



SERVIZIO AGROMETEOROLOGICO REGIONALE PER LA SARDEGNA

ANALISI AGROCLIMATOLOGICA SULLA SARDEGNA

da febbraio 2001 a gennaio 2002

La presente relazione é stata redatta da

Giuseppe Bianco, Alessandro Delitala, Michele Fiori, Giuliano Fois

FIG. 21. PRECIPITAZIONE

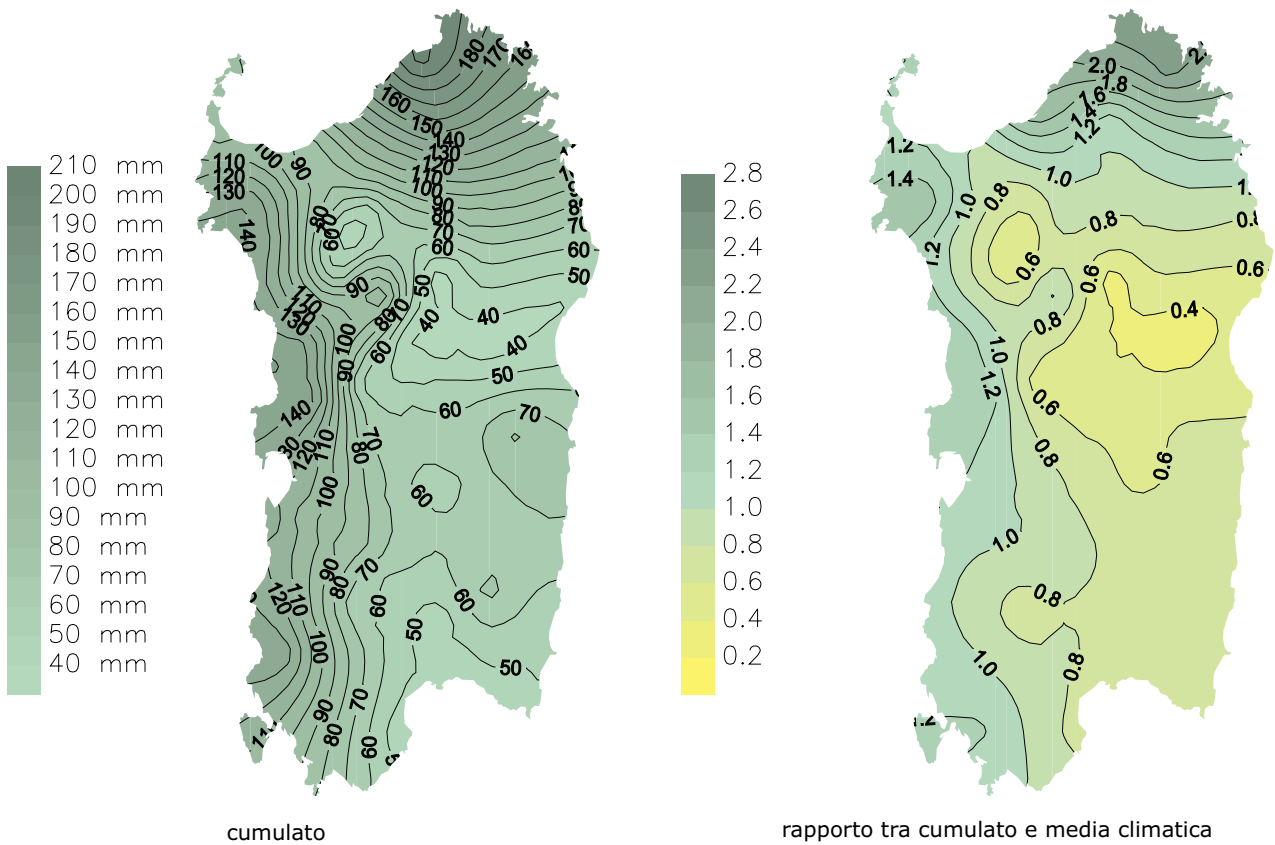


FIG. 22. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

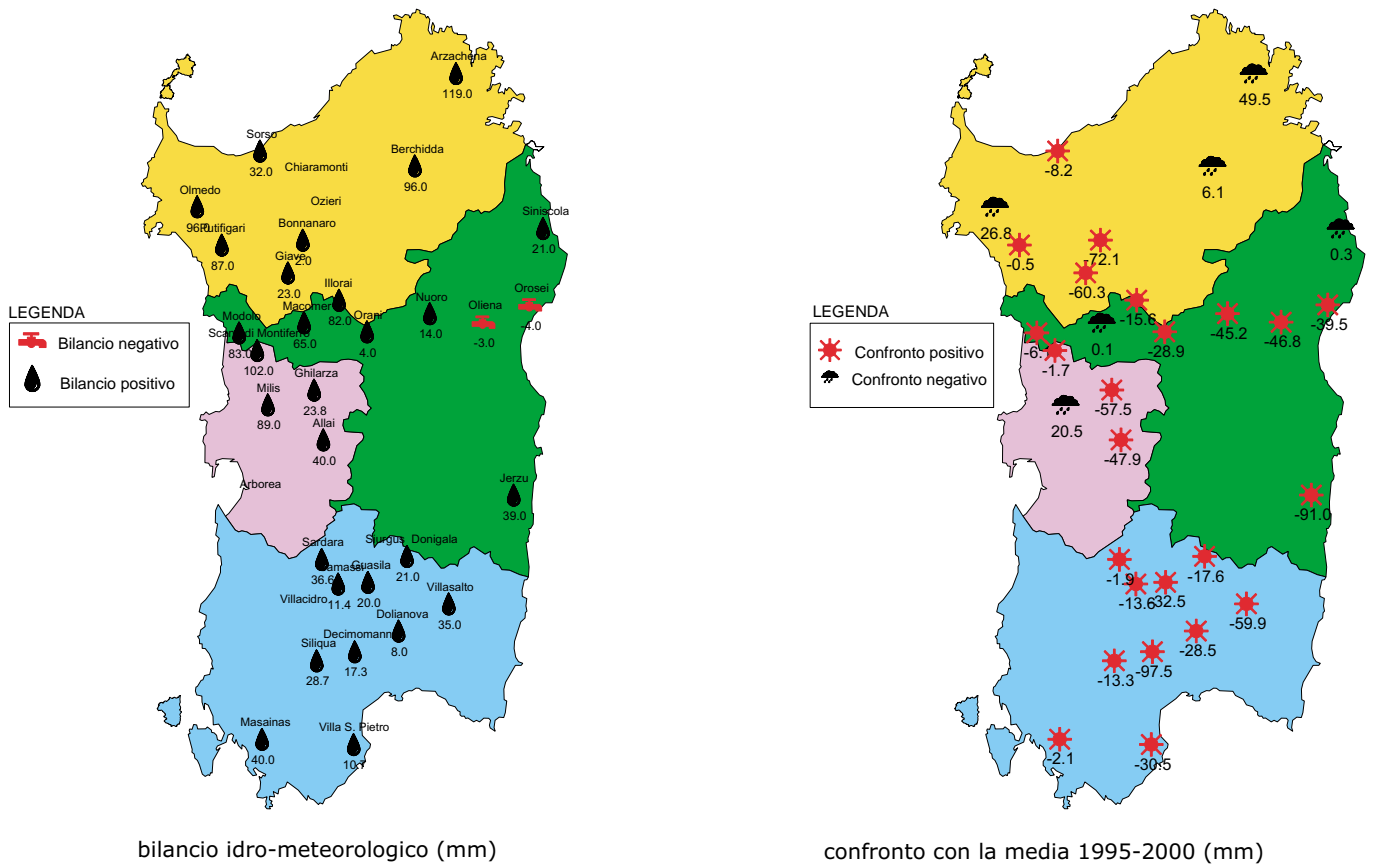


FIG. 23. PRECIPITAZIONE

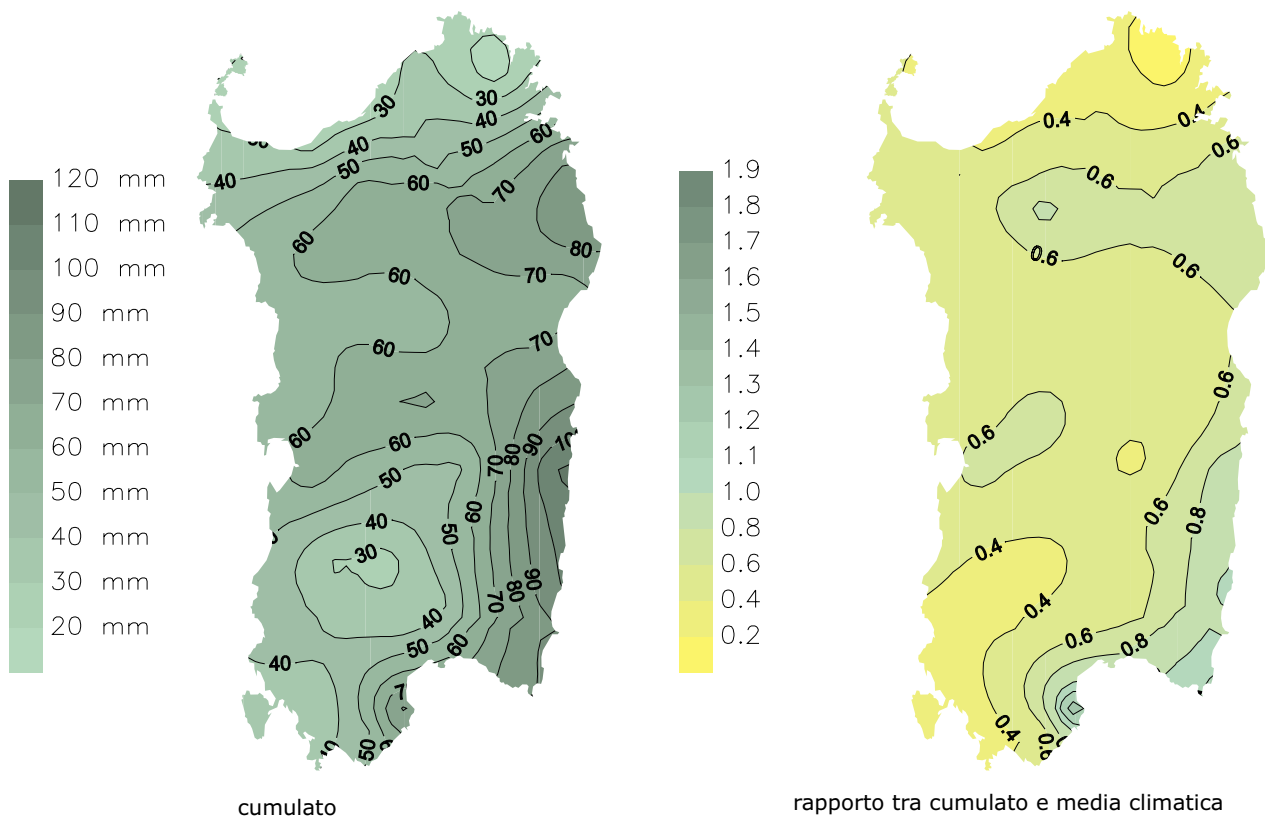


