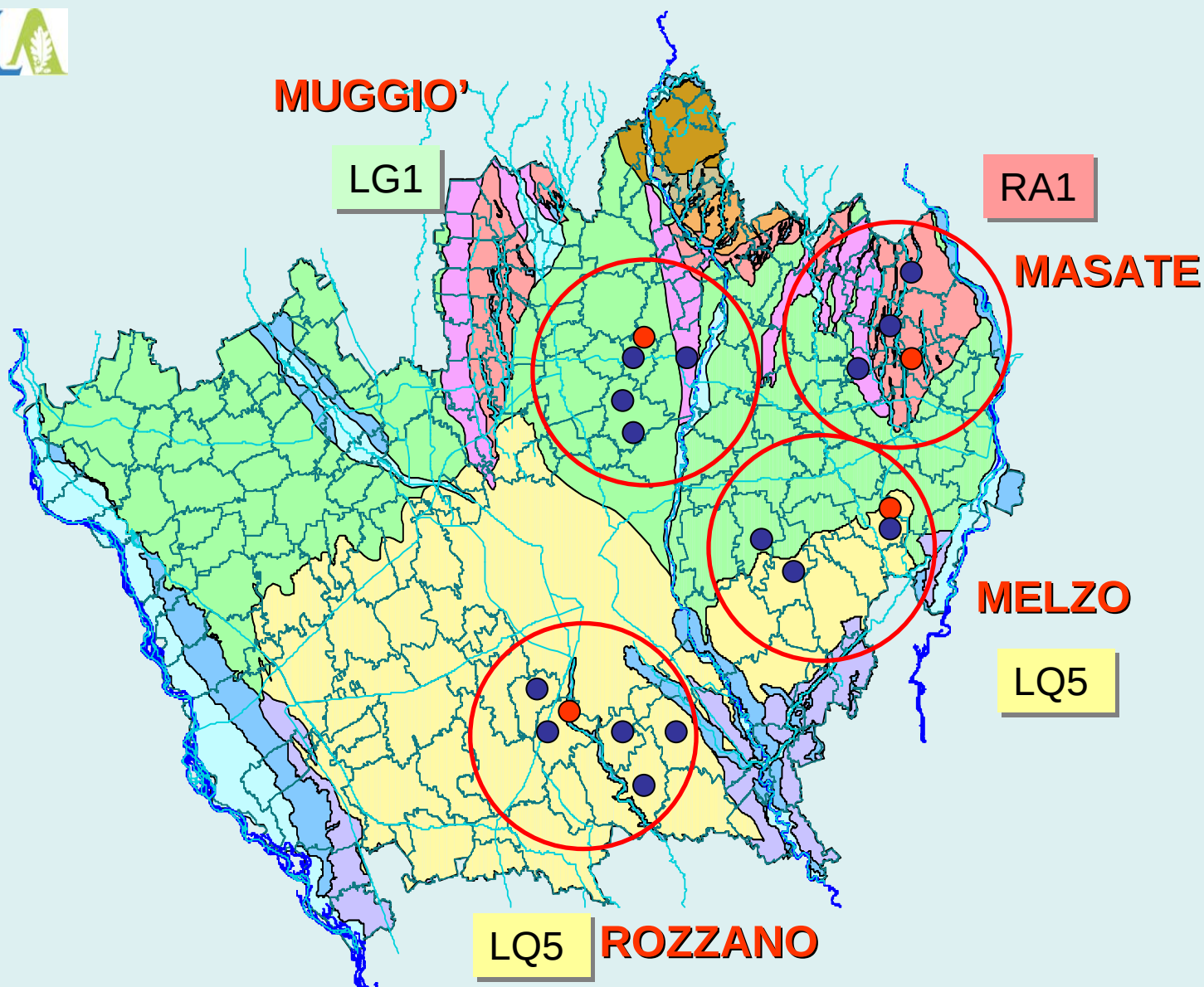
Dati da: "Primo Bilancio Idrogeologico della Pianura Mianese" (Beretta G.P., et al., 1985)

