

ALCUNE CONSIDERAZIONI DI TIPO AGROCLIMATICO SU SERIE STORICHE DELLA SICILIA ORIENTALE

L. Mariani, M. Maugeri
Università degli Studi di Milano
anamar@tin.it

Riassunto

Nel presente lavoro viene applicato alla serie storica di Catania (1951-87) un modello di simulazione dinamica della produttività di un prato polifita al fine di stimare la produttività primaria netta (NPP). I risultati ottenuti mostrano una considerevole variabilità interannuale che è tipica degli ambienti mediterranei caratterizzati da notevoli risorse radiative, sensibile peso delle limitazioni idriche e scarso peso delle limitazioni termiche. I risultati ottenuti per Catania vengono confrontati con i risultati ottenuti operando sulla serie storica di Milano – Brera.

Abstract

A dynamic simulation model is here applied to detect the Net Primary productivity of a meadow.

The results show a strong interannual variability that is typical of the Mediterranean environments, characterised by strong sunlight resources, strong water limitations and little thermal limitations.

The results obtained for Catania time series are compared with results obtained for the Milano Brera time serie, representative of the more continental climate of the Po valley (North Italy).

Introduzione

Questo convegno dà l'occasione di applicare ad una serie storica siciliana una metodologia di indagine agroclimatica messa a punto e sperimentata per la prima volta nel 2001 sulla serie storica di Milano Brera (1763-1998) ove aveva dato risultati a nostro giudizio interessanti, tanto che ne abbiamo ricavato una pubblicazione attualmente sottoposta a referee presso la rivista Climatic Change. La serie storica giornaliera prescelta è stata quella di Catania del Servizio Meteorologico dell'Aeronautica (1951-1987).

In particolare l'approccio impiegato focalizza l'attenzione sulla Net Primary Productivity (NPP) stimata in assenza d'irrigazione. Per NPP di una comunità vegetale si intende la quantità di carbonio accumulata nell'unità di tempo per unità di superficie (Cox & Atkins, 1979) ed è un fondamentale indicatore ecologico per tutti gli ecosistemi, un indicatore che ha in questi anni assunto anche una valenza più ampia in quanto viene considerato nei calcoli relativi a sorgenti e pozzi di CO₂.

Nella vegetazione naturale e nelle colture NPP è influenzato dalle differenti variabili meteorologiche, che agiscono come variabili guida per gli ecosistemi. Ad esempio in alcuni casi si è dimostrato che oltre l'80% della variabilità interannuale della produttività degli ecosistemi agricoli è determinata dalla variabilità delle condizioni meteorologiche, ed in particolare tale fenomeno è avvertibile nei sistemi privi di irrigazione (Hoogenboom, 2000).

In particolare la NPP è fortemente influenzata dalla radiazione solare, dalla temperatura dell'aria e dalla precipitazione. La radiazione solare infatti fornisce l'energia per il processo di fotosintesi, la temperatura dell'aria è la principale variabile atmosferica che agisce sul tasso di sviluppo mentre la precipitazione, con gli altri termini del bilancio idrico (evapotraspirazione, ruscellamento, ecc.) determina la disponibilità di acqua a livello delle radici ed in tal modo influenza gran parte dei processi di crescita delle piante. I gradienti latitudinali delle variabili meteorologiche nel nostro emisfero mostrano con chiarezza che la radiazione e la temperatura sono i fattori più critici alle alte latitudini mentre le precipitazioni lo sono alle basse latitudini (Larcher, 1983; Cox & Atkins, 1979).

La metodologia applicata

Esistono fondamentalmente due strade per giungere a stimare la NPP di un ecosistema:

1. stima della differenza fra fotosintesi e respirazione in base alle sole variabili meteorologiche;
2. stima della produttività fondata su dati da remote sensing (soprattutto immagini da satellite).

Il nostro lavoro si è svolto utilizzando il primo approccio ed è consistito nel modellizzare la NPP di una prateria di piante C3 (graminacee e leguminose) passando attraverso:

- La stima dell'assimilazione potenziale netta PNA a partire dalla radiazione solare e tenendo conto delle perdite respiratorie;
- L'applicazione a PNA delle limitazioni idriche e termiche in modo da giungere a stimare NPP.

