

# **PROGETTO RICLIC-WARM**

**WORKPACKAGES 5/6**

**Universita' degli Studi di Milano**

**Facolta' di Agraria**

**Dipartimento di Produzione Vegetale**

**Responsabile:** Dip. di Produzione Vegetale, Università di Milano - **Prof. Tommaso Maggiore**

# Obiettivi della ricerca

- 1. SIMULAZIONE DEI CONSUMI IDRICI E DELLA PRODUZIONE DELLE COLTURE AGRARIE A LIVELLO TERRITORIALE LOMBARDO (mesoscala in termini meteorologici)**
- 2. SIMULAZIONE DELL'EVAPOTRASPIRAZIONE IN AMBITO URBANO (microscala in termini meteorologici)**

**1**

**SIMULAZIONE DEI CONSUMI IDRICI E  
DELLA PRODUZIONE DELLE COLTURE  
AGRARIE A LIVELLO TERRITORIALE  
LOMBARDO**

## Obiettivo del lavoro

Produzione di stime quantitative della **produzione** e dei **consumi idrici** delle principali colture agrarie della Lombardia.

## Come si giungerà al risultato

Applicazione di un modello di simulazione dinamica a passo giornaliero, adeguatamente calibrato e validato

Tale modello è finalizzato ad ottenere stime quantitative dei consumi idrici e delle produzioni lorde e nette

Si vuole altresì giungere a stimare la variabilità di tali grandezze in relazione alla variabilità climatica pregressa e prevista.

## Finalità del modello

Attenzione focalizzata sulla Net Primary Production (NPP) in assenza di limitazioni di nutrienti

NPP di una comunità vegetale = quantità di carbonio accumulata nell'unità di tempo per unità di superficie

NPP come indicatore ecologico = ruolo chiave poiché descrive la rimozione di CO<sub>2</sub> atmosferica da parte delle piante

## Metodi per la stima di NPP

1. stima basata sui soli dati di T e R (es: Lieth, 1975)
2. Stima basata su PAR intercettata e respirazione con modelli "guidati" dalle variabili meteo;
3. stima della produzione con dati da remote sensing (soprattutto immagini da satellite).

Il modello adottato in RICLIC (algoritmo SIM\_PP) si fonda sull'approccio 2

# Vegetali come modello matematico

Rglob [MJ]

PAR [MJ] = Rglob \* 0.40

GASS - Assimilazione Lorda [g CH<sub>2</sub>O]

respirazione, conversione e traslocazione

T aria, ...

PNA - Assimilazione Netta Potenziale [g CH<sub>2</sub>O]

Limitazione termica

T aria, ...

PNA\_TL - Assimilaz. Pot.le netta limitata termicamente [g CH<sub>2</sub>O]

Limitazione idrica

T aria, RH  
Rglob, vento, ....

NPP - Produzione Primaria Netta [g CH<sub>2</sub>O]

Ripartizione assimilati

Fase fenologica

T aria, RH  
Rglob, vento, ....

**ACCUMULO**

Foglie

frutti

fusto

radici

## ESEMPIO PER 1 m<sup>2</sup> DI VIGNETO IL 10 LUGLIO

Radiaz. globale=30 MJ m<sup>-2</sup> giorno

Radiaz. fotosinteticamente attiva (PAR) lorda=Rglob\*0.40=12 MJ

Percentuale della PAR assorbita dalla canopy=50%

PAR netta=PAR lorda \* 0.50 = 6 MJ

Efficienza della luce (RUE)=2.5 g di zucchero MJ<sup>-1</sup>

Assimilazione lorda (GASS)=6\*2.5=15 g m<sup>-2</sup> giorno

Perdite di respirazione, conversione e traslocazione=40%

PNA=15\*(1-0.40)=9 g m<sup>-2</sup> giorno

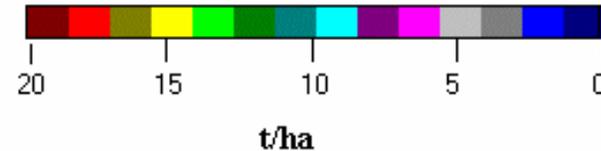
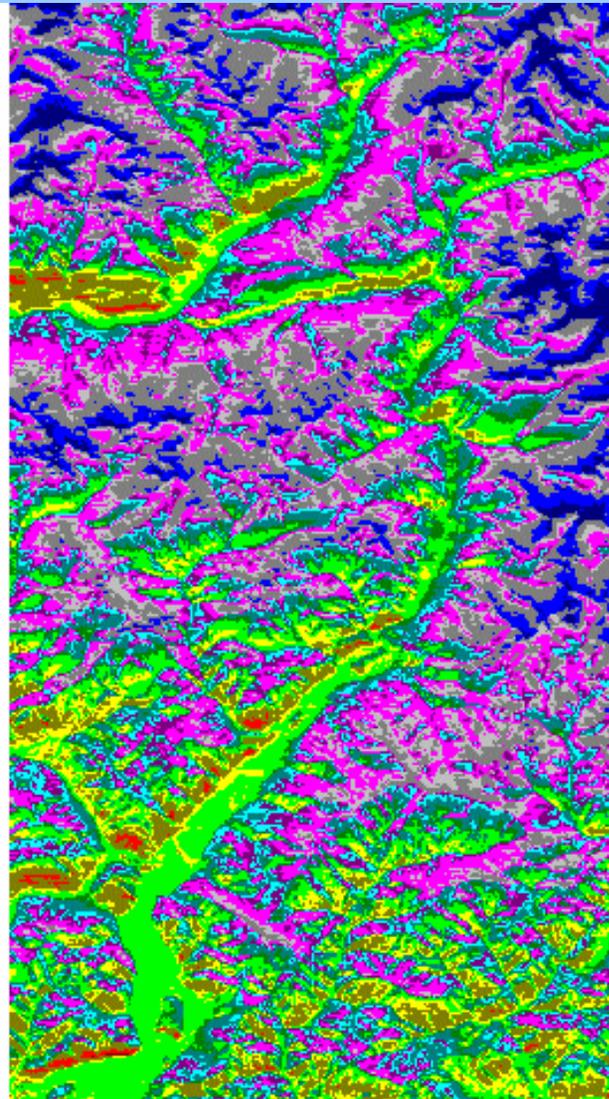
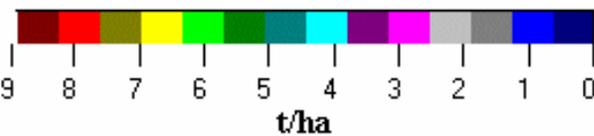
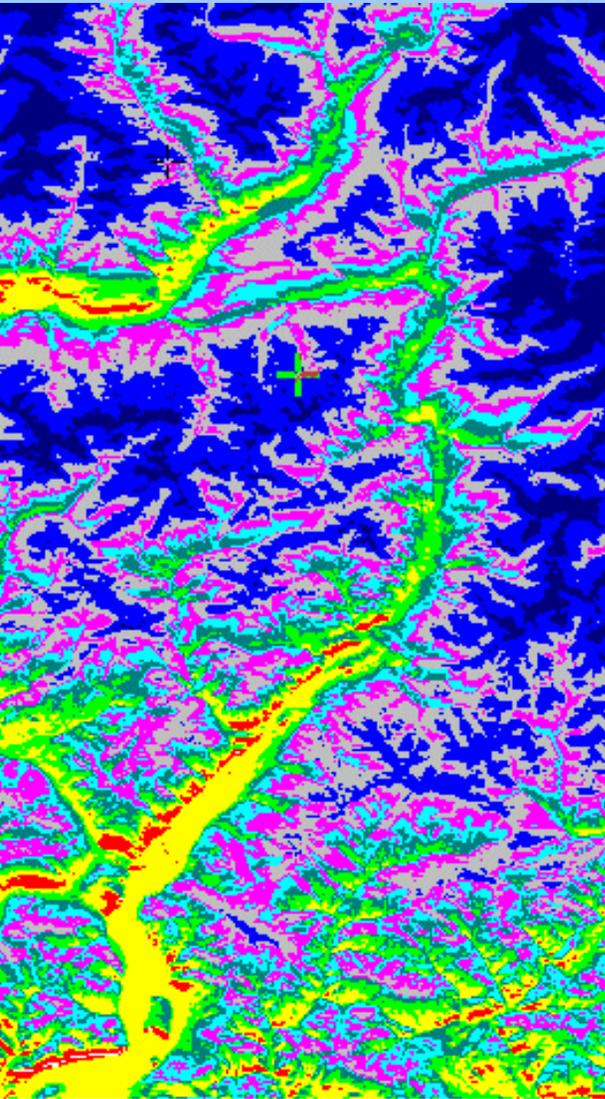
limitazioni: idrica(10%), dei nutrienti(20%) e termica (0%)

NPP=9\*(1-(0.1+0.2+0))=6.3 g m<sup>-2</sup> giorno

Percentuale di accumulo nel grappolo=75%

accumulo finale di zuccheri nel grappolo=6.3\*0.75=4.7 g m<sup>-2</sup> giorno

# ESEMPIO - NPP Valcamonica



*Produzione  
primaria netta  
totale annua dei  
prati (Tesi  
Donatello De  
Matteis) - a sinistra  
quella fuori suolo,  
a destra la totale.*

## Approfondimenti sull'algoritmo adottato

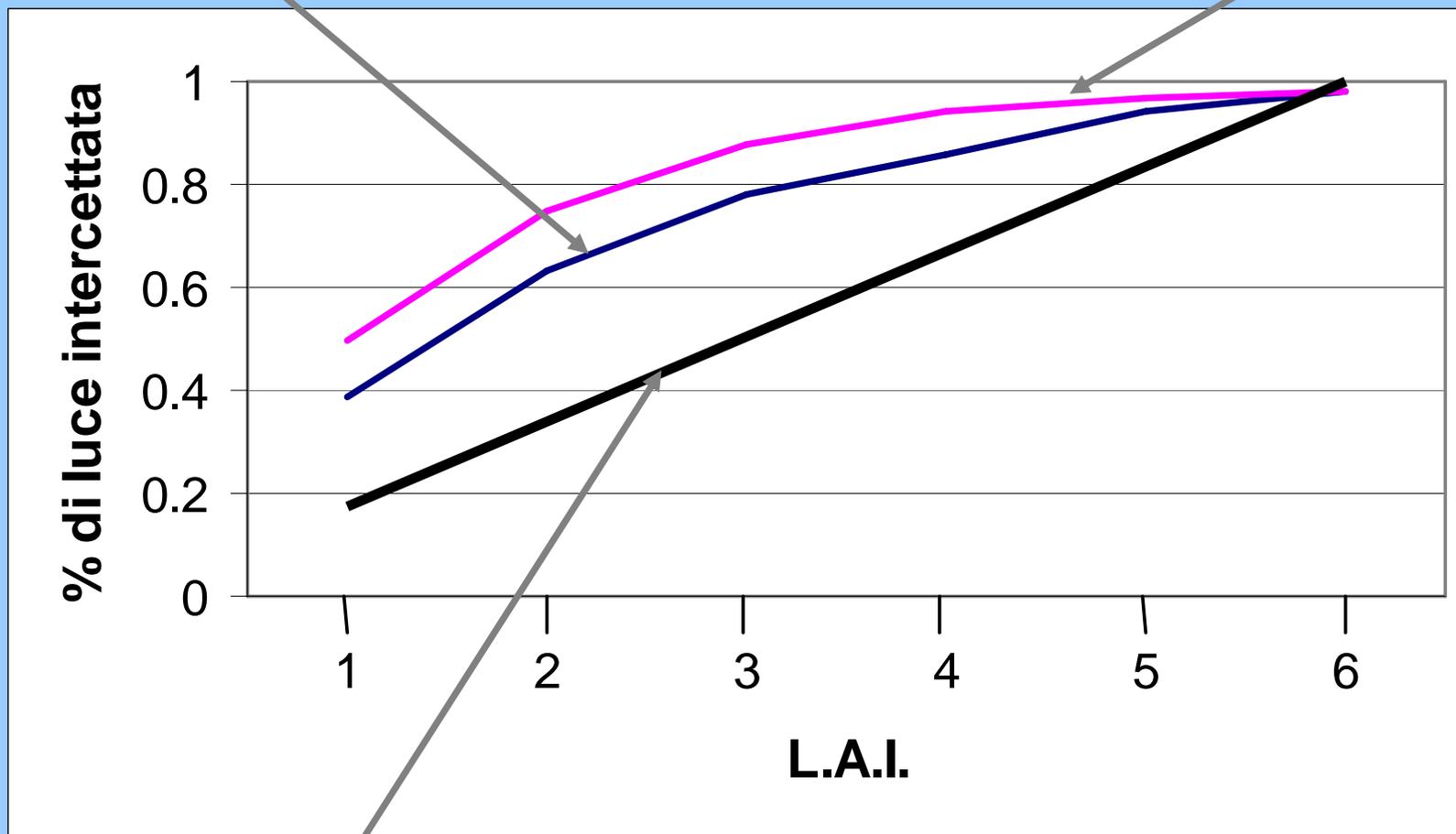
**Par netta:** ottenuta stimando con la legge di Lambert Beer la quota di Par lorda intercettata dalla canopy