SIMULAZIONI A CONFRONTO

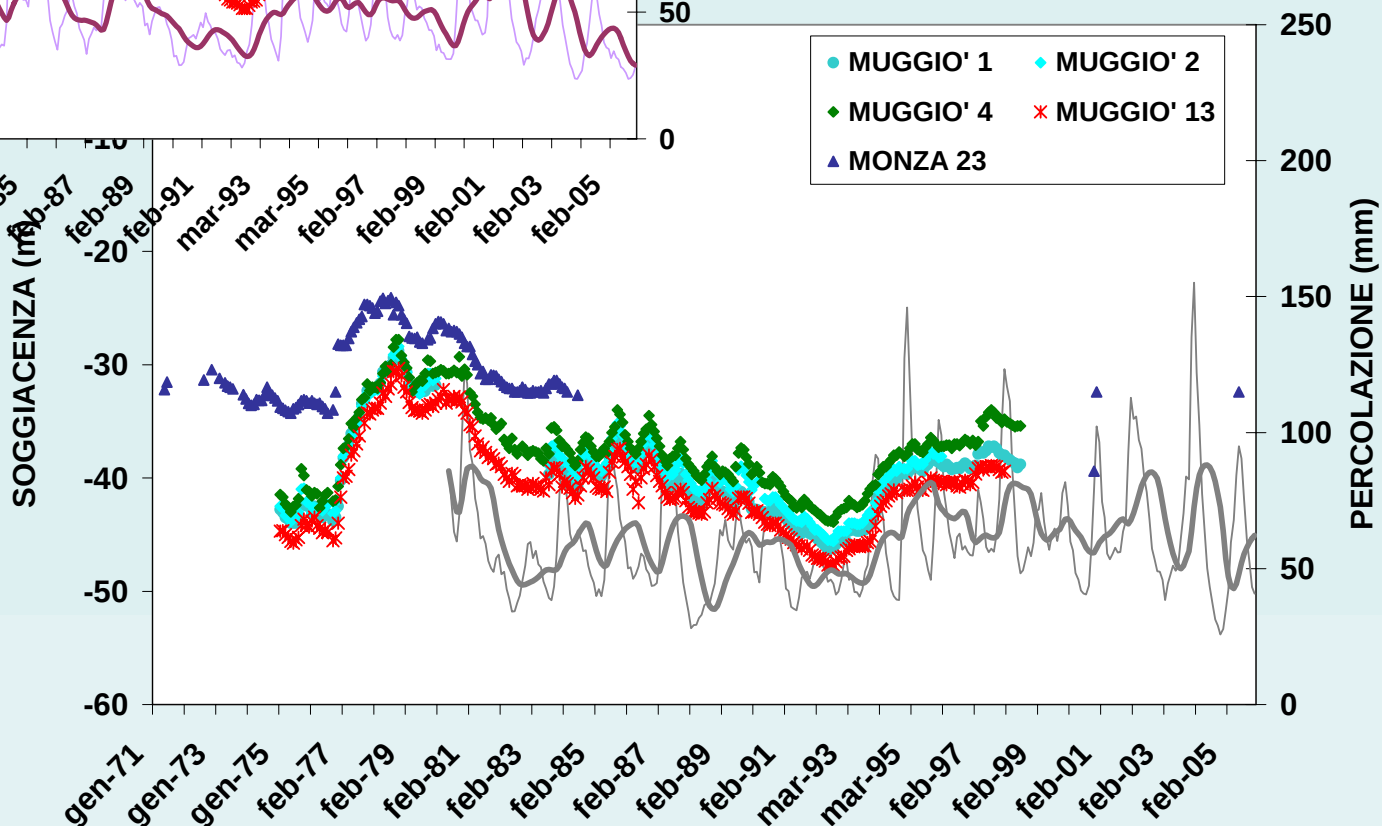