Il modello realizzato opera con passo giornaliero (un loop orario è previsto unicamente in sede di valutazione degli effetti di contrazione della produttività legati alle temperature).

In primo luogo si procede alla stima dell'assimilazione potenziale netta (PNA) e cioè del carbonio assimilato in presenza di condizioni idriche e termiche ottimali per la fotosintesi

Primo step per giungere a PNA è dato dal calcolo dell'assimilazione potenziale lorda di CO₂ - GASS (g m⁻² day⁻¹ di carboidrati). Per tale stima si è considerata una canopy di C3 con angolo fogliare sferico ed un tasso di

assimilazione massima di $4 \text{ g m}^{-2} \text{ ora}^{-1}$ di carboidrati (Goundriaan & Van Laar, 1978; van Heemst, 1986) impiegando la formula (van Keulen & Wolf, 1986):

$$GASS = (f_0 * F_{ov} + (1 - f_0) * F_{cl}) * 0.68 * fh$$

Ove:

- F_{cl} e F_{ov} per la latitudine in esame sono stati ottenuti attraverso le tavole presentate in Goundriaan & Van Laar (1978);
- f_0 è la frazione di giorno in cui il cielo è coperto (1=cielo del tutto coperto; 0=cielo del tutto sereno). Tale valore è stato ottenuto con un semplice modello a regressione basato su Tgr e Tgr_{max} , ove Tgr è la radiazione totale giornaliera ($\text{MJ/m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$) stimata con il modello di Donatelli & Campbell (1998) e Tgr_{max} è il valore massimo astronomico della radiazione stessa ($\text{MJ/m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$) in funzione del periodo dell'anno;
- 0.68 (= 30/44) è il fattore di conversione da CO_2 a carboidrati (CH_2O);
- fh esprime la frazione di radiazione solare intercettata dalla canopy ed è il risultato dell'equazione $fh = 1 - \exp(-k_e * LAI)$ ove si è adottato un valore di 0.65 per il k_e (coefficiente di estinzione della canopy) e si sono impiegati i valori di LAI (Leaf Area Index) riportati in tabella 1.

Tabella 1 – valori di LAI adottati per la simulazione e riferiti al primo giorno di ogni mese.

gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
5.5	5.5	5	4.5	4	3.5	3	2	2	2.5	4	5

Una volta ottenuto $GASS$, PNA è stato calcolato con la seguente formula:

$$PNA = (GASS - MRES) * EC * 0.4$$

Ove:

- $MRES$ ($\text{g m}^{-2} \text{ day}^{-1}$) sono le perdite per respirazione di mantenimento espresse con l'equazione $MRES = TDW * rm$ ove rm è la respirazione di mantenimento (i valori adottati sono ricavati per interpolazione lineare sui valori in tabella 2) e TDW (peso secco totale) è ottenuto adottando un peso standard di $200 \text{ g} * \text{unità di } LAI^{-1} * \text{m}^{-2}$;
- EC (g/g) è un coefficiente che esprime l'efficienza di conversione dei carboidrati in strutture dei vegetali (si è adottato un valore costante di 0.65);
- 0.4 (= 12/30) è il coefficiente di conversione da carboidrati (CH_2O) a carbonio (C).

Infine NPP (espresso come massa di C per m^2) viene ricavato per mezzo della formula seguente:

$$NPP = 0.65 * 0.4 * GASS * (1 - MRES/GASS) * WLF * TLF$$

ove WLF e TLF sono, rispettivamente, i fattori limitanti dell'assimilazione netta giornaliera legati all'acqua e la temperatura.

In particolare WLF è stato ricavato in base all'approccio proposto da van Laar et al. (1992) e si basa su una valutazione della disponibilità idrica a livello radicale svolta per mezzo di un bilancio idrico semplificato che adotta le seguenti assunzioni:

- uno stato di suolo di 50 cm esplorati dalle radici;
- un suolo franco e di buona struttura con capacità idrica massima di 220 mm/m, capacità di campo di 130 mm/m e punto di appassimento di 32 mm/m.