**Assimilazione lorda:** stimata con le tabelle di Goundrian e van Laar, 1986 -> riportano per cielo sereno e coperto i valori di assimilazione lorda per piante C3 e C4 e per ogni latitudine.

# Assorbimento luce da parte della canopy

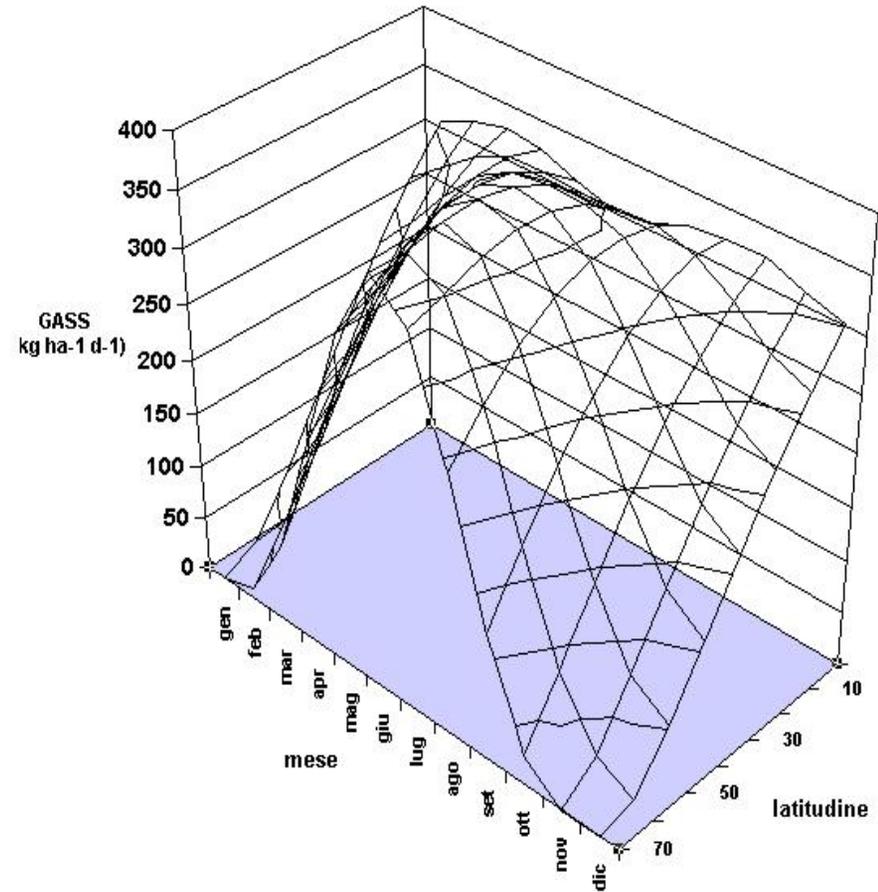
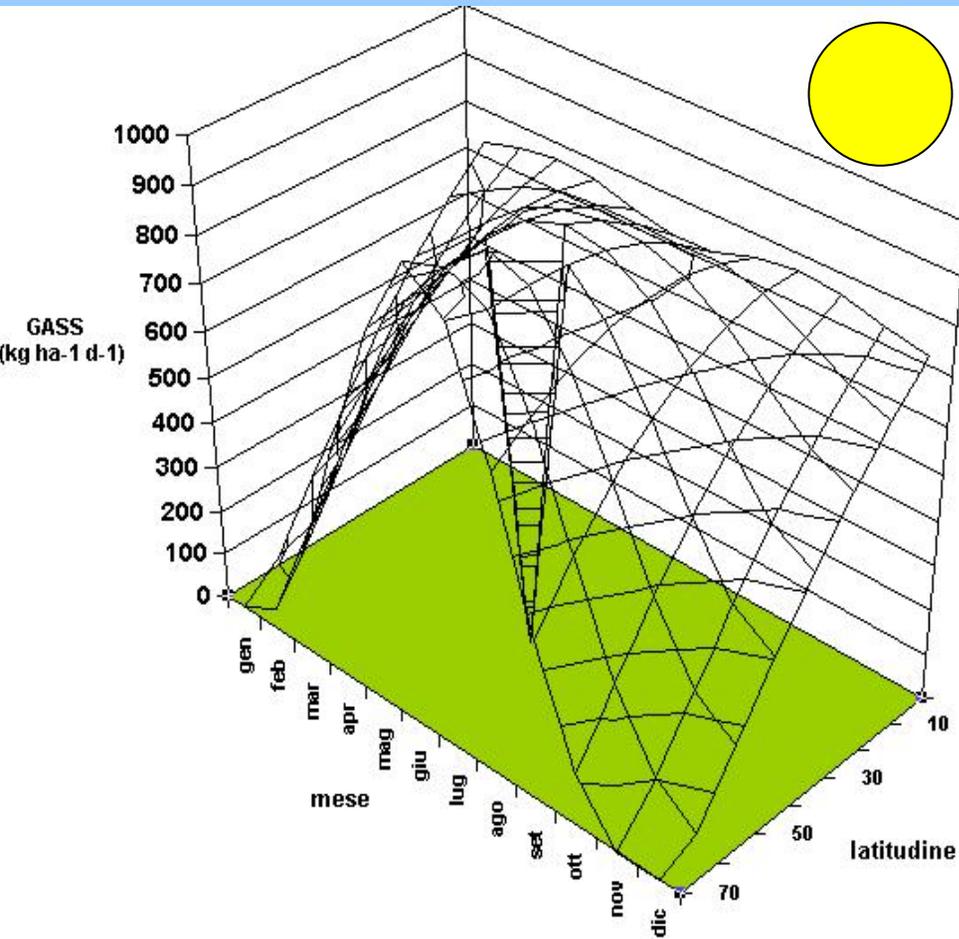
Profilo graminaceo

Profilo dicotiledone

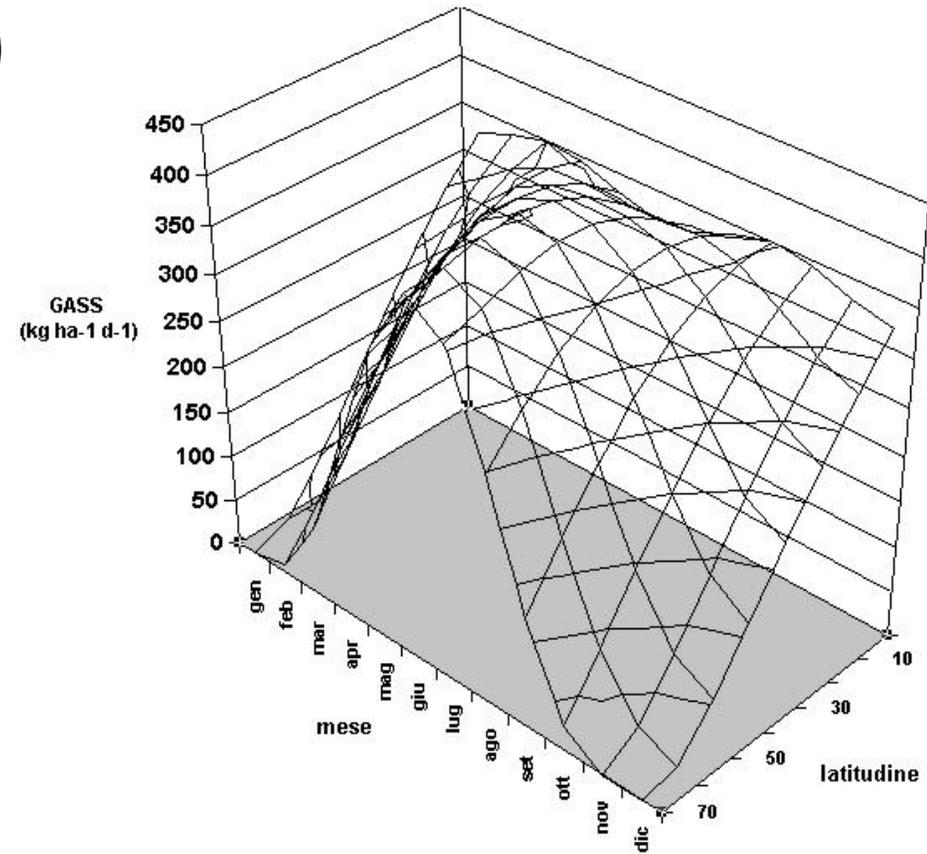
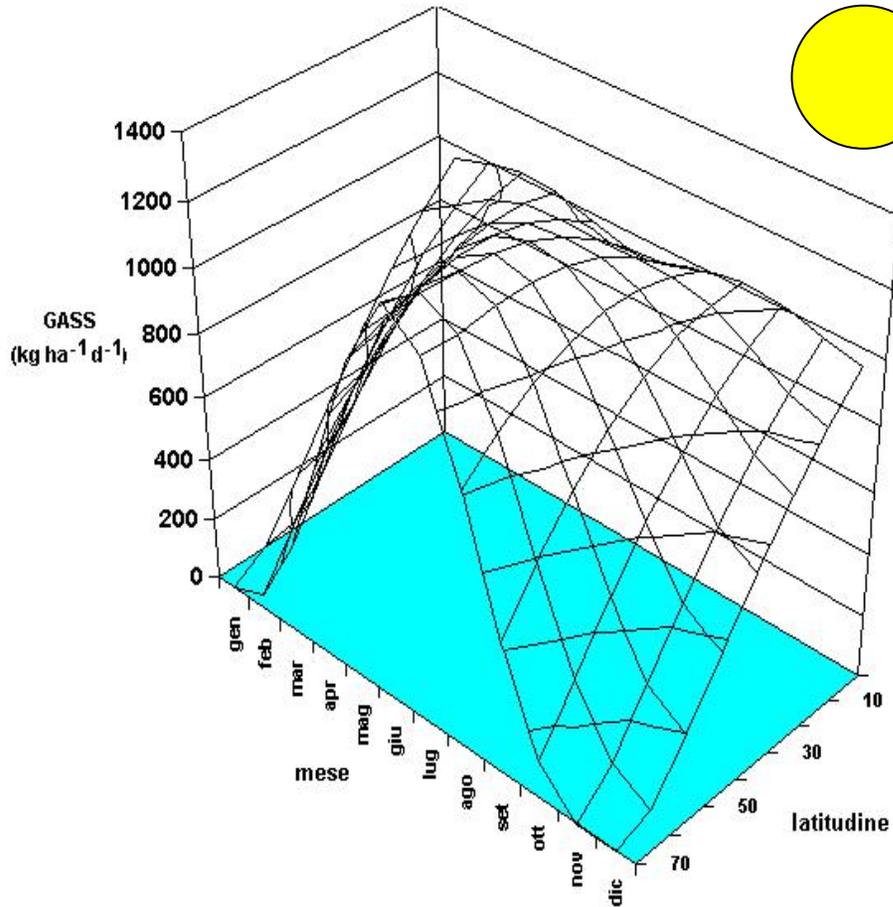