FIG. 24 . BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

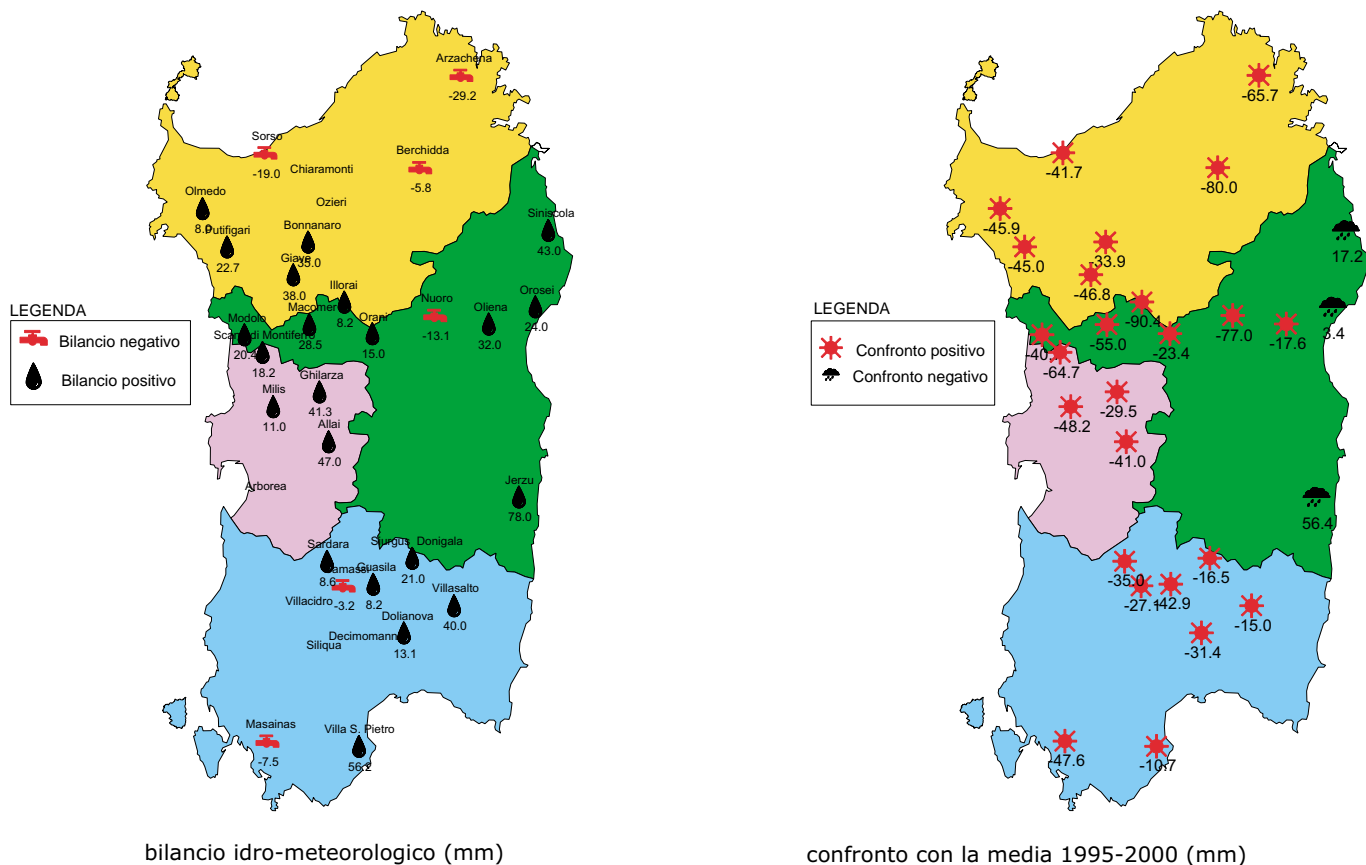


FIG. 25. PRECIPITAZIONE

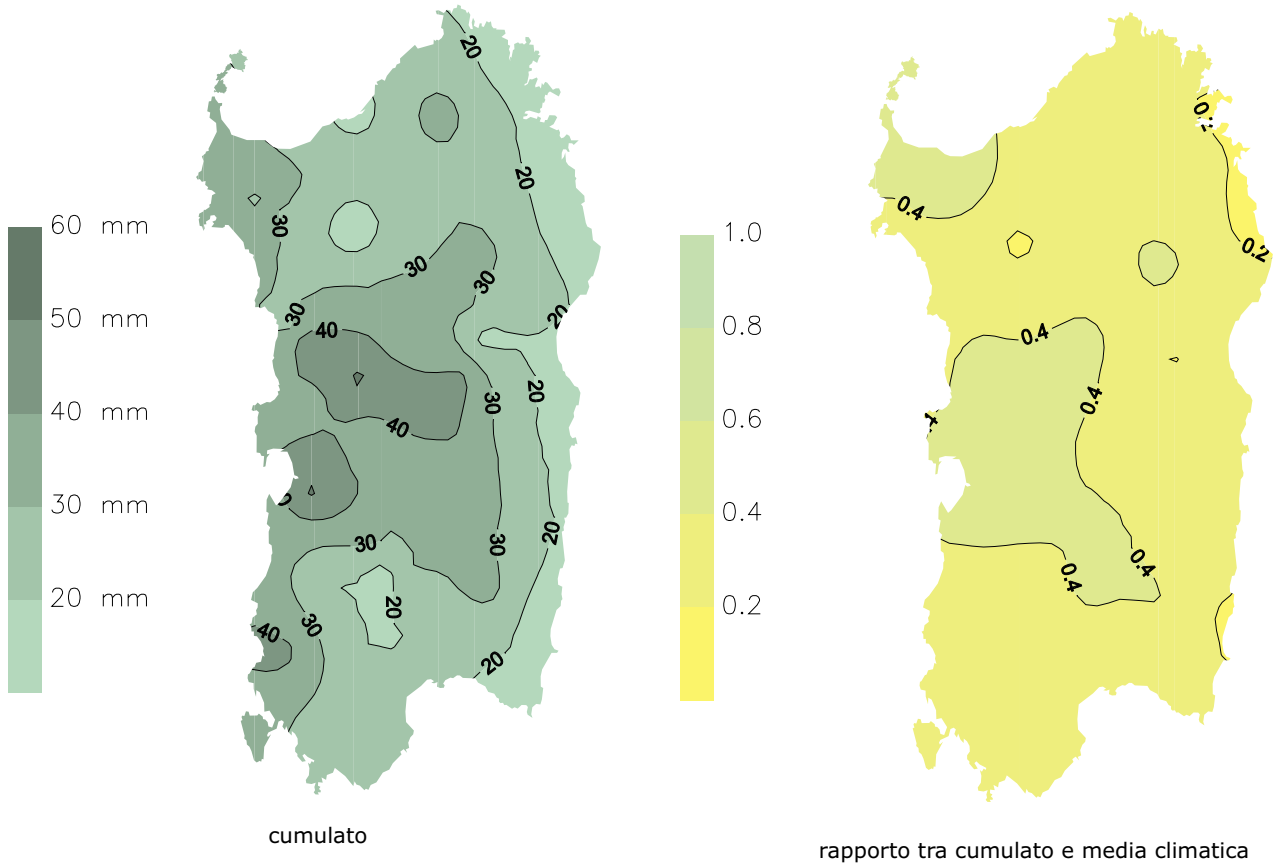
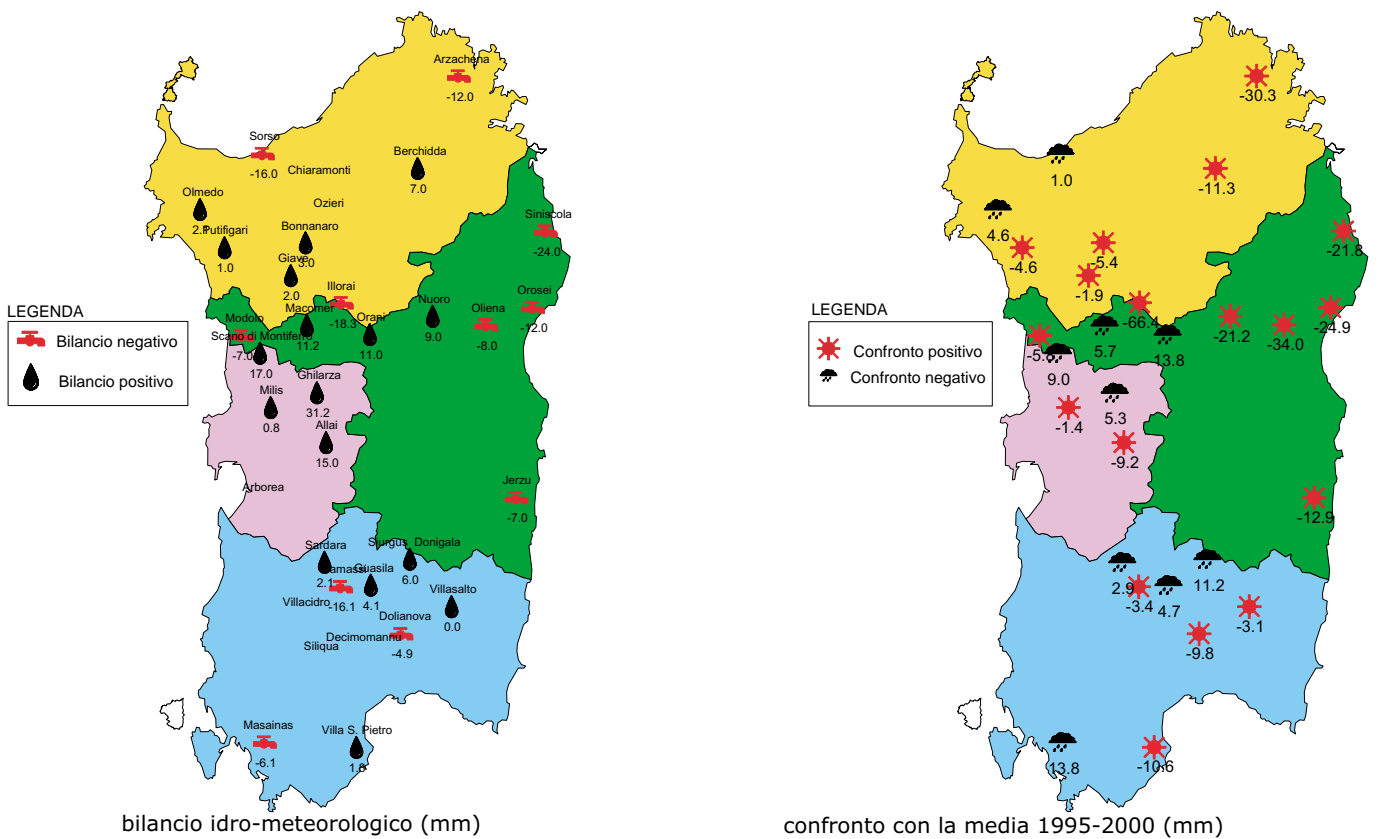