L'equazione del bilancio idrico è:

$$wc_d = wc_{d-1} + ru - inf - et$$

ove:

- wc_d and wc_{d-1} (mm) sono i contenuti idrici ai giorni d e $d-1$;
- ru (mm) è la pioggia utile espressa dall'equazione $ru = (pioggia_totale - ec) * (1 - rc)$, ove il coefficiente ec (valore costante di 2 mm) è l'acqua piovana evaporata dalle superfici prima di pervenire al suolo ed il coefficiente di runoff è stato posto pari a 0.15 per tutto l'anno;
- inf (mm) è l'infiltrazione che elimina gradualmente l'acqua eccedente la capacità di campo;
- et (mm) è evapotraspirazione giornaliera ricavata con l'equazione di Penman-Monteith, applicata considerando una velocità del vento costante di 3 m/s, l'approccio di Benincasa et al. (1991) per la stima dell'umidità relativa e l'approccio di Donatelli & Campbell (1998) per la stima della radiazione solare globale.

TLF è stato invece ottenuto considerando un tasso di accumulo di biomassa nullo per temperature inferiori a 7 °C e superiori a 35 °C e definendo un range termico ottimale fra 20 e 28°C. Per condizioni sub-ottimali il fattore TLF è stato ottenuto per interpolazione lineare. La ciclicità termica giornaliera è stata considerata stimando dapprima il fattore limitante per ogni singola ora e poi mediando sulle 24 ore (Denison & Loomis, 1987).

Risultati ottenuti

1. La serie di NPP

La figura 1 e la tabella 2a riassumono i risultati del modello in termini di NPP annua per la stazione di Catania. Si noti la spiccata variabilità interannuale, con produttività oscillante fra $29 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (1970) e $233.5 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (1982), con una media di $120.9 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$.

Tabella 2a – NPP di Catania espresse in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (periodo 1951 – 1987)

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

Tabella 2b – NPP di Milano espresse in $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ (periodo 1951 – 1987)

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

A titolo di raffronto in tabella 2b si riporta la produttività primaria di Milano relativa al medesimo periodo. Si osservi che la media ($370.8 \text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$) risulta circa tripla rispetto a quella di Catania e che a Catania predomina la produttività del semestre invernale (ottobre-marzo) mentre a Milano prevale quella estiva (aprile – settembre).

L'andamento medio giornaliero della NPP è invece mostrato in figura 2, in cui si presentano la media giornaliera e la media + 1 deviazione standard. Nello stesso grafico si riporta anche la NPP media giornaliera di Milano.

2. Le variabili guida della produttività primaria

Passiamo ora in rassegna alcune fra le indicazioni che il modello ci fornisce in merito alle variabili che determinano la NPP. Anzitutto ci soffermiamo sul contenuto idrico del suolo come fattore cruciale per la produttività.

A tale riguardo la figura 3 riassume in un diagramma sinottico l'andamento del contenuto idrico del terreno a livello giornaliero simulato per l'intero periodo considerato (13514 giorni). In particolare si evidenziano in modo qualitativo le fasi di deficit che caratterizzano il periodo dalla tarda primavera al primo autunno.

Per cogliere in termini quantitativi il fenomeno si riportano le figure 4, 5, 6, 7, 8. In particolare la figura 4 mostra l'andamento giornaliero del deficit idrico, inteso come cumulo dei valori negativi della differenza fra contenuto idrico del terreno e punto di appassimento. Si noti come in media il deficit complessivo annuo raggiunga valori di circa 900 mm. La figura 5 mostra

Figura 1 – Andamento temporale della produttività primaria netta NPP annua ($g \cdot m^{-2} \cdot anno$)