Profilo ideale

# Assimiliazione C3 (max = 40 kg ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>)



# Assimiliazione C4 (max = 70 kg ha<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>)



# Approfondimenti sull'algoritmo adottato

**Passo giornaliero,**

**Loop orario** per la sola limitazione termica

Stima condotta attraverso:

- **simulazione dell'assimilaz. potenziale netta PNA** = C assimilato al netto delle perdite respiratorie (funzione della temperatura)
- **stima delle limitazioni termiche**
- **stima delle limitazioni idriche** (bilancio idrico)
- applicazione a PNA delle limitazioni idriche e termiche per giungere alla NPP.

## Il bilancio idrico

- **strato di suolo esplorato dalle radici** variabile con la cultura;
- **pioggia evaporata dalle superfici** = 2 mm
- **runoff** variabile con la pendenza e la giacitura
- **ET giornaliera** con metodo Penman-Monteith, supponendo un vento caratteristico per l'area padano alpina e l'approccio di Donatelli & Campbell (1998) per la stima della radiazione solare globale.

# Assenza di limitazione dei nutrienti

## Ragioni di questa scelta

- 1) nei campi si chiudono i cicli di tutti gli elementi
- 2) la chiusura è operata con l'intervento della componente microbica
- 3) la simulazione dei cicli nel suolo è assai complessa.

-> l'idea di non considerarla è realistica in quanto l'agricoltore tende a ridurre il più possibile le limitazioni nutrizionali

## Input necessari per il modello

Sono necessari dati giornalieri di:

- Precipitazione
- temperatura massima e minima

## Schema di run territoriale

- pixel di 1 x 1 km
- per ogni pixel e per ogni coltura viene svolta una run a passo giornaliero riferita all'anno medio ed eventualmente ad anni particolari (scenari, anni estremi individuati con statistiche apposite)
- ottenimento di mappe regionali di consumo idrico e di produzione.

# **SIM\_PP - colture interessate**

**Mais**

**Frumento**

**Riso**

**Soia**

**Prato stabile**

## SIM\_PP - validazioni concluse al marzo 2006

**Prato stabile asciutto:** Dati di produzione: [Legnaro - PD, 1962-1999] - Università di Padova; Dati meteo: [ Legnaro - PD, 1962-1999] - Università di Padova

**Prato stabile irriguo:** Dati di produzione: [Lodi, 1987-1996] Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere; Dati meteo: [Lodi, 1987-1996] Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere

**Orzo:** Dati di produzione: [S.Angelo Lodigiano (Lodi), 1975-1998] Istituto Sper per la Cerealicoltura Dati meteo: [Lodi, 1975-1998] Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere

### **Frumento tenero**

Dati di produzione: [S.Angelo Lodigiano (Lodi), 1975-1998] Istituto Sper per la Cerealicoltura Dati meteo: [Lodi, 1975-1998] Istituto Sperimentale per le Colture Foraggere

## **SIM\_PP - validazioni concluse al marzo 2006**

### **Riso**

Dati di produzione: [Nord Italia, 1911-1998] fonte Ente Nazionale Risi e FAO; Dati meteo: [dati Brera (MI), 1911-1998] Istituto di Fisica Generale Applicata



**Esempi**

## **Esempio 1 - NPP Milano Brera 1858-1998**

### **RIF. BIBLIOGRAFICO**

Mariani, Maugeri, Bocchi (in corso di stampa) Impact of temperature, cloud cover and precipitation variations on milan area meadows productivity in the 1858-1998 period

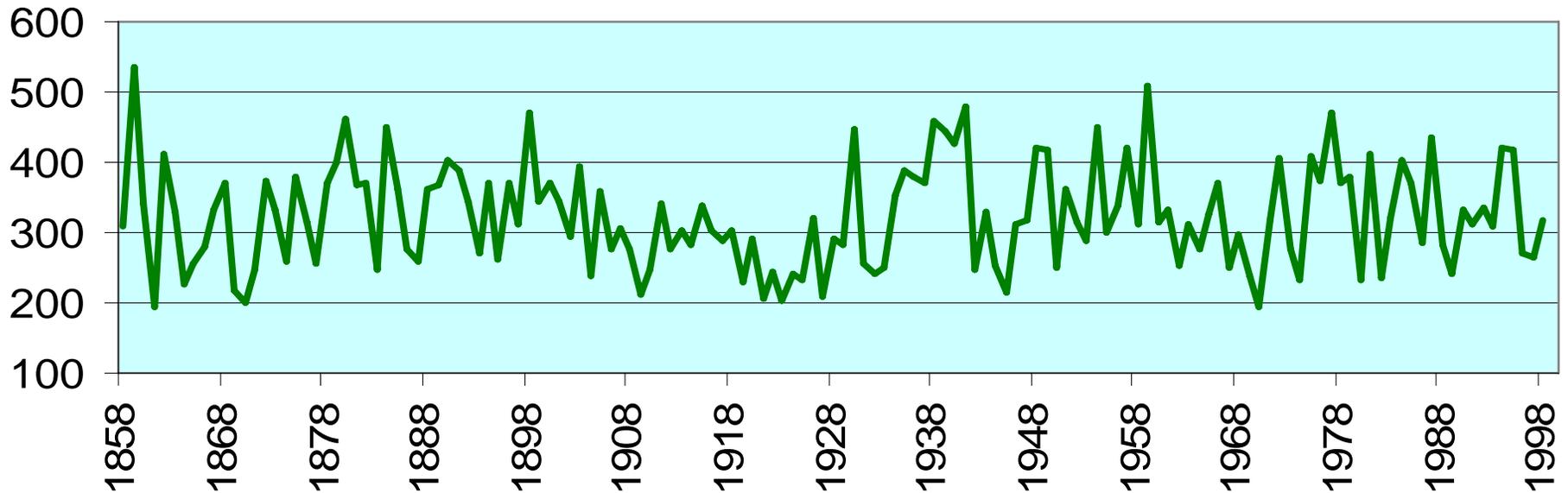
## **Serie di riferimento**

Serie Brera omogeneizzata (per filtrare effetto UHI)

Prato polifita non irriguo

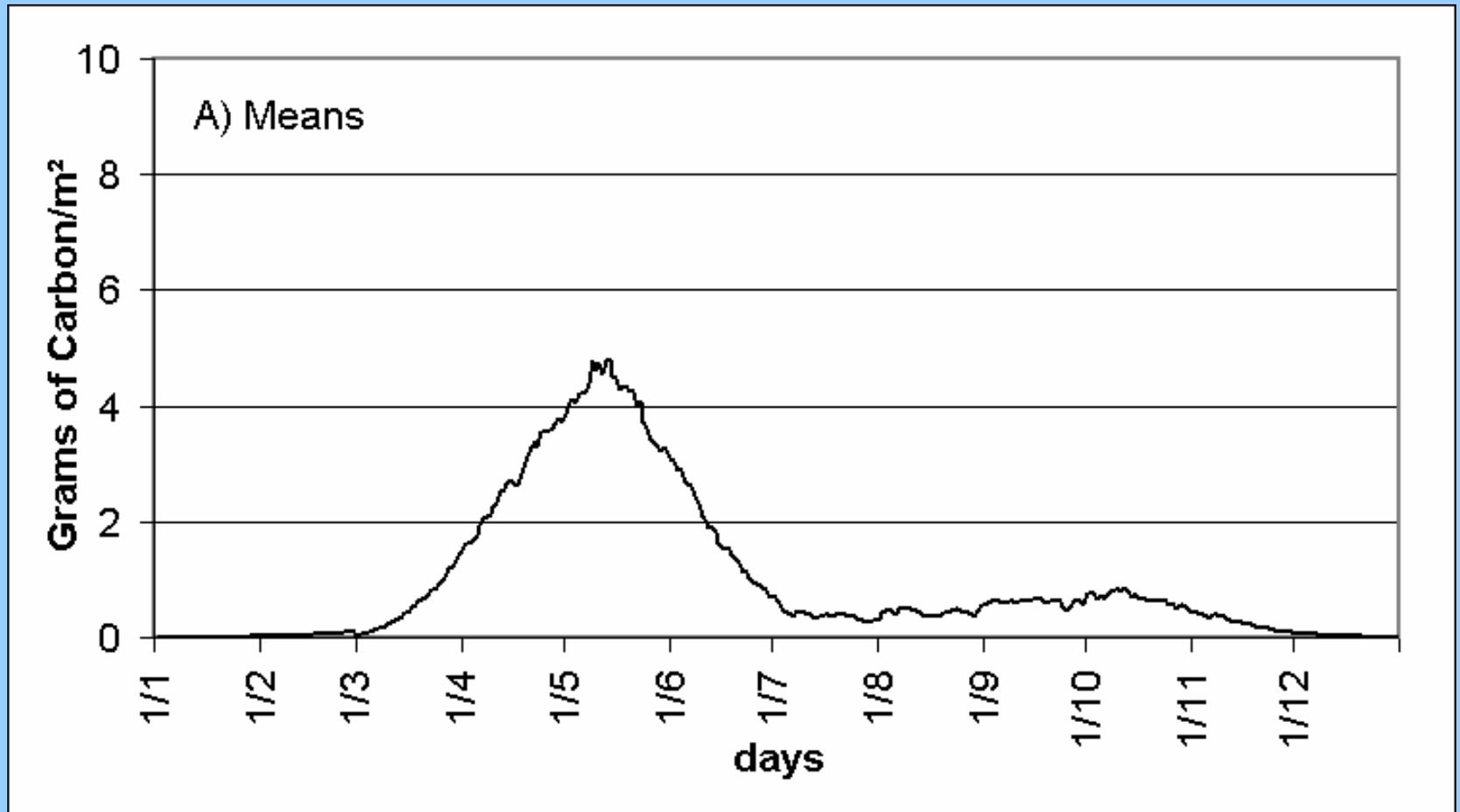
# NPP (g di Carbonio / m<sup>2</sup> per anno) - 1858-1998

NPP(g/m<sup>2</sup> annui di C)