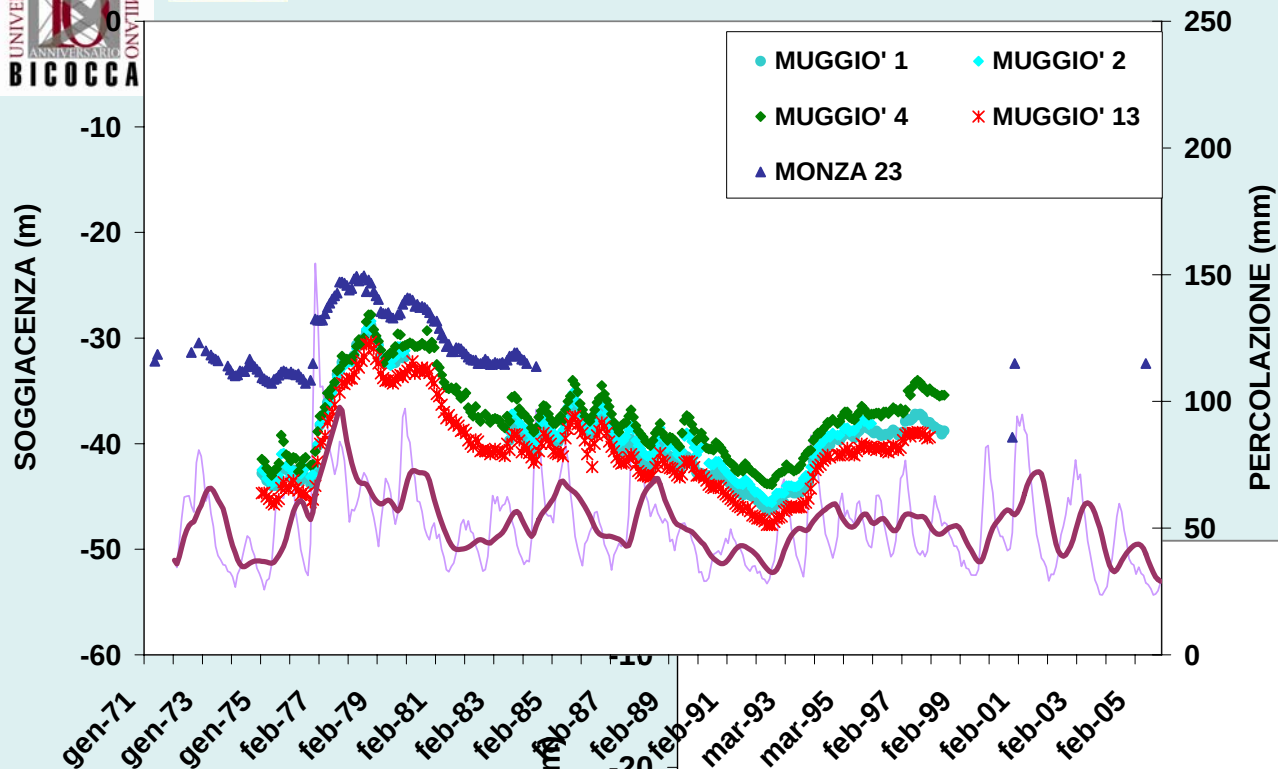
PERCOLAZIONE E RUSCELLAMENTO