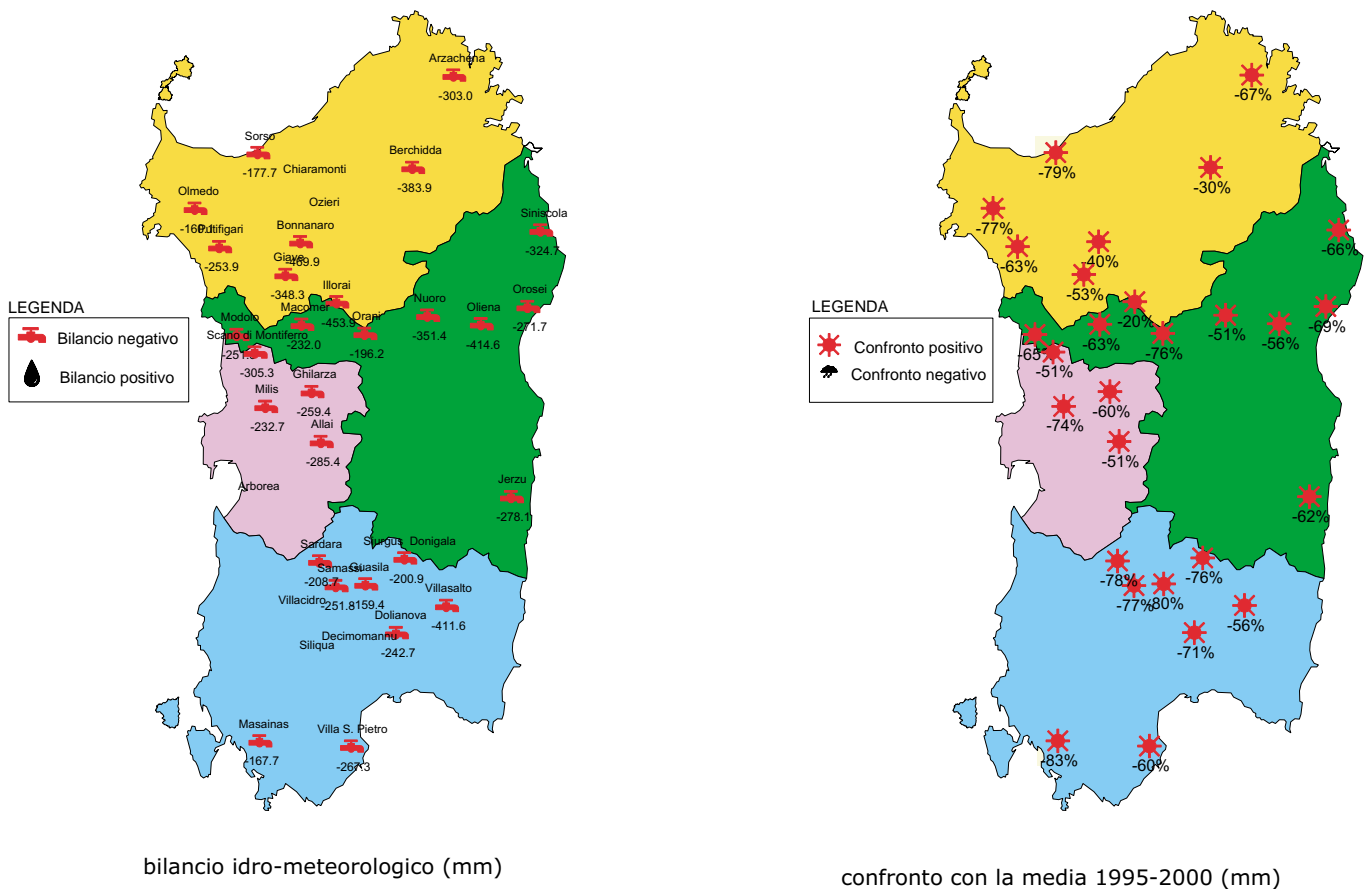
FIG. 26. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO



Bilancio idro-meteorologico

Il bilancio idro-meteorologico è stato ottenuto considerando congiuntamente gli apporti di pioggia e le perdite per evapotraspirazione potenziale, pertanto esprime sinteticamente la disponibilità idrica atmosferica delle diverse aree isolate. L'analisi riporta anche un raffronto con i valori medi degli ultimi 6 anni, tenendo presente che, come evidenziato nell'analisi climatica ed ancor di più in Appendice B, sono stati particolarmente carenti relativamente agli apporti di precipitazione.

**FIG. 27. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO ANNUALE
FEBBRAIO 2001 - GENNAIO 2002**



Complessivamente i dati riportati nelle figure mostrano un bilancio deficitario per tutta la regione (con valori compresi tra i -531 mm di Illorai ed i -1110 mm di Samassi), i dati degli ultimi 6 anni mostrano invece valori mai superiori a -800 mm. La spiegazione di tale situazione è facilmente evidenziata dall'analisi dei singoli mesi, che mostra come il bilancio idrometeorologico sia risultato, per la gran parte del territorio, negativo per quasi tutto il periodo, ad eccezione del mese di novembre che, come detto in precedenza, è l'unico mese in cui le precipitazioni siano state distribuite in tutta l'isola ed hanno superato quasi ovunque la media climatica.

Considerando il primo periodo, **febbraio-agosto 2001**, i mesi di marzo ed aprile sono sicuramente quelli che hanno contribuito in maniera determinante al deficit, in particolare marzo, caratterizzato da piogge scarse ed un regime termico decisamente più caldo rispetto alla media che ha incrementato, in maniera anomala, la domanda evapotraspirativa. Il trimestre tipicamente estivo (giugno-agosto), come prevedibile, ha fatto registrare i maggiori valori di deficit con una quasi totale uniformità nel territorio regionale, ma sicuramente nel complesso inferiore alla media.

Anche il secondo periodo, **settembre 2001-gennaio 2002**, è stato caratterizzato da un deficit nel bilancio idro-meteorologico. L'anomalia rispetto alla media è dovuta principalmente al mese di ottobre 2001 che è stato quasi completamente secco, considerando che è il primo mese della stagione delle piogge e che contribuisce per più del 10% al cumulato annuo, ai fini del bilancio bisogna inoltre aggiungere che l'anomalia di questo mese è dovuta anche al fatto che sia stato un mese eccezionalmente caldo.

In generale, quindi, il rapporto tra i valori di deficit del periodo considerato e le medie degli anni precedenti può essere mediamente valutato intorno al 60%, queste, come mostrato nelle figure, pur con qualche eccezione dovute all'anomala

condizione evapotraspirativa, sono essenzialmente da attribuire al regime pluviometrico dell'intero periodo considerato. Questo, come più volte ricordato, può essere considerato il peggiore degli ultimi anni.

Analisi dettagliata dei periodi critici

Per esaminare nel dettaglio le condizioni meteorologiche critiche ed i possibili effetti sul comparto agricolo in generale, i fattori che è necessario analizzare sono la quantità complessiva e la distribuzione temporale delle piogge, in relazione alle esigenze delle colture in asciutto, allo sviluppo della vegetazione naturale ed agli apporti irrigui necessari per le colture a ciclo primaverile-estivo, nonché le condizioni termiche critiche che hanno caratterizzato sia la primavera del 2001 che l'inverno 2002.