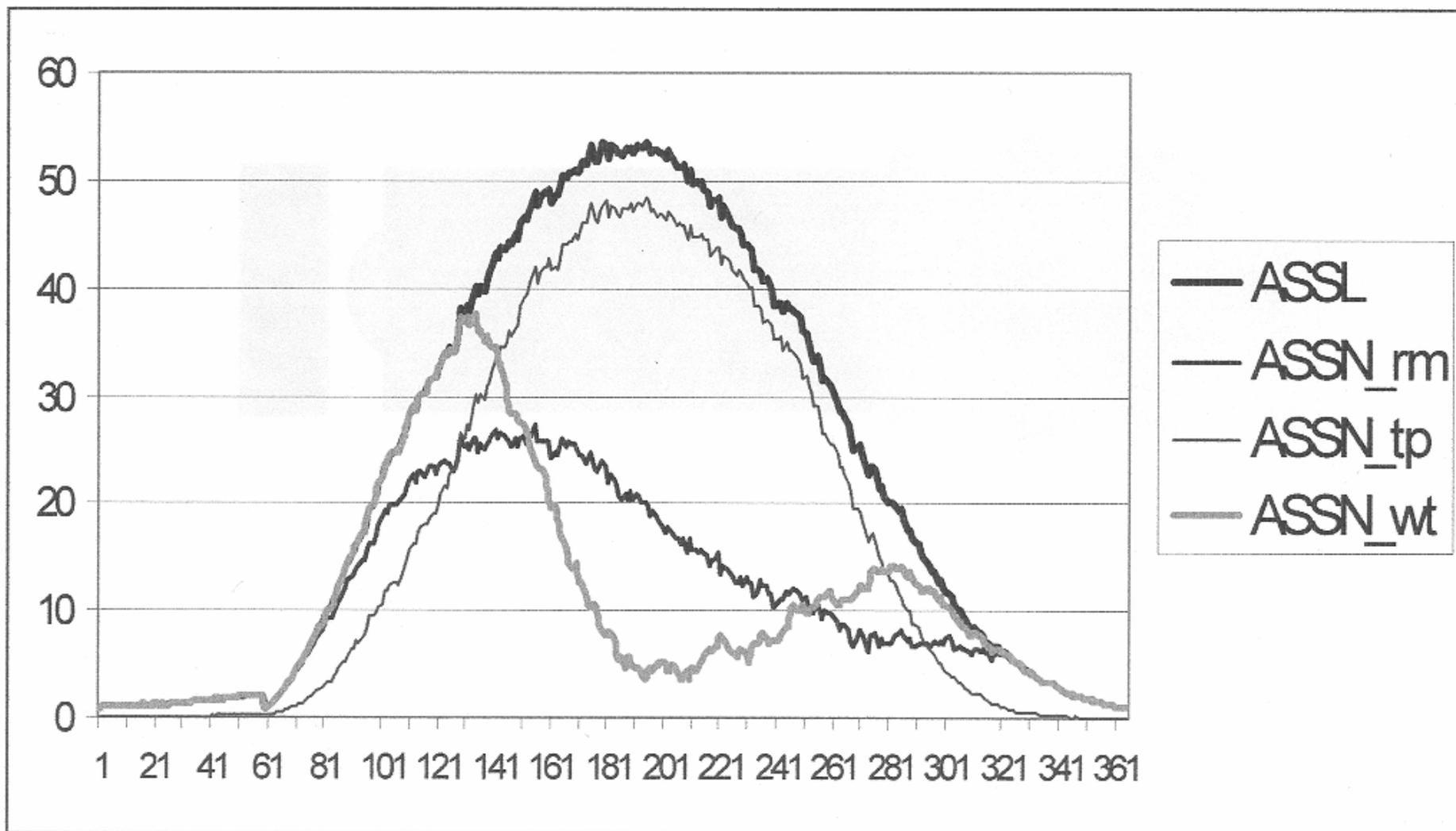
media=324; min=192; max=536

# Milano Brera - 1859-1998

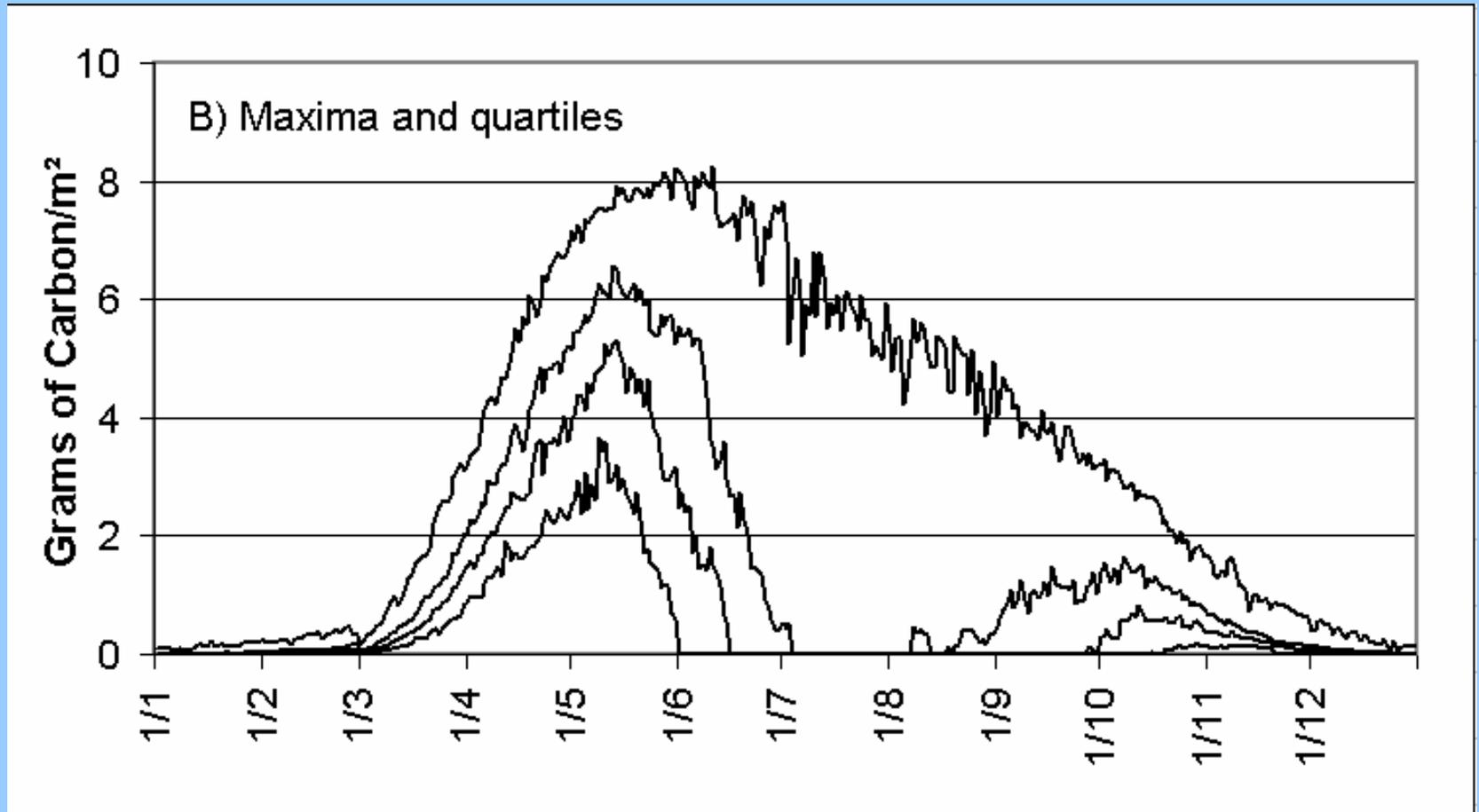


## Produzione giornaliera di un prato polifita (C assimilato in g/m<sup>2</sup>)

Valori medi stimati da un modello di produttività applicato alla serie storica 1859-1998 di Milano Brera (ASSL=assimilaz.lorda; ASSN\_rm=assimilaz.al netto della sola respirazione di mantenimento, ASSN\_tp= assimilaz.al netto della sola limitaz.termica, ASSN\_rm=assimilaz.al netto della sola limitaz.idrica (Da Mariani, Maugeri e Bocchi, in corso di stampa).



# Milano Brera - 1859-1998



## **Esempio 2 - Catania 1951-1987**

### **RIF. BIBLIOGRAFICO**

Mariani L., Maugeri M., 2002. Alcune considerazioni di tipo agro-climatico su serie storiche della Sicilia Orientale, in Atti di AIAM 2002, Acireale, pagg. 84-95..

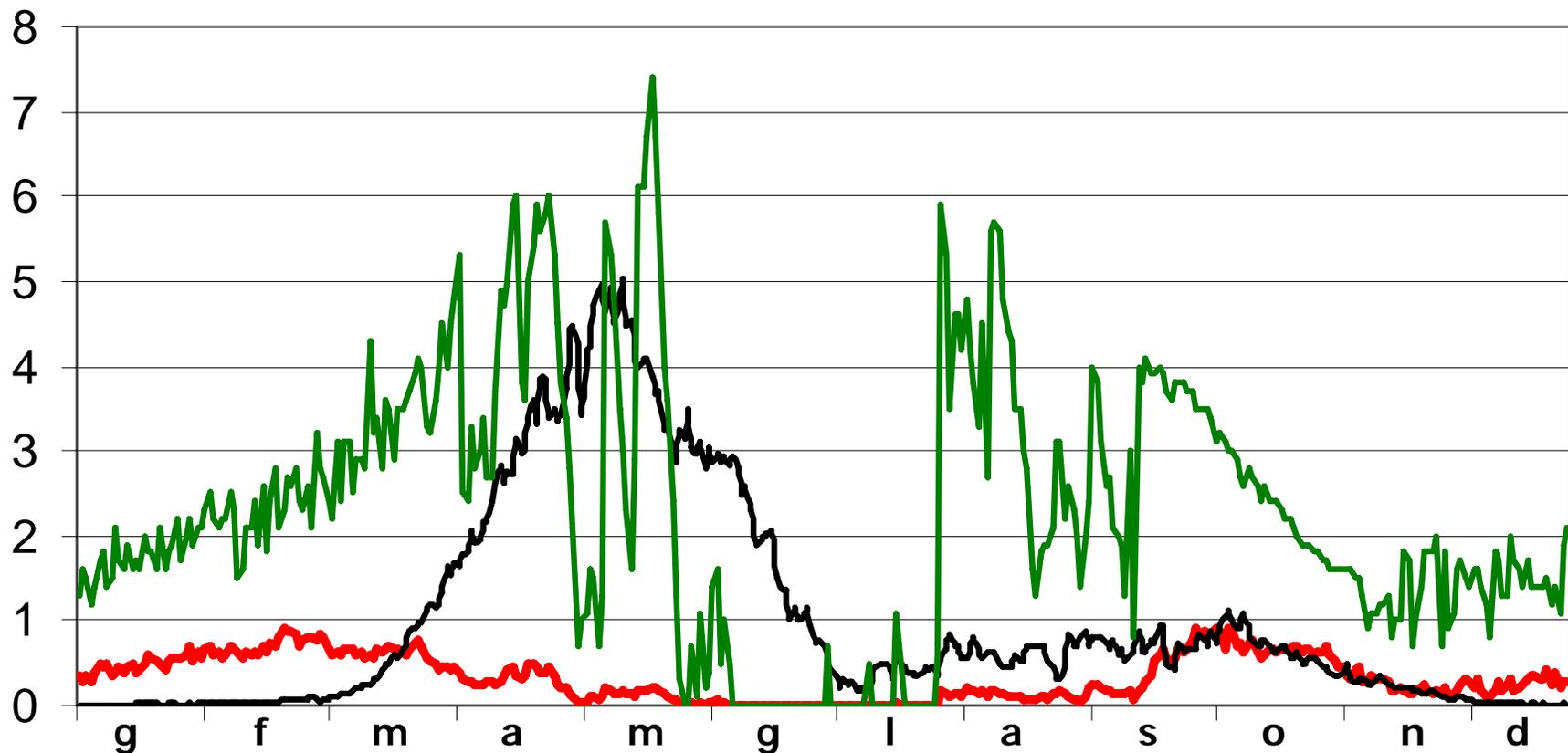
# **Serie di riferimento**

Serie storiche AM

Prato polifita non irriguo

# NPP giornaliera

(g di C m<sup>-2</sup> giorno<sup>-1</sup>)