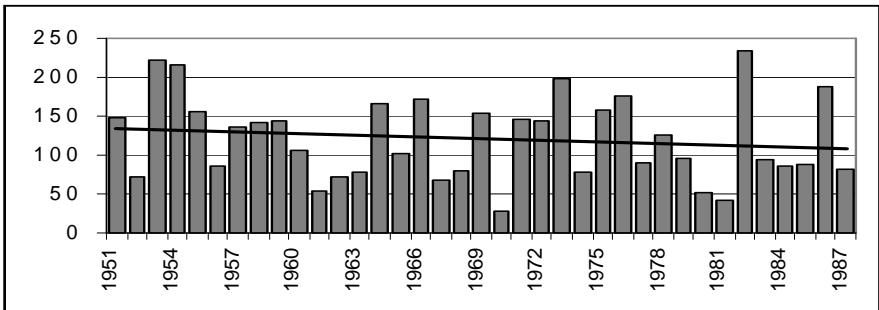


Figura 2 – produttività primaria netta giornaliera NPP espressa in g di C m^{-2} $giorno^{-1}$ (periodo 1951-87). La linea spessa più bassa rappresenta la media giornaliera, quella più alta la massima giornaliera; la linea nera sottile è stata inserita a scopo di confronto e rappresenta la NPP di Milano per lo stesso periodo.

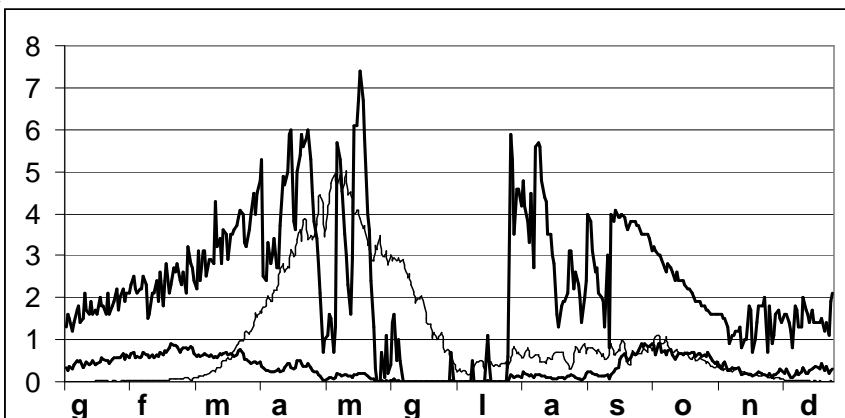
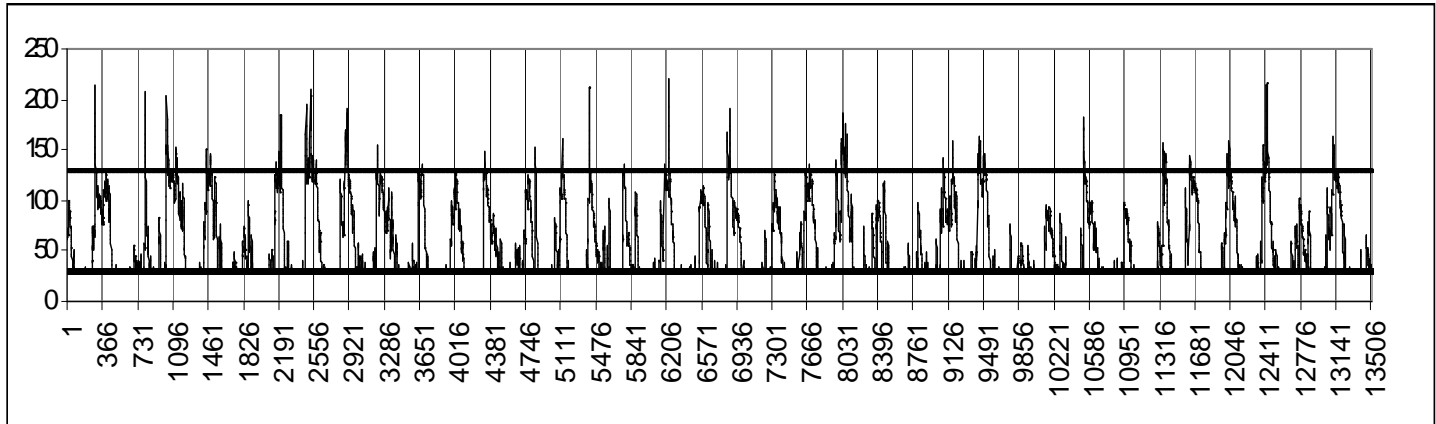