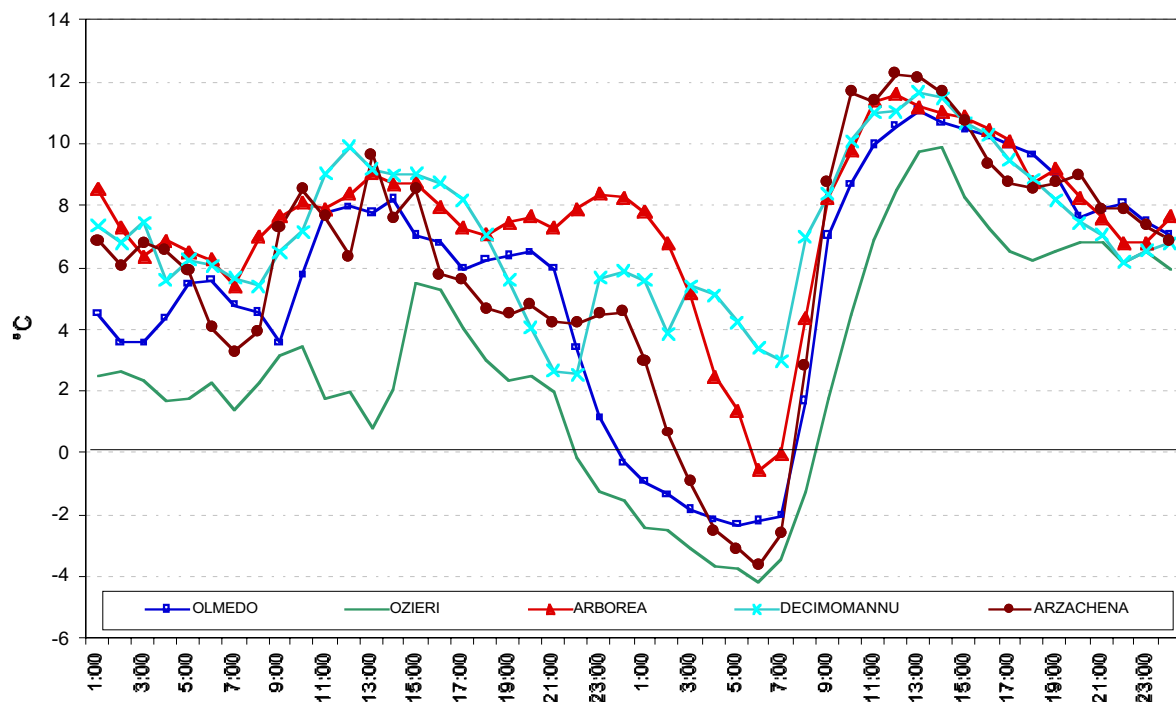
Relativamente alle precipitazioni, l'analisi pone in evidenza un prolungato periodo di condizioni deficitarie, che si è esteso, praticamente in maniera ininterrotta, sin dal mese di febbraio 2001. Le scarse precipitazioni hanno chiaramente avuto riflessi differenti in relazione alle tipologie dei suoli presenti delle diverse aree dell'isola. Infatti nei suoli tendenzialmente sciolti e di limitato spessore, caratterizzati da una minore capacità di ritenzione idrica, la disponibilità idrica può essersi ridotta anticipatamente, costringendo le piante a completare il ciclo di sviluppo in condizioni di stress. Inoltre va rimarcato che molti degli eventi piovosi registrati sono stati di scarsa consistenza (sotto i 5 mm) risultando pertanto poco efficaci ai fini del rifornimento idrico dei suoli, in particolare quelli verificatisi nei mesi primaverili, più caldi e caratterizzati da una maggiore richiesta evapotraspirativa atmosferica.

Quindi anche se le precipitazioni che hanno caratterizzato l'inverno 2000-2001, hanno permesso, specie nelle aree nord-occidentali, una ricostituzione delle riserve idriche, il prolungato periodo deficitario ha determinato condizioni critiche per le colture in asciutto, sia erbacce che arboree.

Proseguendo l'analisi del regime pluviometrico e termico a scala mensile, del periodo **febbraio-settembre 2001**, verranno di seguito descritti gli eventi agrometeorologici più significativi

I valori di precipitazioni del mese di **febbraio 2001** nel complesso sono stati inferiori alla media, con i valori più bassi registrati lungo la costa orientale. Negli ultimi giorni del mese si sono inoltre verificate gelate di una certa durata. Tuttavia non tutte le aree agricole sono state interessate allo stesso modo, come si può osservare nel grafico seguente: infatti mentre nel nord dell'isola la temperatura è scesa sotto lo zero per diverse ore consecutive a cavallo tra il 26 ed il 27 del mese, nelle restanti aree (es. Campidano di Oristano e di Cagliari) si è mantenuta generalmente al di sopra dello zero. Pertanto gli eventuali effetti negativi legati all'ondata di maltempo, sulle colture sensibili del periodo dovrebbero restare confinati nel settore settentrionale.

GRAF. 13. Temperatura atmosferica oraria (°C) 26-27 febbraio



Nel successivo mese di **marzo 2001**, le piogge hanno interessato principalmente i primi e gli ultimi giorni del mese, con valori che in generale si collocano sotto la media climatica del periodo. Analizzando i dati più in dettaglio si può evidenziare una differente ripartizione nelle diverse aree: nel Campidano di Cagliari e nelle aree costiere orientali e meridionali sono piovuti tra i 10 ed i 20 mm distribuiti in 2-5 giorni; nell'Oristanese si sono registrati tra 25 e 35 mm in circa 5 giorni piovosi; nelle restanti aree, in accordo col regime *nordoccidentale*, si sono invece totalizzati i maggiori apporti, compresi a seconda della località tra 35 e 55 mm, ripartiti su 6-8 giorni. L'analisi dei valori giornalieri mostra tuttavia che buona parte del cumulato mensile, soprattutto nelle aree caratterizzate dai maggiori apporti, è stato determinato dalle piogge del giorno 29, mentre sono stati frequenti gli eventi piovosi di scarsa consistenza. Inoltre va evidenziato il regime termico del mese, caratterizzato da elevate temperature: le giornate più calde sono state fra il 22, il 23 e il 24, quando si sono raggiunti valori estivi ed un terzo della Sardegna ha toccato punte superiori ai 30°C. Tali condizioni hanno incrementato la domanda evapotraspirativa atmosferica che ha contribuito ad aumentare il deficit idrico del terreno.

In termini generali, nel mese di **aprile 2001**, in diverse località del centro-nord Sardegna (es. Berchidda, Bitti, Benetutti) gli apporti idrici sono stati di una certa entità, con valori giornalieri anche superiori ai 20 mm, mentre nel resto del territorio isolano le piogge totali mensili si sono attestate sotto i 40 mm. Particolarmente carenti sono state le aree del Campidano di Cagliari dove mediamente si sono registrati valori tra 15 e 25 mm. I valori inferiori in assoluto si sono avuti tuttavia nel settore nord occidentale dove si sono registrati apporti complessivi inferiori a 20 mm, con valori giornalieri frequentemente sotto i 5 mm e quindi scarsamente efficaci sotto l'aspetto del rifornimento idrico del suolo.

Di particolare interesse appaiono inoltre le basse temperature che hanno contraddistinto in particolare la seconda decade del mese. Il 15 aprile, ad esempio, la minima ha toccato -3.4°C a Illorai, -3.1°C a Giave e -2.1°C a Sadali; nella notte fra il 14 e il 15, quasi un quinto dell'isola è stato interessato da gelate. Nell'arco del mese, altre piccole gelate hanno interessato zone isolate dell'Isola. Per comprendere i possibili effetti negativi sulle piante, ed in particolare quelle specie che si trovavano in fasi del ciclo particolarmente sensibili, va considerato che i danni in genere sono strettamente legati all'entità e durata del periodo critico e sono tanto maggiori quanto più repentino è l'abbassamento termico. Relativamente a quest'ultimo aspetto, infatti, va considerato che un rapido abbassamento termico causa condizioni di stress maggiori, a parità di temperatura raggiunta, rispetto ad un abbassamento graduale che permetta alle piante un parziale adattamento. E' necessario considerare inoltre le fasi fenologiche in cui si trovano le colture nel periodo in cui si verificano tali condizioni, in quanto il caldo del periodo precedente può aver determinato un anticipo della ripresa vegetativa di importanti colture. Vanno considerate inoltre le conseguenze negative che possono manifestarsi al termine del periodo critico: al risalire della temperatura, infatti, parte dell'acqua in precedenza migrata negli spazi intercellulari, viene gradualmente riassorbita dai tessuti, ma una quota non trascurabile evapora determinandone la morte per la disidratazione. Spesso infatti i danni maggiori alle colture si manifestano in seguito al rapido innalzamento della temperatura che fa seguito al periodo freddo, ed i tessuti che sono maggiormente lesi sono quelli più idratati e fisiologicamente più attivi, come i giovani germogli.

Le precipitazioni del mese di **maggio 2001** hanno fatto registrare valori mediamente compresi tra 20-40 mm. Particolarmente carenti sono risultate le aree della costa orientale. Gli apporti di pioggia del periodo, nel complesso non hanno contribuito che parzialmente al soddisfacimento delle esigenze idriche delle colture.

Nei mesi di **giugno, luglio ed agosto 2001** le piogge sono state decisamente scarse, salvo pochi, isolati eventi, generalmente inferiori a 5 mm, pertanto inefficaci per il ripristino dell'umidità dei suoli.