- Catania media
- Catania massimo
- Milano media

# NPP 1951 – 1987 di Catania e Milano (g<sub>\*</sub>m<sup>-2</sup> di carbonio )

## NPP DI CATANIA

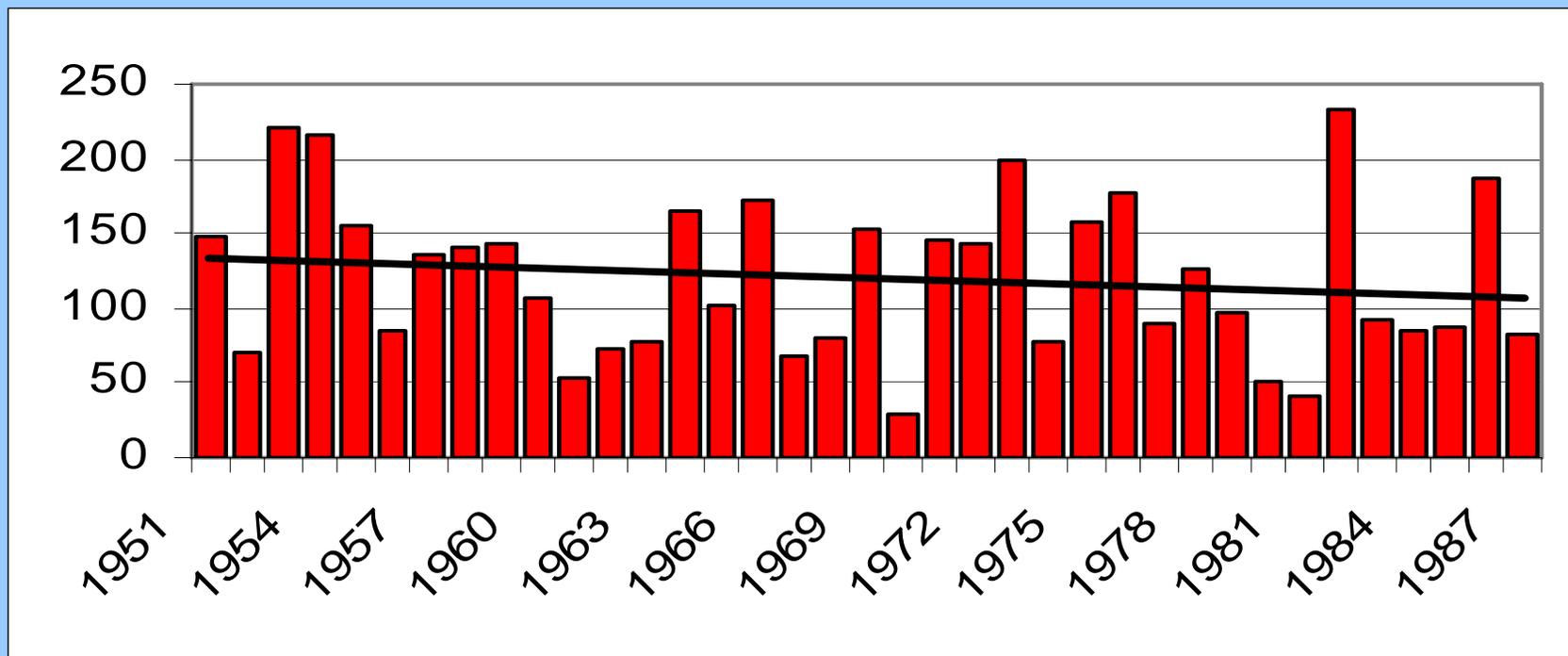
	Anno	Semestre estivo (1 aprile- 30 sett.)	Semestre invernale (1 ottobre – 31 marzo)
<b>Media</b>	<b>120.9</b>	<b>27.6</b>	<b>93.3</b>
<b>Minima</b>	<b>29</b> (1970)	<b>0</b> (1961-1962)	<b>27.0</b> (1970)
<b>Massima</b>	<b>233.5</b> (1982)	<b>135.6</b> (1951)	<b>174.5</b> (1982)

## NPP DI MILANO

	Anno	Semestre estivo (1 aprile- 30 sett.)	Semestre invernale (1 ottobre – 31 marzo)
<b>Media</b>	<b>371.1</b>	<b>320.3</b>	<b>50.7</b>
<b>Minima</b>	<b>255.4</b> (1955)	<b>211.7</b> (1974)	<b>18.5</b> (1970)
<b>Massima</b>	<b>499.7</b> (1959)	<b>433.9</b> (1951)	<b>84.5</b> (1982)

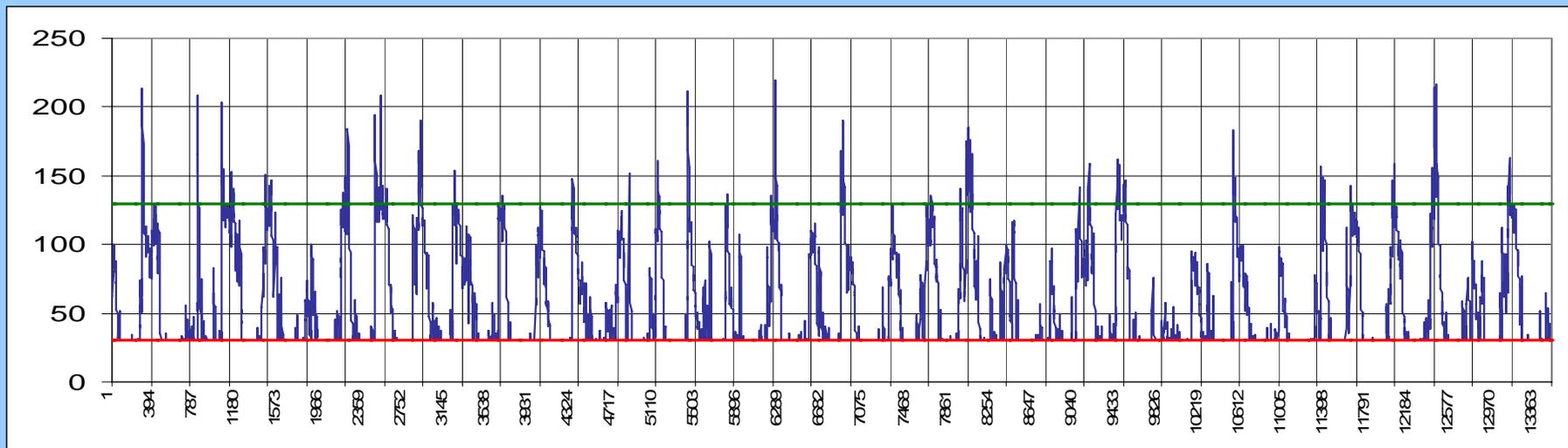
# Catania - Andamento della NPP annua

(g·m<sup>-2</sup>·anno)



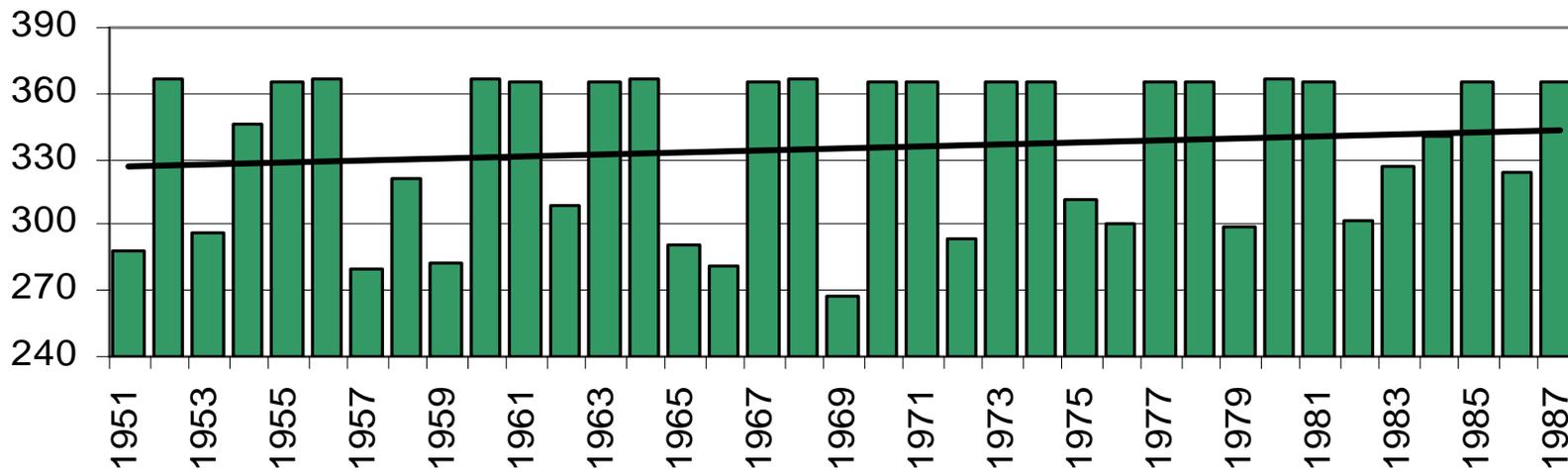
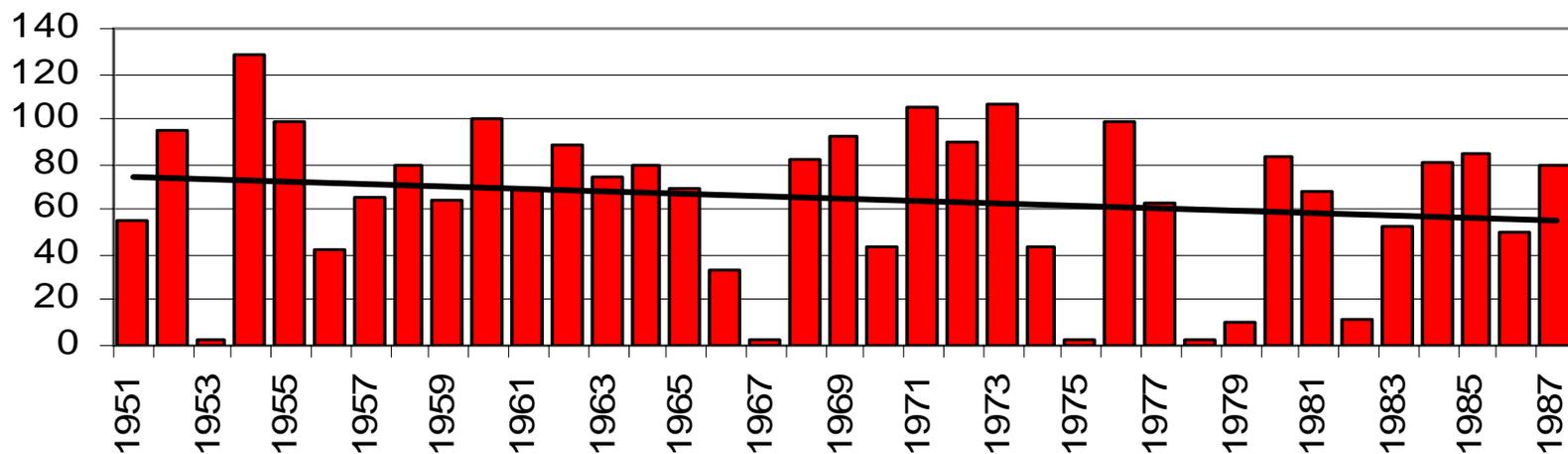
Variabilità spiccata: valori fra 29 (1970) e 234 g·m<sup>-2</sup>·y (1982).