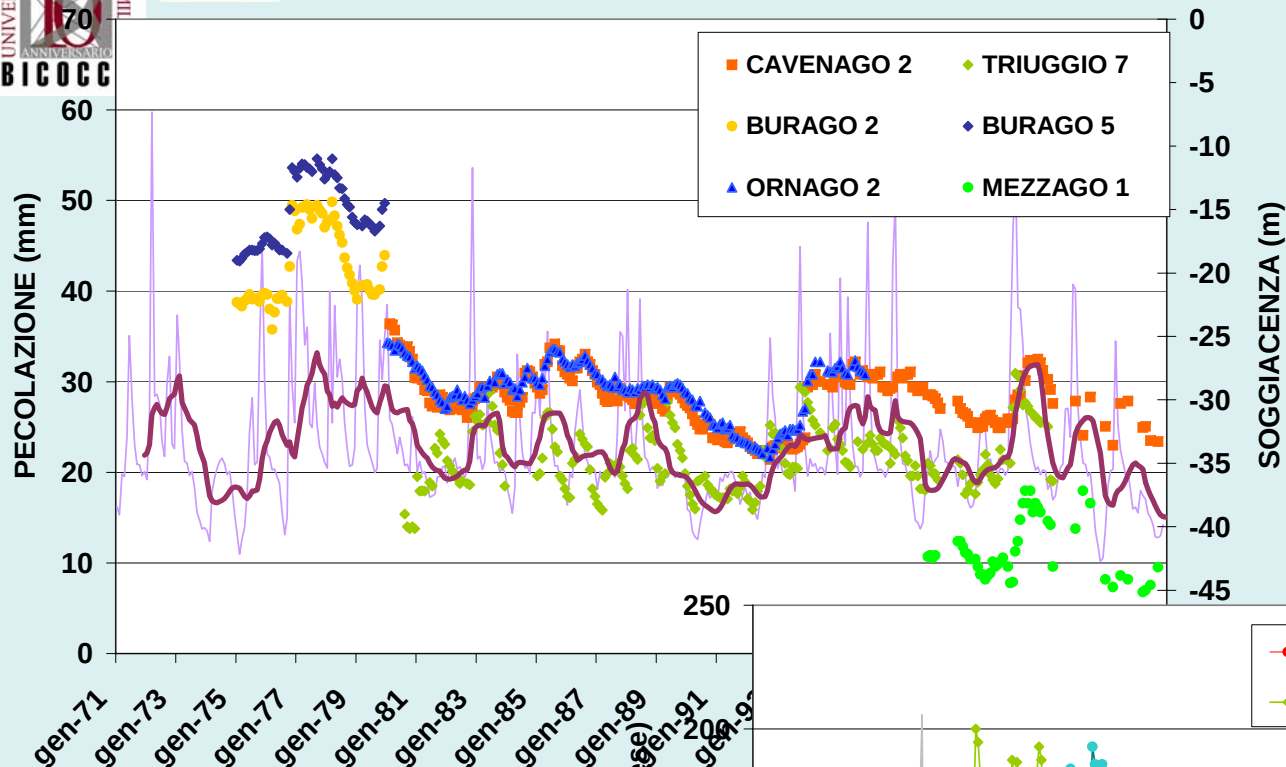
RAPPORTO CON LIVELLI PIEZOMETRICI



PERCOLAZIONE - LIVELLO DI FALDA



PERCOLAZIONE - LIVELLO DI FALDA



MASATE