Esaminando il secondo periodo, **settembre 2001-gennaio 2002**, si può evidenziare come descritto nell'analisi climatologica, come questo sia stato caratterizzato da condizioni di deficit idrico particolarmente preoccupanti, che hanno riguardato soprattutto le aree del basso Campidano (Decimomannu, Samassi, Dolianova) e, in maniera irregolare, il settore centrale dell'isola (es. Oliena, Orani, Nuoro, Ghilarza). Le conseguenze di questa siccità potrebbero essere anche gravi sia sull'evoluzione del ciclo produttivo delle colture in atto e conseguentemente sulla produzione futura. Ma potrebbero avere riflessi negativi, fino ad impedirne la coltivazione, sulle colture a ciclo primaverile-estivo.

Le principali precipitazioni del periodo hanno interessato il mese di **novembre 2001** e si sono concentrate particolarmente nelle zone della Gallura, Nurra, Logudoro e Anglona, ma anche dell'Oristanese. Queste piogge hanno permesso il momentaneo reintegro del livello d'umidità dei suoli, ormai secchi dopo la scarsità di precipitazioni dell'inizio dell'autunno, rendendoli idonei alla lavorazione dei terreni ed alle semine delle colture autunno-vernine. Inoltre hanno permesso la germinazione ed il ricaccio delle essenze foraggere, anche se con un certo ritardo. L'inizio del periodo piovoso in novembre 2001, ha determinato un ritardo nella semina delle colture autunno-vernine. Come conseguenza, i cereali seminati tardivamente possono aver avuto problemi nelle fasi di germinazione-emergenza, poiché la scarsità di piogge di dicembre insieme alle basse temperature hanno rallentato queste fasi con il risultato di una emergenza non ottimale, con piantine più piccole e con modesto apparato radicale, quindi più vulnerabili rispetto alle basse temperature di gennaio che ne hanno aggravato ulteriormente le condizioni. Analoghe considerazioni possono riguardare i pascoli, per i quali le due azioni combinate, pluviometrica e termica, hanno causato un forte rallentamento dell'attività vegetativa, determinando la formazione di cotiche erbose rade, insufficienti rispetto alle esigenze alimentari degli animali. Le gelate, ripetutesi per diversi giorni, hanno ulteriormente danneggiato la rada cotica erbosa determinando una drastica diminuzione della produttività del pascolo. Tali

fenomeni sono stati più gravi nei terreni poco profondi con scarsa capacità di ritenzione idrica. Viceversa, in terreni più profondi e con buona capacità idrica quest'effetto può essere stato minore.

Oltre ai problemi contingenti, le scarse precipitazioni che hanno caratterizzato l'autunno e questo scorcio d'inverno, hanno prodotto uno scarso accumulo nei bacini di raccolta, in particolare nel sud dell'Isola, con conseguenti ripercussioni sulle coltivazioni a ciclo primaverile-estivo.

Come accennato in precedenza il mese di gennaio 2002 è stato caratterizzato dal punto di vista agrometeorologico **dall'ondata di freddo**, che ha interessato per diversi giorni la nostra isola. Per valutarne le conseguenze sulle produzioni agricole, occorre esaminare da un lato le modalità con le quali si è manifestato il fenomeno, in relazione all'azione che il gelo esercita sulle piante, e dall'altro quelle che sono le colture attualmente presenti e la loro tolleranza.

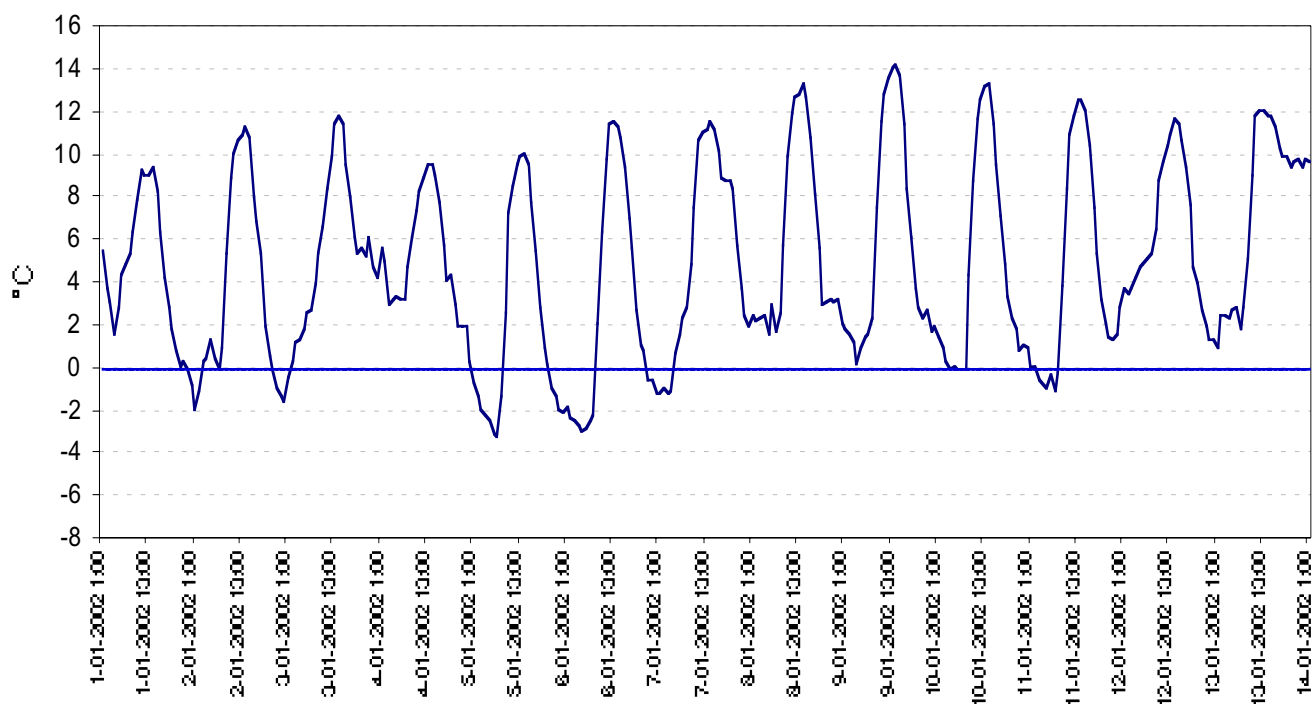
Come precedentemente accennato, i danni arrecati alle piante generalmente sono tanto maggiori quanto più spinto e più repentino è l'abbassamento termico e quanto maggiore è la durata di tale periodo. Le basse temperature possono essere ben tollerate con pochi danni se la loro persistenza è limitata nel tempo, mentre tutt'altro esito si può avere in caso di una lunga esposizione al gelo, come si è verificato nella prima metà del mese.

Si può infatti esaminare dalle figure e tabella allegate, come nei primi giorni dell'anno (nel periodo 2-13 gennaio) si sono verificate temperature piuttosto basse per periodi particolarmente lunghi, sia nelle aree collinari e montane, sia in particolare nelle aree agricole di pianura come la Nurra, la Piana di Chilivani, la Piana di Arborea ed il basso Campidano di Cagliari (es. stazione di Olmedo e stazioni di Arborea, Decimomannu e Siliqua, Ozieri), arrecando danni alle colture maggiormente sensibili.