# Catania - riserva idrica del terreno (mm/m)

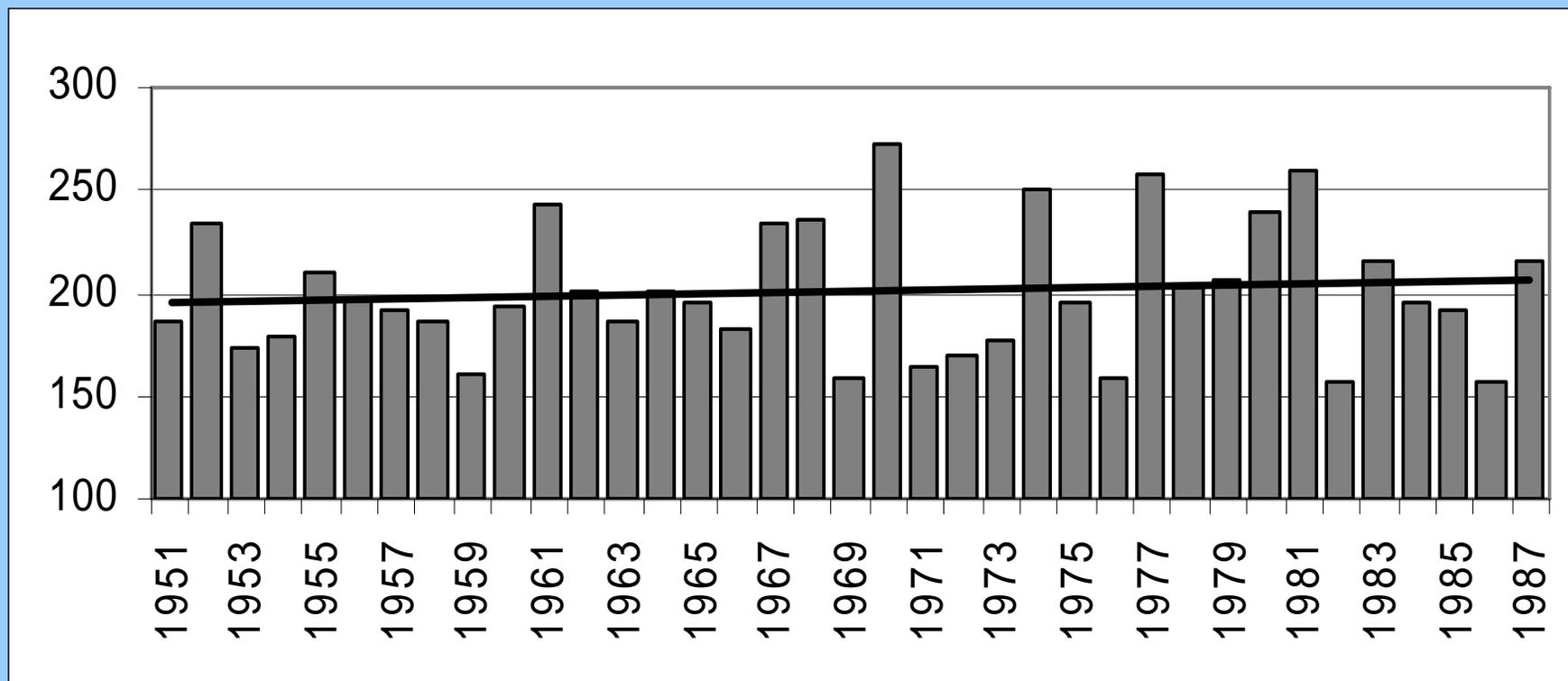


- Capacità di campo
- Punto d'appassimento

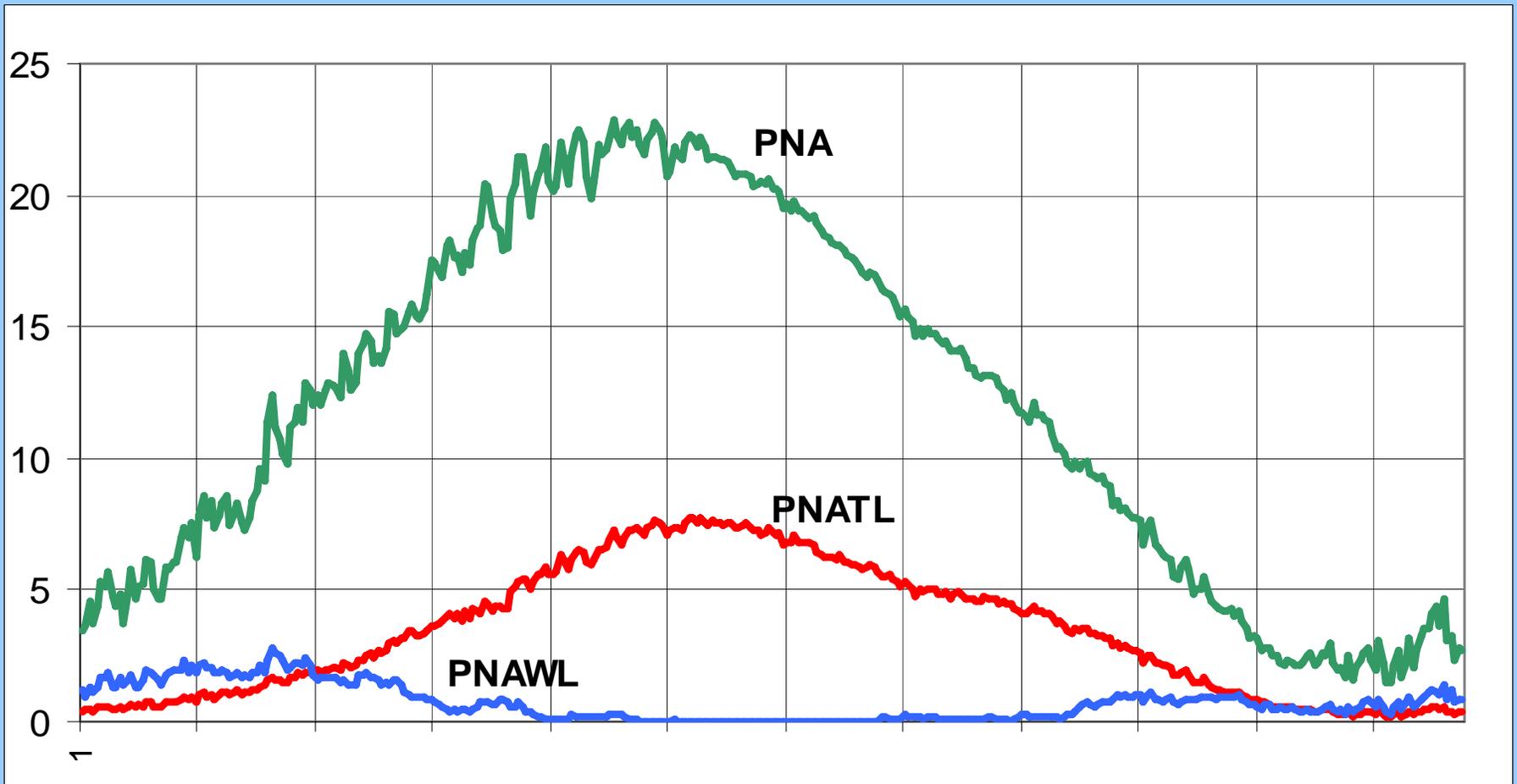
# Catania - data giuliana di primo svuotamento della riserva e di primo ripristino autunnale



# Catania - giorni con riserva vuota



# Catania - produzione giornaliera al lordo e al netto da limitazione idrica e termica ( $\text{g m}^{-2} \text{giorno}^{-1}$ )



## **Esempio 3 - Alpeggi Boron e Trela 1997-98**

### **RIF. BIBLIOGRAFICO**

Mariani L., Bocchi S., Boschetti M., Gusmeroli F., Casarini R., 2005. Modello di simulazione dinamica della produzione di pascoli in ambiente alpino, Atti del 15° convegno della Società Italiana di Agronomia, Foggia, pp. 222-224.

## **Serie di Riferimento**

Serie storiche meteo Arpa e Ersaf

Rilevamenti in alpeggio (Poetum, Nardetum - pascolo grasso e p. magro) eseguiti da Unimi-Diprove e Centro Foianini

MALGA MOLA (BS)

ALPE BORON (SO)