Figura 3 – andamento del bilancio idrico giornaliero per il periodo 1951-1987 (la linea orizzontale più bassa rappresenta il punto di appassimento - pa; quella più alta la capacità di campo - cc). Si osservi come il periodo invernale appaia quello con maggiori disponibilità idriche nel suolo.



invece la serie temporale dei deficit idrici annui mentre le figure 6, 7, 8 rappresentano rispettivamente il primo giorno in cui si registra il completo svuotamento della riserva, il numero di giorni annui con riserva vuota e il primo giorno dopo l'estate in cui si assiste al completo riempimento della riserva stessa.

Se il bilancio idrico costituisce un fondamentale fattore limitante per la produzione dei vegetali in ambito mediterraneo, una variabile guida fondamentale è senza dubbio costituita dalla radiazione solare, il cui andamento giornaliero è illustrato in figura 9.

La figura 10 infine illustra l'andamento giornaliero del termine PNA (assimilazione potenziale netta) e della stessa al netto della sola limitazione idrica (PNAWL) e della sola limitazione termica (PNATL). Tale grafico è particolarmente significativo in quanto consente di cogliere il peso che le limitazioni dovute alla carenza idrica ed all'eccesso o difetto termico hanno sulla produzione. In termini quantitativi si evidenzia che la PNA media annua è di 4413 g di C m⁻² mentre PNATL è di 1244 g e PNAWL è infine di 262 g. Si rammenta che è proprio applicando in contemporanea a PNA le due limitazioni (idrica e termica) che giungiamo a ricavare la produttività primaria netta NPP. Alcune considerazioni possono essere infine fatte in merito alle tendenze che si evidenziano nelle serie considerate. Anche se non è stata svolta una analisi statistica specifica alla ricerca di trend, a livello visivo sembra di individuare una diminuzione della produttività primaria dell'ecosistema a fronte di un accentuarsi del deficit idrico.

Conclusioni

L'analisi agroclimatica della serie storica di Catania ha consentito di evidenziare in termini quantitativi le potenzialità ed i limiti in termini agricoli e silvo-pastorali di un areale a clima mediterraneo ed in particolare ha posto in luce:

- la rilevanza delle risorse radiative
- il peso contenuto delle limitazioni termiche
- il sensibile peso delle limitazioni idriche.

L'indagine svolta presenta carattere preliminare e pertanto è suscettibile di approfondimento nel modo seguente:

- estendendo l'arco temporale di indagine a serie storiche secolari
- estendendo il numero delle stazioni considerate
- svolgendo analisi statistiche appropriate per evidenziare i trend in atto
- introducendo nell'indagine serie accessorie (es: serie storiche giornaliere di velocità del vento) che sono di notevole importanza per stimare in modo realistico i valori di evapotraspirazione effettiva.

Figura 4 – andamento del deficit idrico giornaliero (mm). La curva più bassa rappresenta il deficit medio, la più alta il valore medio + una deviazione standard.