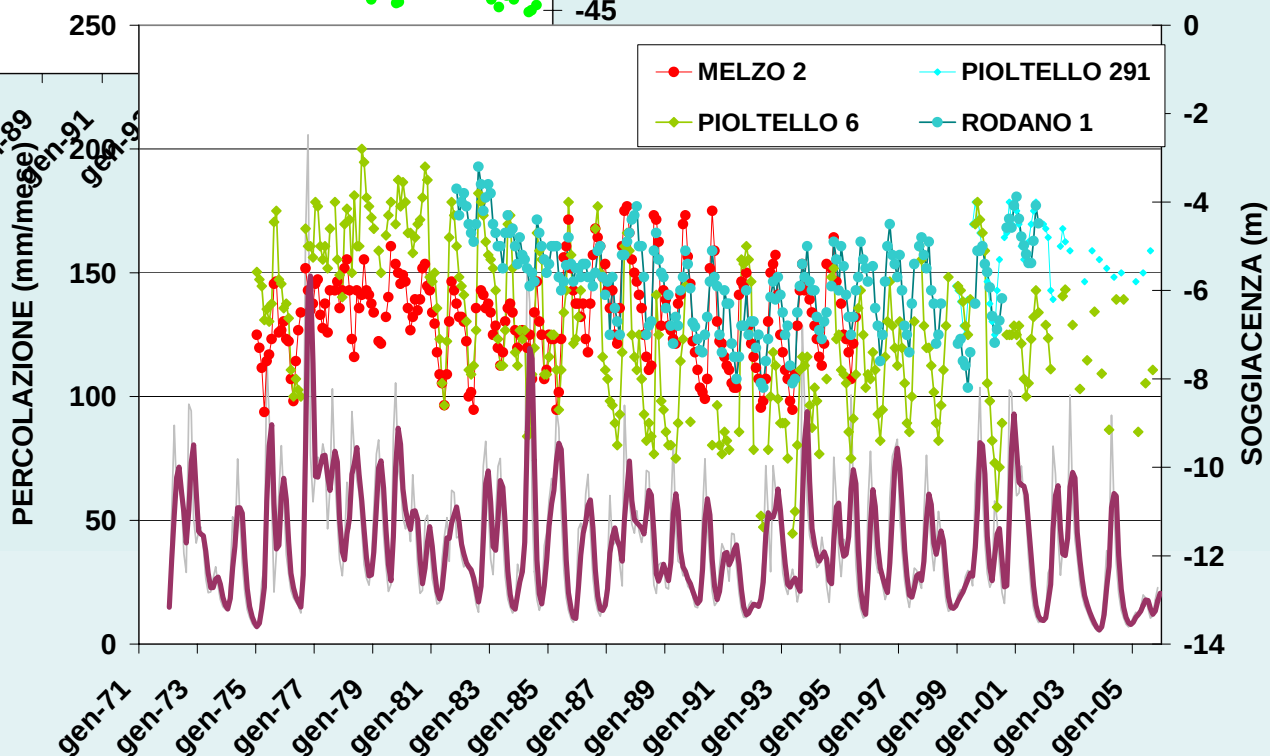
RA1

Precipitazioni:
Milano Brera

MELZO

LQ5

Precipitazioni:
Milano Brera
+ irrigazioni Villoresi
(zona 16: 482 mm/a)