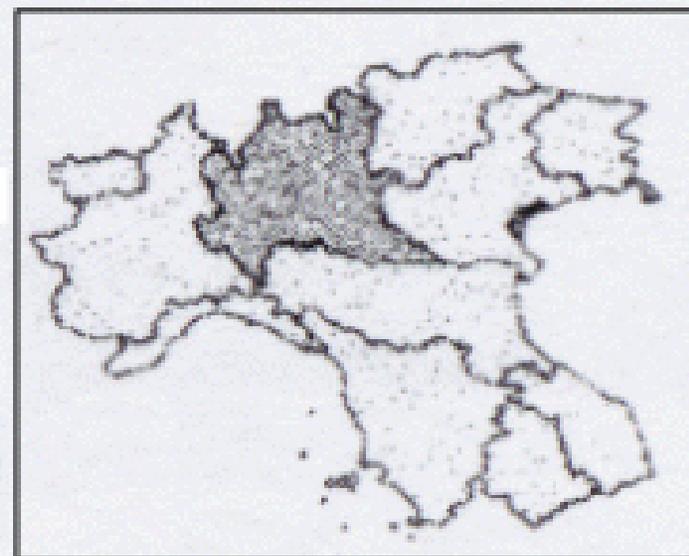
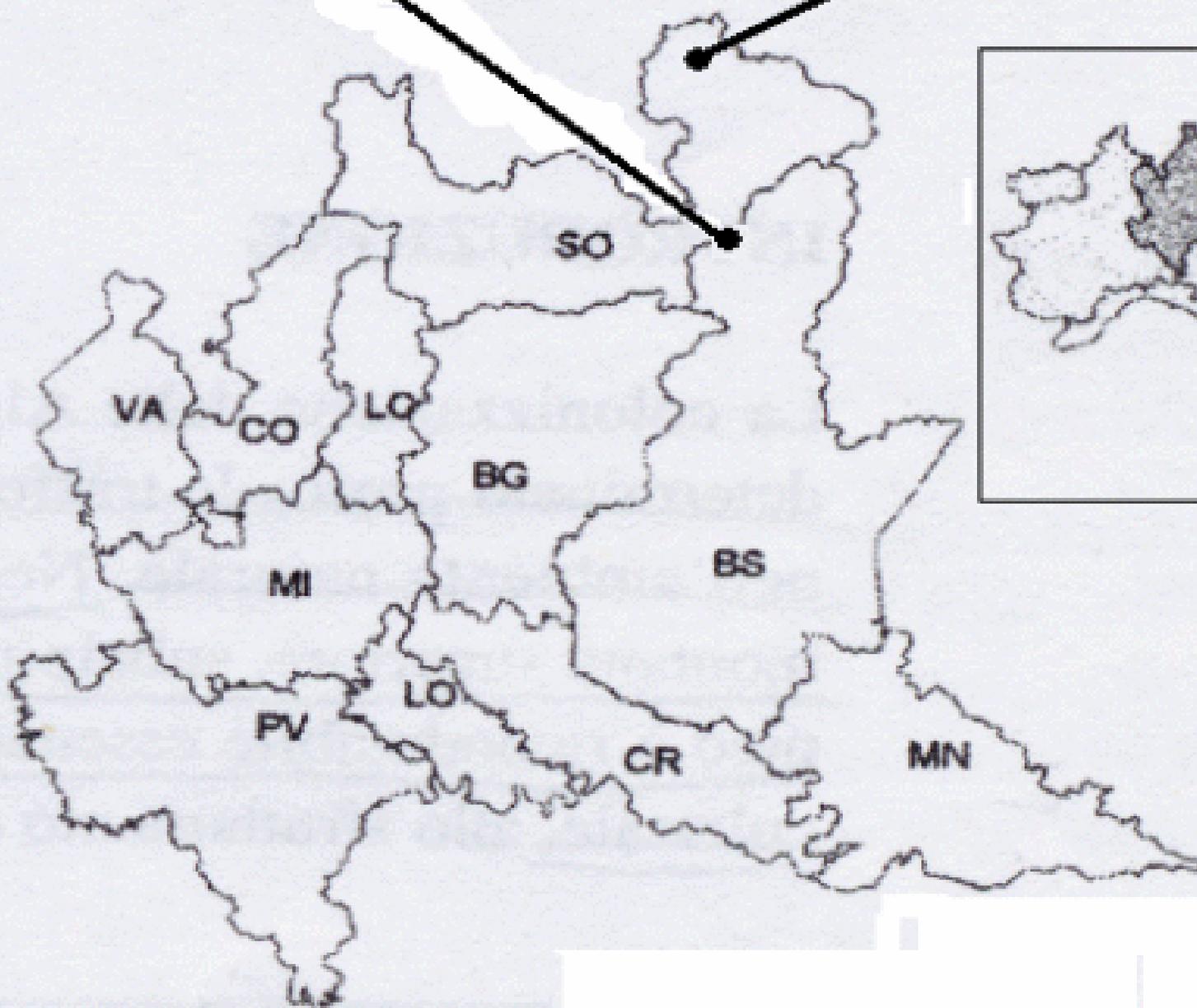
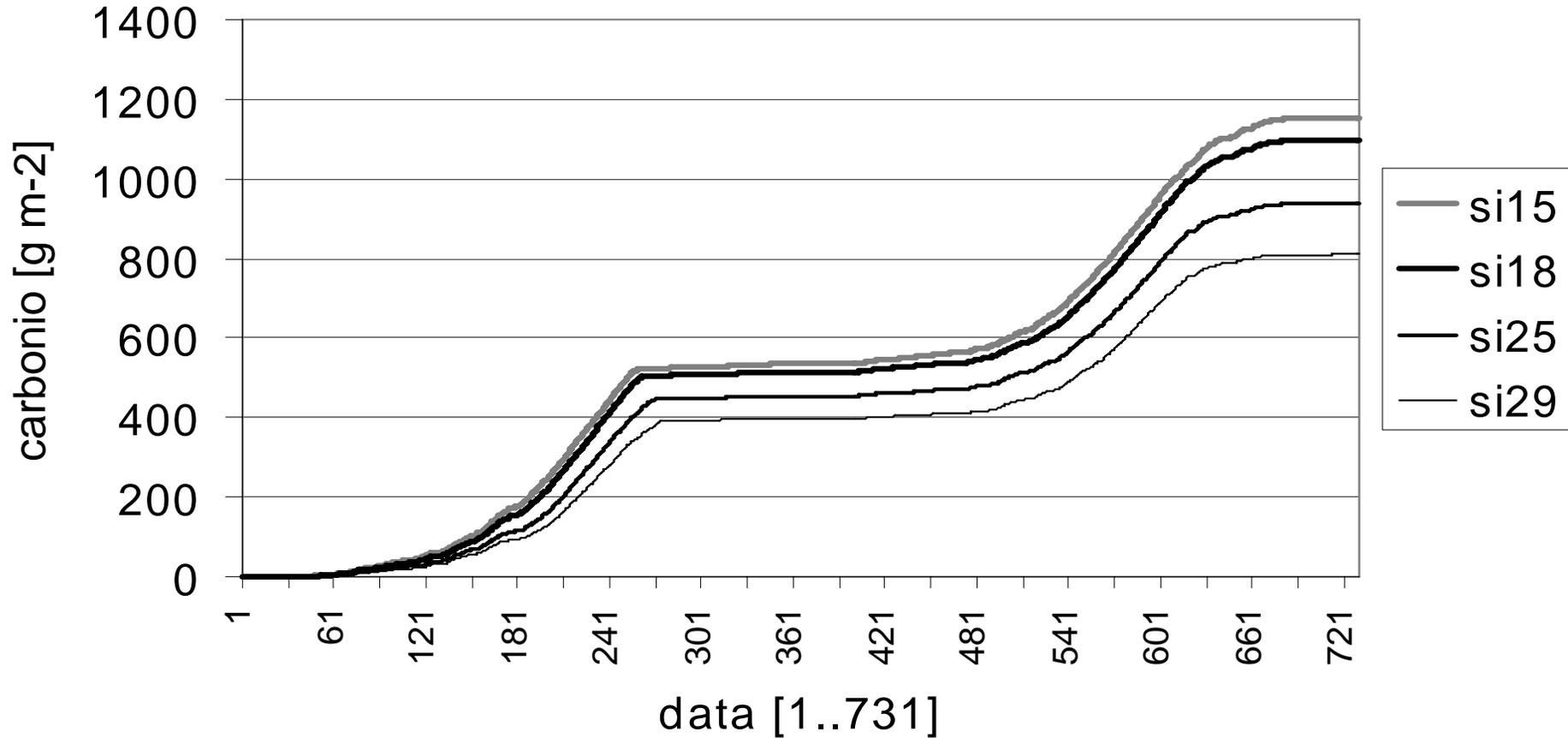


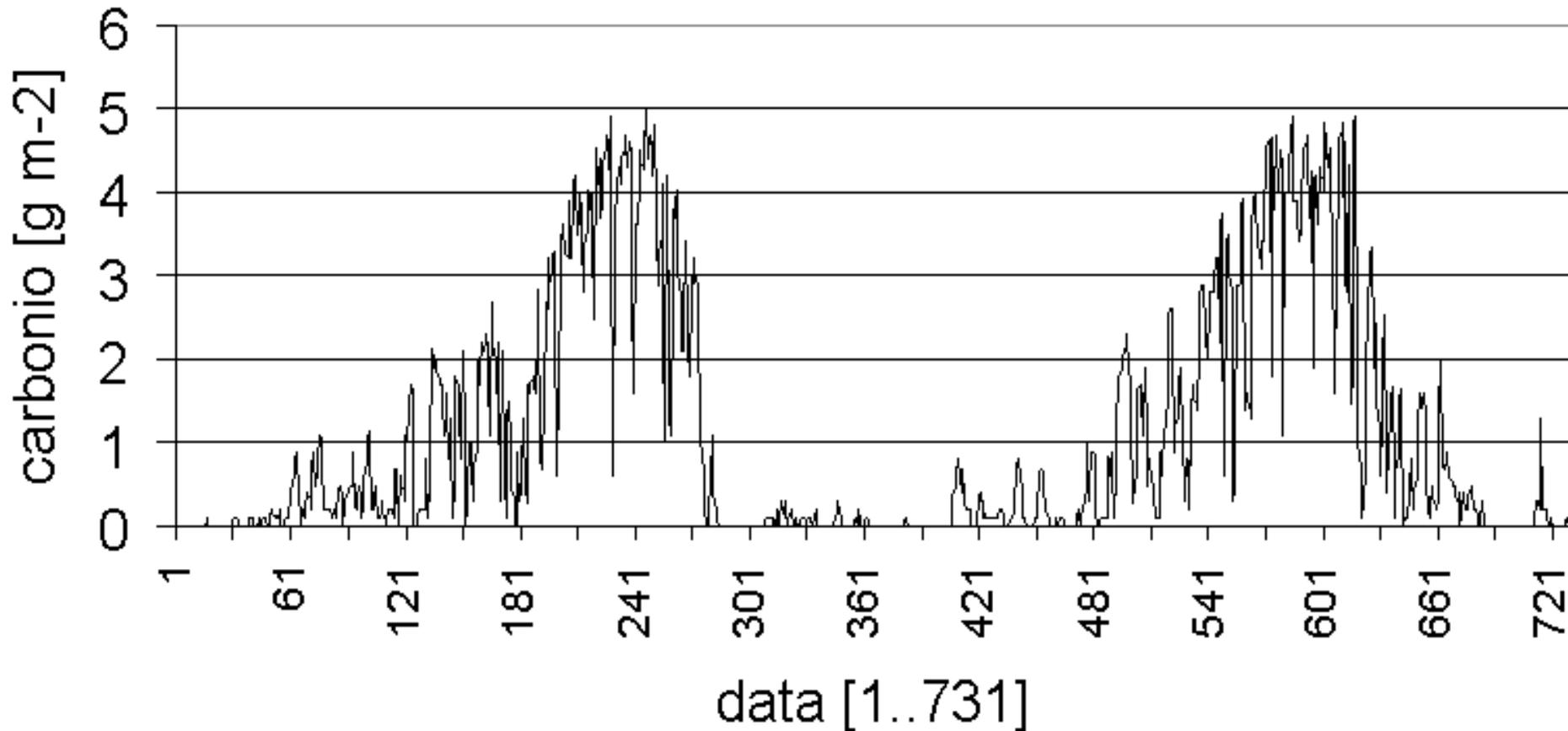


Figura 1 - Alpe Boron: vista di una delle aree di campionamento e dell'alpeggio nel suo insieme.

Cumuli di carbonio ( $\text{g m}^{-2}$ ) nel biennio 1997 – 1998 simulati per un pascolo grasso in quattro siti dell'Alpe Mola posti ad altezze crescenti (1910 m per si15, 2050 m per si18, 2106 m per si25 e 2235 m per si29).



Assimilazione giornaliera di carbonio ( $\text{g m}^{-2}$ ) nel biennio 1997 – 1998 simulata per un pascolo grasso al sito si29 di Alpe Mola (2135 msm)



Mariani L., Bocchi S., Boschetti M., Gusmeroli F., Casarini R., 2005. Modello di simulazione dinamica della produzione di pascoli in ambiente alpino, Atti del 15° convegno della Società Italiana di Agronomia, Foggia, pp. 222-224.