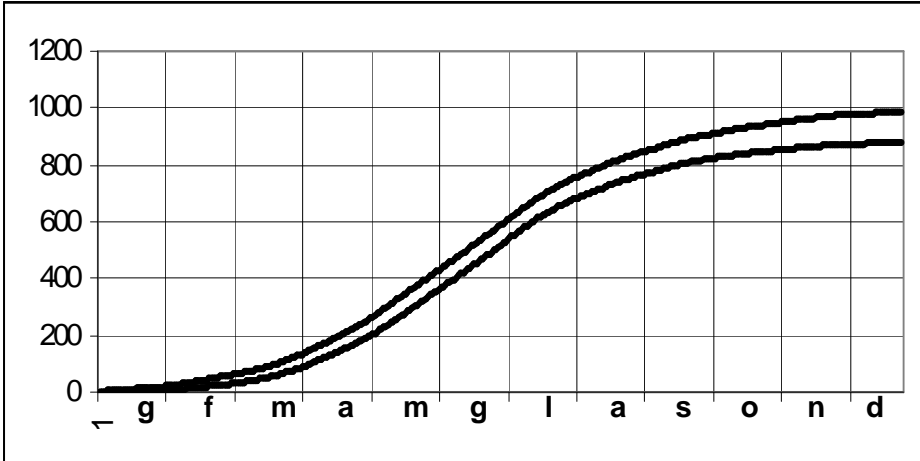


Figura 5 – andamento del deficit idrico (mm). (def_ct)

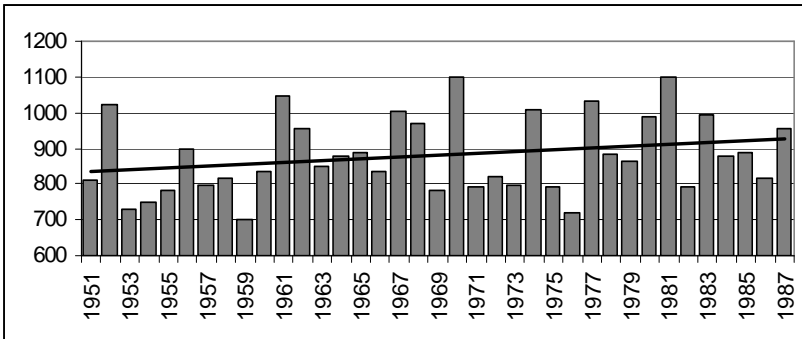


Figura 6 - primo giorno dell'anno con riserva vuota. Si noti che in tre casi (1953, 1967, 1975 e 1978) la riserva sia risultata vuota a inizio anno.

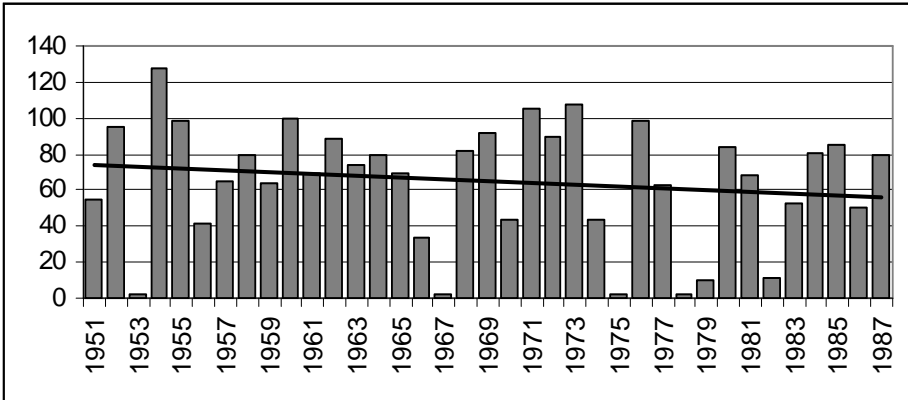


Figura 7 – numero di giorni annui in cui la riserva è risultata vuota (riserva_ct)