ANALISI DEL BILANCIO DI FALDA: 1975-2005

Pianura Fluvioglaciale – LG1 - Muggiò

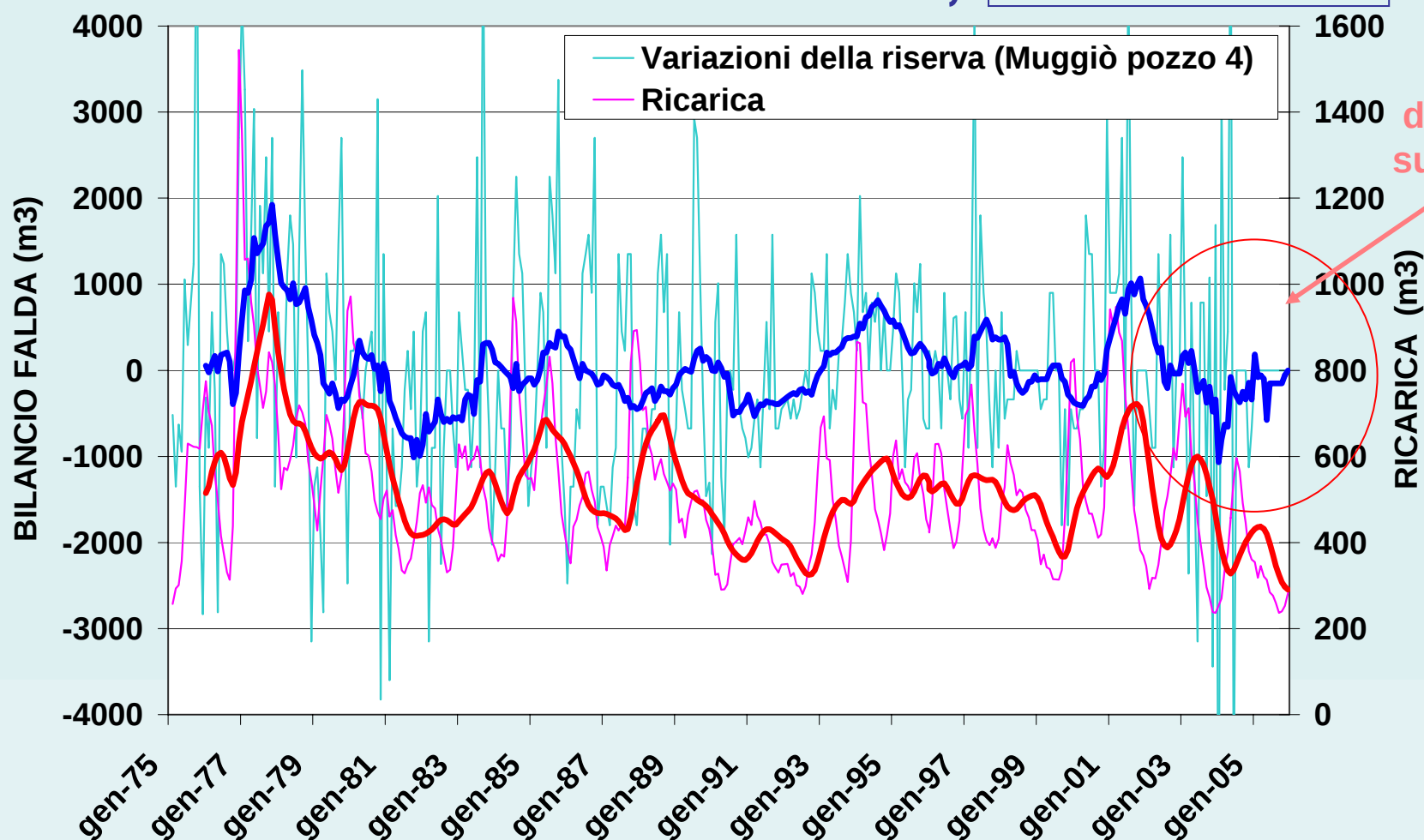


Ricarica: 193 500 m³/ha

Falda: entrate +193 500 m³/ha

Falda: uscite -178 500 m³/ha

Porosità efficace
 $n_e = 22.6\%$



ANALISI DEL BILANCIO DI FALDA: 1975-2005

Terrazzo ferretizzato – RA1 - Masate

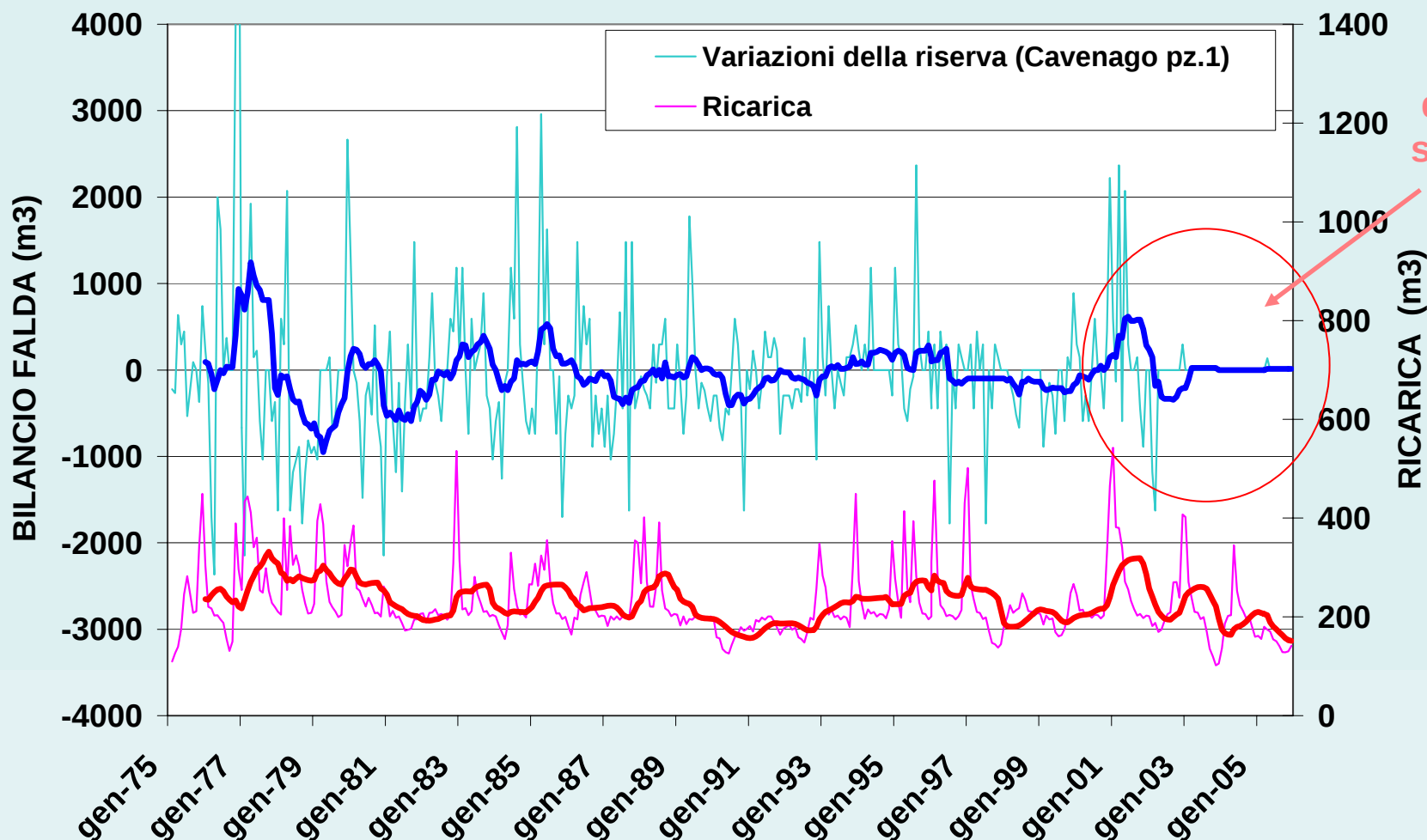


Ricarica: 84 500 m³/ha

Falda: entrate +84 500 m³/ha

Falda: uscite -94 500 m³/ha

Porosità efficace
 $n_e = 14.75\%$



CONCLUSIONI



I modelli numerici applicati alla zona non satura utilizzati nella valutazione della ricarica degli acquiferi:

- **riproducono coerentemente le variazioni dei livelli piezometrici misurati nei pozzi**
- **richiedono una calibrazione e validazione**
 - **importanza delle azioni di misura e monitoraggio su acque, suoli e terreno;**
 - **importanza del rilevamento periodico continuativo dei dati piezometrici e del mantenimento della continuità nelle serie storiche;**
 - **importanza della conoscenza degli apporti irrigui ed della loro distribuzione temporale e spaziale**

CONCLUSIONI



L'utilizzo di modelli numerici dell'insaturo consente di:

- stimare la ricarica degli acquiferi e definire le aree di maggior vulnerabilità;
- individuare la distribuzione areale della ricarica, in funzione delle caratteristiche della zona insatura e dell'uso del suolo;
- valutare la distribuzione della ricarica in termini temporali, in funzione di variazioni climatiche e dell'uso del suolo
- fornire un supporto alla individuazione di pratiche gestionali (irrigue, alimentazione, prelievo) volte ad ottimizzare la distribuzione e la tempistica di utilizzo delle acque sotterranee per un uso consapevole della risorsa