## **Limitazioni riscontrate**

Stazioni meteo tutte localizzate a fondovalle  
Carenza di dati di innevamento

## **Esempio 4 - CAMPUS WEATHER FORECAST**

[http://users/unimi.it/agroecol](http://users.unimi.it/agroecol)

# Bollettini per scopi didattici

Università degli Studi di Milano  
Dipartimento di Produzione Vegetale  
**CAMPUS WEATHER FORECAST**

Previsione emessa mercoledì 29 marzo '06 - redazione Luigi Mariani, Simone Parisi, Domenico Ditto  
(Gli studenti interessati a partecipare alla redazione sono pregati di prendere contatto con il prof. Luigi Mariani - luigi.mariani1@unimi.it)  
Previsione realizzata a fini didattici. L'uso per scopi operativi o commerciali è espressamente vietato. Il Servizio Meteorologico dell'Aeronautica ed il Servizio Meteo dell'ARPA sono gli organismi ufficialmente delegati all'emissione di previsioni operative sulla Lombardia. Questa previsione non è in alcun modo alternativa rispetto a tali fonti.

## EVOLUZIONE GENERALE

Tempo atlantico determina condizioni di variabilità con alternanza di rasserenamenti e annuvolamenti. Un più deciso peggioramento è atteso da mercoledì anche se l'attendibilità dei prodotti revisionali a quella scadenza è bassa. Prevedibilità complessiva dei tipi di tempo previsti: buona fino a lunedì; più bassa in seguito.

## PREVISIONE PER CITTA' STUDI - MILANO EST

nuvolosità e fenomeni significativi							
Giovedì 30/03	Venerdì 31/03	Sab 01/04	Dom 02/04	Lun 03/04	Mart 04/04	Merc 05/04	Giovedì 06/04
GIOVEDÌ 30				VENERDÌ 31			
Inizialmente poco nuvoloso con graduale aumento della copertura. In serata molto nuvoloso con piogge occasionali (classe 2, probabilità molto bassa). Vento debole di direzione variabile o calma.				Da nuvoloso a poco nuvoloso con piogge assenti. Vento debole di direzione variabile o calma.			
SABATO 01				DOMENICA 02			
Da nuvoloso a molto nuvoloso con possibili piogge serali (classe 2, probabilità moderata). Vento debole di direzione variabile o calma.				Poco nuvoloso con pioggia assente. Vento debole di direzione variabile o calma.			
LUNEDÌ 03				MARTEDÌ 04			
Poco nuvoloso con temporanei addensamenti. Pioggia assente. Vento debole di direzione variabile o calma.				Irregolarmente nuvoloso con copertura in intensificazione graduale. Possibili piogge serali (classe 2, probabilità bassa). Vento deboli variabili tendenti da sudest.			
MERCOLEDÌ 05				GIOVEDÌ 06			
Molto nuvoloso o coperto con pioggia (classe 2, probabilità moderata). Vento debole da sudest.				Inizialmente molto nuvoloso o coperto con pioggia residua (classe 2, probabilità bassa). Vento debole di direzione variabile.			

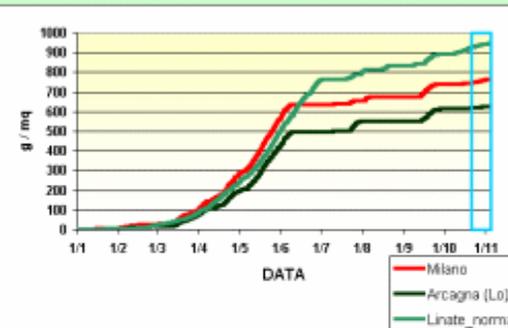
**Classi pluviometriche in 24 ore: Quantità: classe 1:** <1 mm (assenti); **classe 2:** 1-10 mm (ridotte); **classe 3:** 10-50 mm (abbondanti); **classe 4:** >50 mm (estreme) **probabilità per la classe di quantità indicata:** <1%=molto bassa; 1-30%=bassa; 30-70%=moderata; >70%=alta

	Temperature previste (°C)							
	Giovedì 30/03	Venerdì 31/03	Sab 01/04	Dom 02/04	Lun 03/04	Mart 04/04	Merc 05/04	Giovedì 06/04
<b>minima</b>	6/8	10/12	7/9	7/9	6/8	4/6	7/9	3/5
<b>massima</b>	18/20	18/20	17/19	20/22	19/21	17/19	14/16	14/16

NUVOLOSITA'					LEGENDA		FENOMENI				
0/8	1-2/8	3-5/8	6-7/8	8/8	foschia	nebbia	pioggia	neve	foehn	temporale	gelata

# Bollettini per scopi didattici sintesi 2004

## PRODUZIONE PRIMARIA NETTA (NPP)

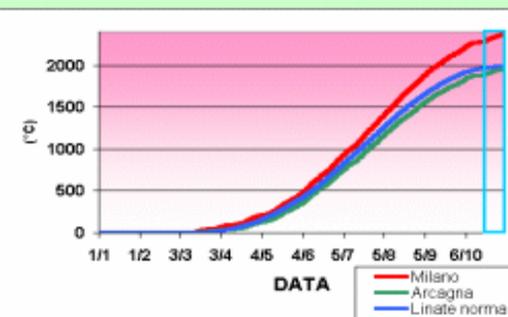


La Produzione Primaria Netta (NPP) esprime l'accumulo di carbonio da parte di una coltura vegetale. In questo caso la NPP è riferita a un piano di piante C3 (*Silvestris*) ed è stimata con il modello SIM\_PP (Marian, Bocco e Maugeri) [Dati espressi in g di carbonio m<sup>-2</sup>].

### COMMENTO

Le temperature miti favoriscono la prosecuzione dell'accumulo di sostanza secca. I valori cumulati da inizio anno sono inferiori alla norma sia a Milano sia ad Arcagna. Il fenomeno è da attribuire soprattutto alla siccità estiva che ha limitato la produttività della vegetazione non irrigata.

## SOMME TERMICHE A BASE 10°C

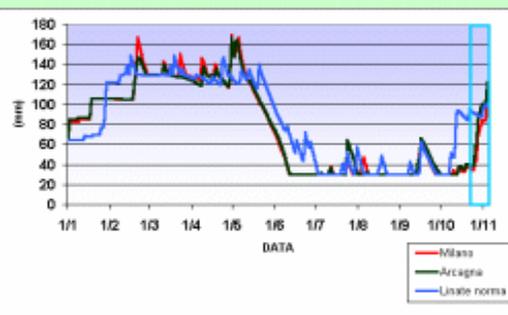


Cumulo delle unità termiche a base 10°C calcolate sottraendo 10°C alle temperature medie giornaliere, e cumulando i soli valori positivi. Le somme termiche esprimono le risorse termiche ambientali; in particolare quelle a base 10°C sono utilizzate ad esempio per colture estive e vite.

### COMMENTO

Il grafico mostra la prosecuzione degli accumuli di unità termiche che si manterrà anche per la prossima settimana. Si noti che grazie all'anomalo accumulo autunnale Arcagna sta per rientrare nella norma.

## BILANCIO IDRICO DEL SUOLO



Il bilancio idrico consente di valutare l'acqua disponibile per le colture. Il bilancio qui presentato è svolto con l'unità di bilancio idrico del modello SIM\_PP (Marian, Bocco e Maugeri). Si considera un serbatoio unico con capacità di campo a 130 mm e punto di appassimento a 30 mm. Bilancio annato con contenuto idrico pari al 50% della riserva utile massima.

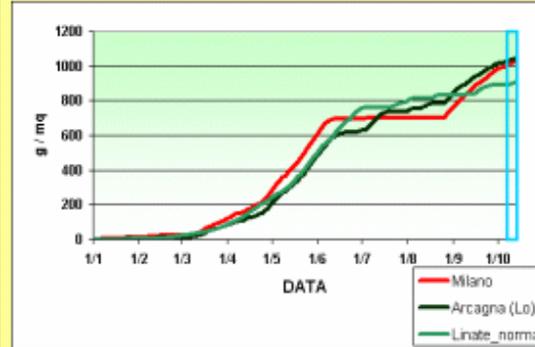
### COMMENTO

Le precipitazioni della scorsa settimana e quelle dei prossimi 7 giorni provocano la veloce ricarica della riserva. Il grafico mostra i caratteri salienti del 2004 (svuotamento estivo anticipato e riempimento autunnale posticipato rispetto alla norma).

Fonti: per Arcagna si utilizzano i dati meteorologici della stazione UCEA di Montanaro ([www.ucea.it/](http://www.ucea.it/)); per Linate la ricostruzione delle normali climatiche giornaliere è effettuata applicando un generatore di dati alle normali climatiche mensili 1971-2000 del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica ([www.meteo.gov.it](http://www.meteo.gov.it))

# Bollettini per scopi didattici sintesi 2005

## PRODUZIONE PRIMARIA NETTA (NPP)

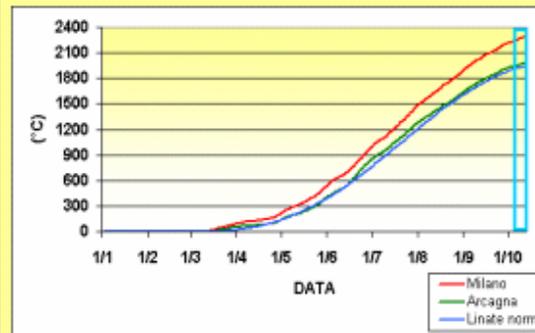


La Produzione Primaria Netta (NPP) esprime l'accumulo di carbonio da parte di una *canopy* vegetale. In questo caso la NPP è riferita a un prato di piante C3 (*Arrhenatheretum*) ed è stimata con il modello SIM\_PP (Mariani, Bocchi e Maugeri) [Dati espressi in g di carbonio m<sup>-2</sup>]

### COMMENTO

La stasi estiva dovuta alla *carenza* idrica si è interrotta a fine agosto in coincidenza con il graduale ripristino della riserva. Nei prossimi sette giorni è prevista la graduale prosecuzione dell'incremento mentre la produzione di Milano si approssimerà sempre più a quella di Arcagna.

## SOMME TERMICHE A BASE 10°C



Cumulo delle unità termiche a base 10°C calcolate sottraendo 10°C alle temperature medie giornaliere, e cumulando i soli valori positivi. Le somme termiche esprimono le risorse termiche ambientali; in particolare quelle a base 10°C sono utilizzate ad esempio per colture estive e vite.

### COMMENTO

Pienamente nella norma le somme termiche cumulate ad Arcagna. Si mantiene invece l'anomalia positiva nei cumuli di Milano in virtù dell'isola di calore urbano.

## BILANCIO IDRICO



Il bilancio idrico del suolo consente di valutare l'acqua disponibile per le colture. Il bilancio qui presentato è svolto con l'unità di bilancio idrico del modello SIM\_PP (Mariani, Bocchi e Maugeri). Si considera un serbatoio unico con capacità di campo a 130 mm e punto di appassimento a 30 mm. Bilancio avviato con contenuto idrico pari al 50% della riserva utile massima.

### COMMENTO

La buona piovosità *progressa* e prevista mantiene la riserva su livelli elevati, prossimi alla capacità di campo. Si osserva che nel 2005 il ripristino è iniziato in anticipo rispetto alla norma.