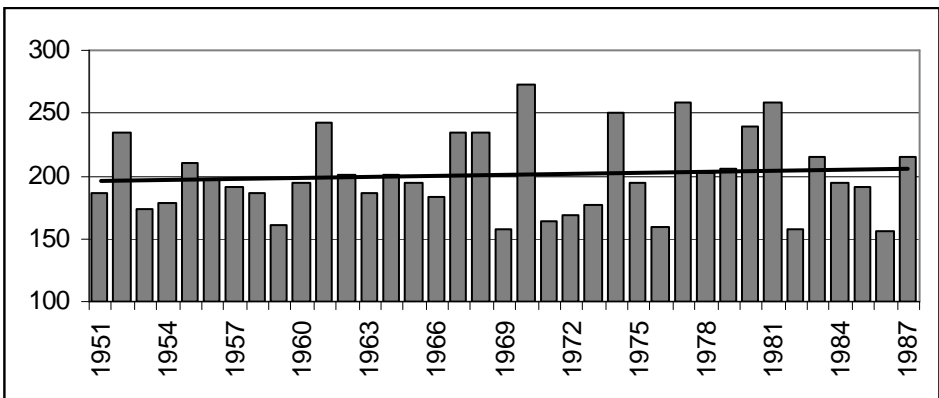


Figura 8 - primo giorno successivo all'estate in cui la riserva viene ripristinata. Si osservi che l'anno con ripristino più precoce è stato il 1969 (riserva ripristinata il 24 settembre) e che in ben 19 casi (1952, 1955, 1956, 1960, 1961, 1963, 1964, 1967, 1968, 1970, 1971, 1973, 1974, 1977, 1978, 1980, 1981, 1985, 1987) la riserva non sia stata completamente ripristinata entro la fine dell'anno (dd_ricar).

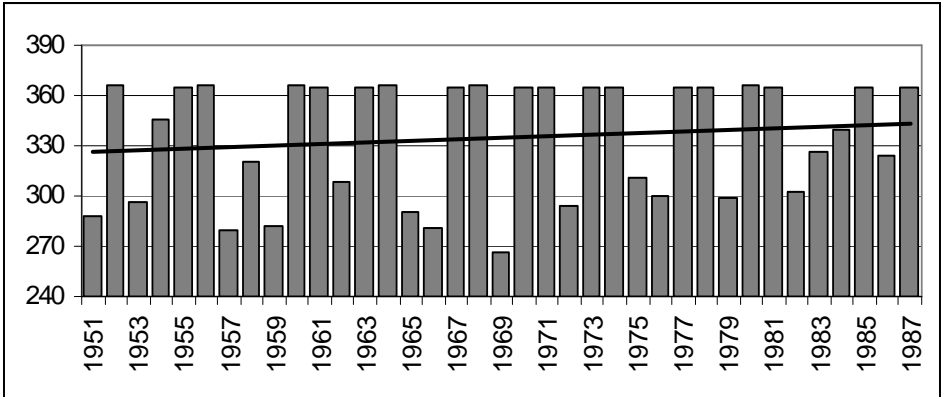


Figura 9 – Radiazione globale giornaliera (MJ m^{-2}) stimata con l'algoritmo di Campbell e Donatelli. La curva più bassa rappresenta il valore giornaliero medio, la più alta il valore medio + una deviazione standard.

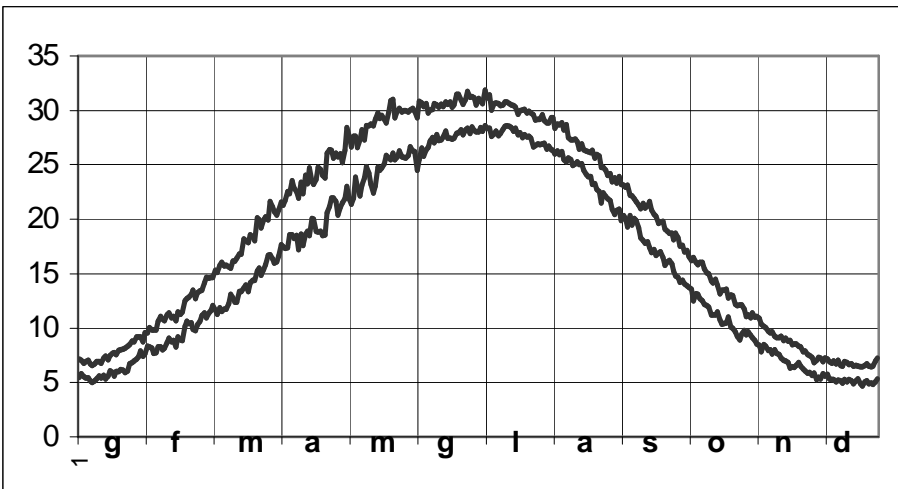


Figura 10 – Assimilazione potenziale al lordo delle limitazioni idriche e termiche (PNA), al netto della sola limitazione termica (PNATL) e della sola limitazione idrica (PNAWL).