Stazione	Temperature minime (°C)	N° totale ore con T<0°C	Max n° ore con T<0°C/giorno
ILLORAI	-7.6	136	16
ORANI	-7.0	126	13
OZIERI	-6.6	142	14
OLIENA	-6.4	140	14
ARBOREA	-6.2	94	13
SILIQUA	-5.2	90	13
ARZACHENA	-4.8	89	14
DECIMOMANNU	-4.9	80	14
OLMEDO	-3.8	44	12
SAMASSI	-3.5	30	11
VILLACIDRO	-3.7	12	5
OROSEI	-0.3	0	0
MURAVERA	0.7	0	0
IGLESIAS	0.7	0	0

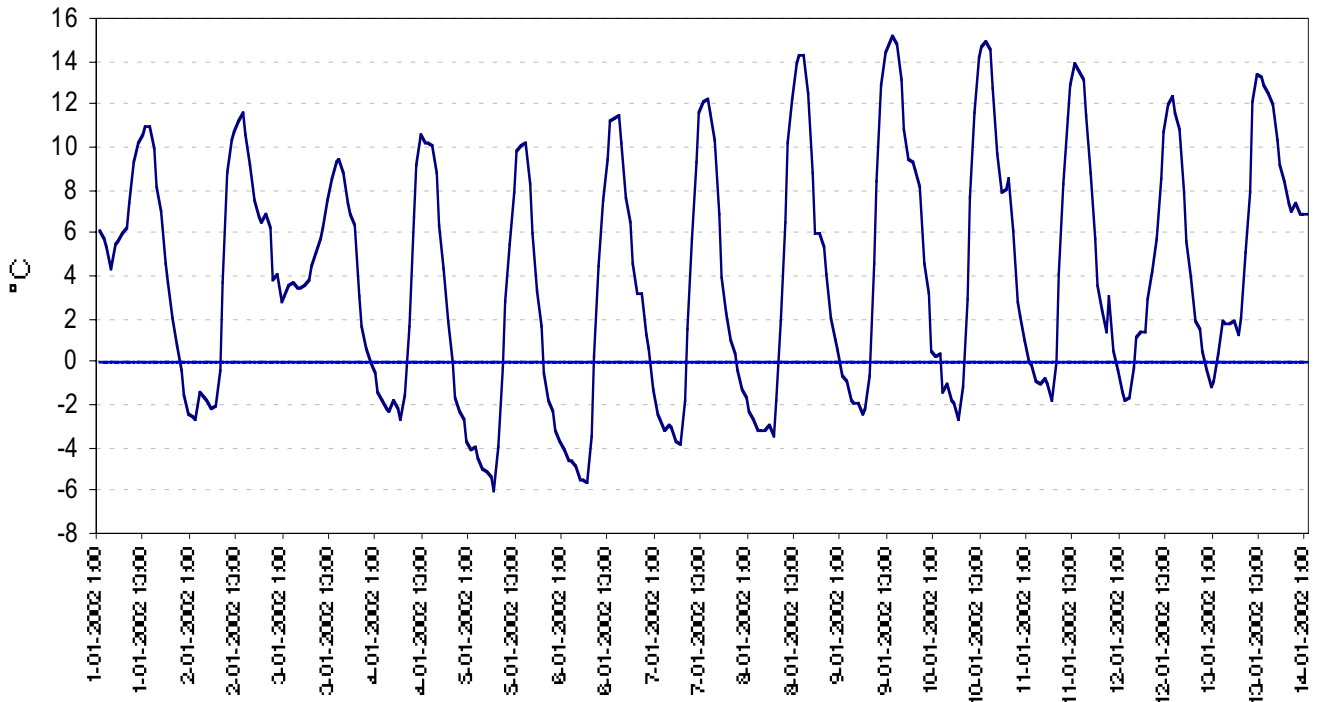
TAB. 2

STAZIONE DI OLMEDO



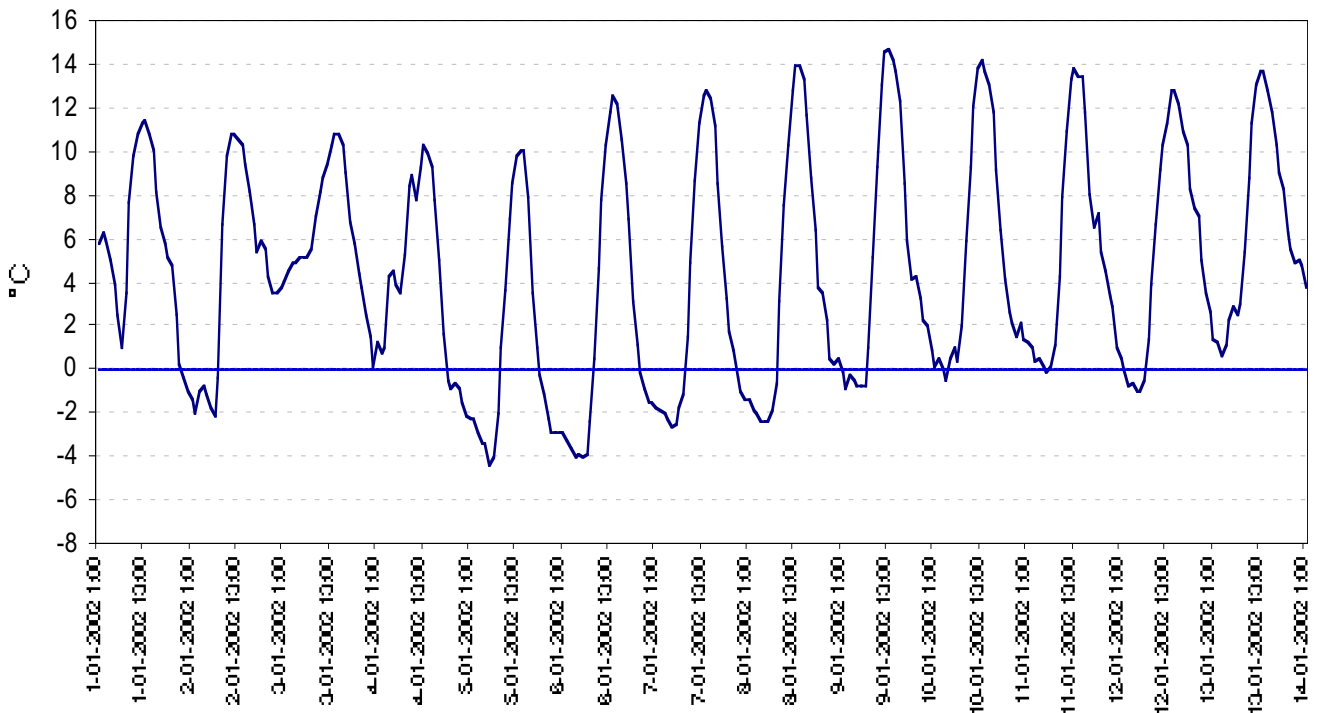
GRAF. 14

STAZIONE DI ARBOREA



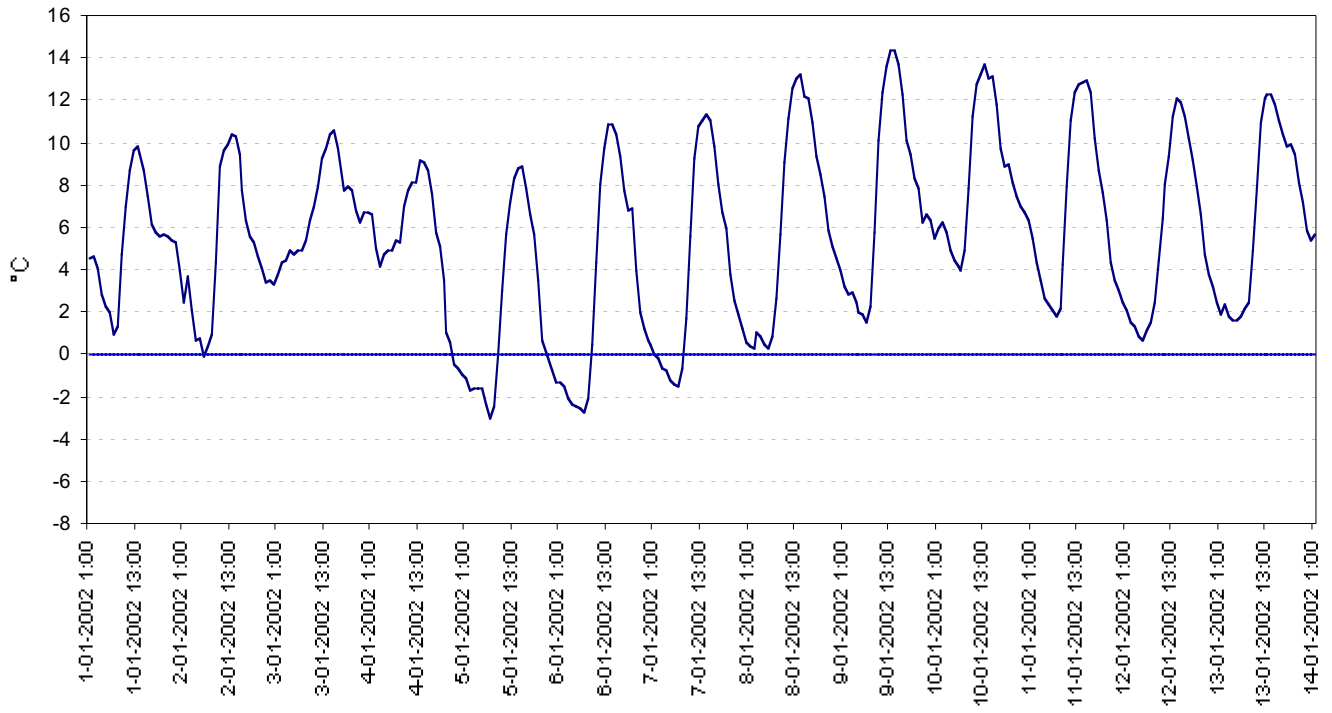
GRAF. 15

STAZIONE DI DECIMOMANNU



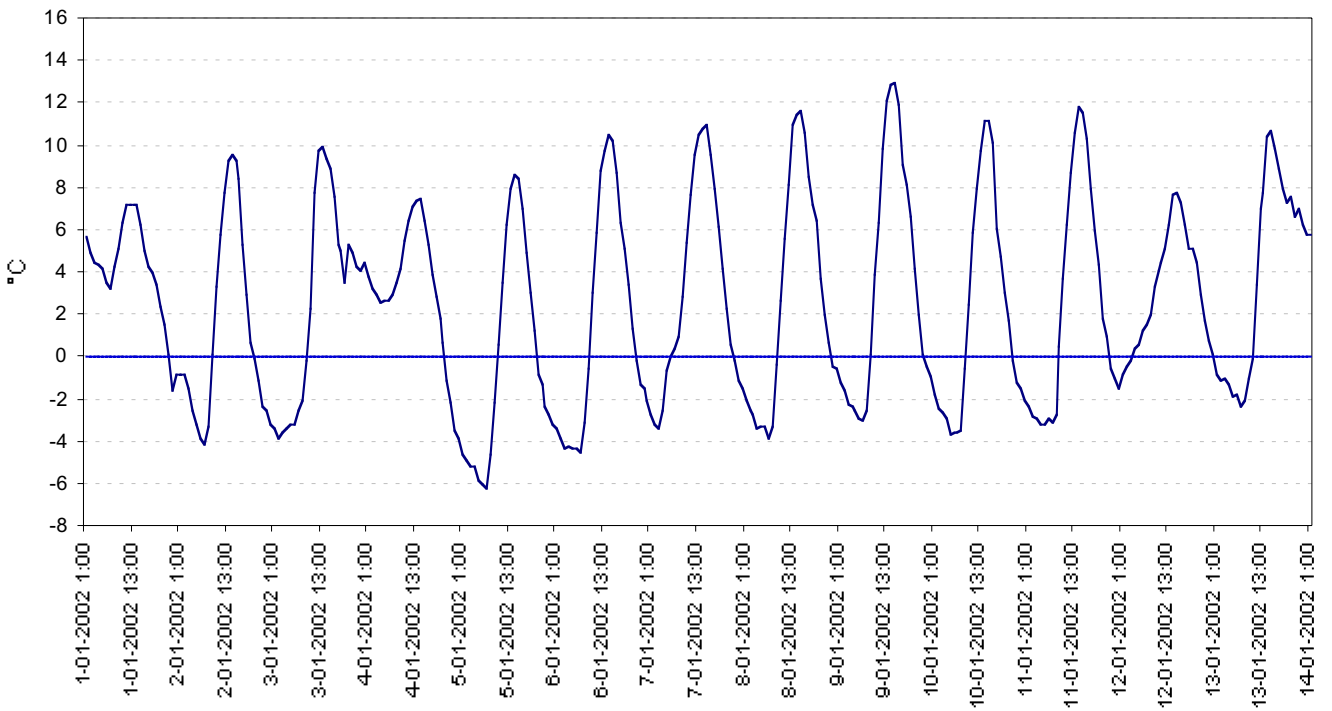
GRAF. 16

STAZIONE DI SAMASSI



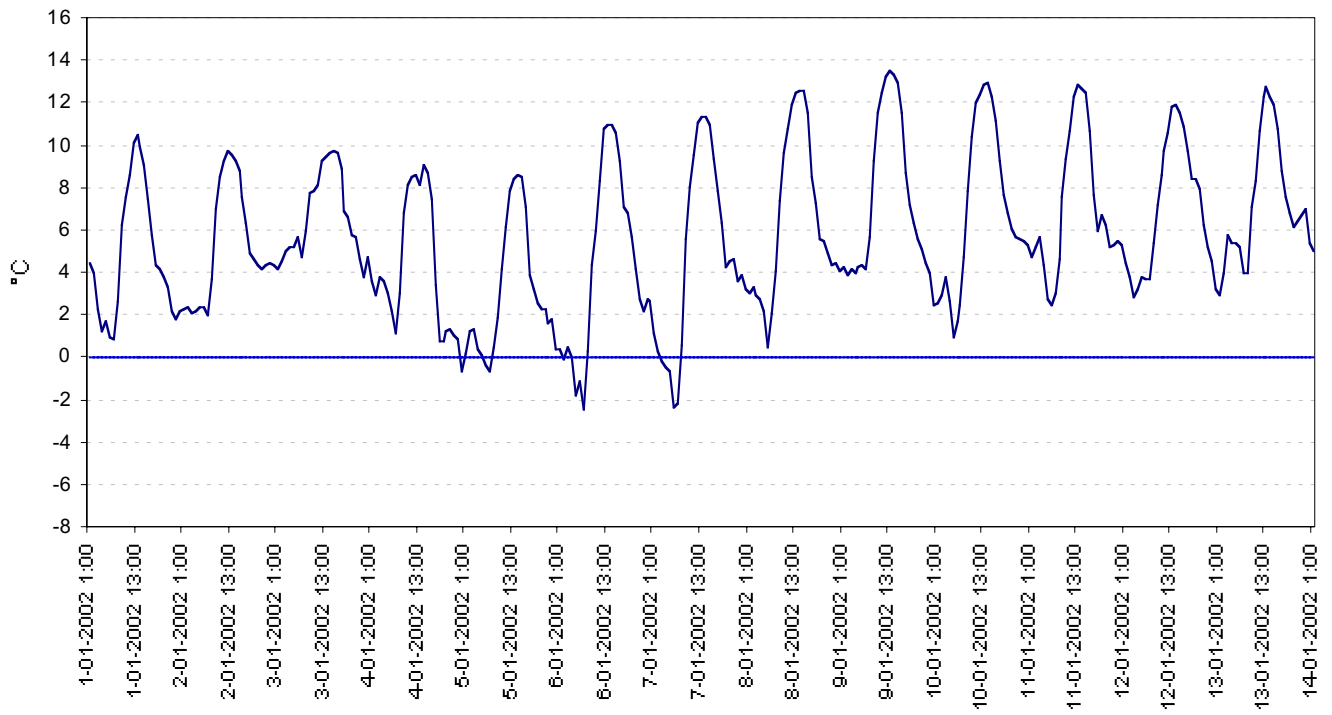
GRAF. 17

STAZIONE DI OZIERI



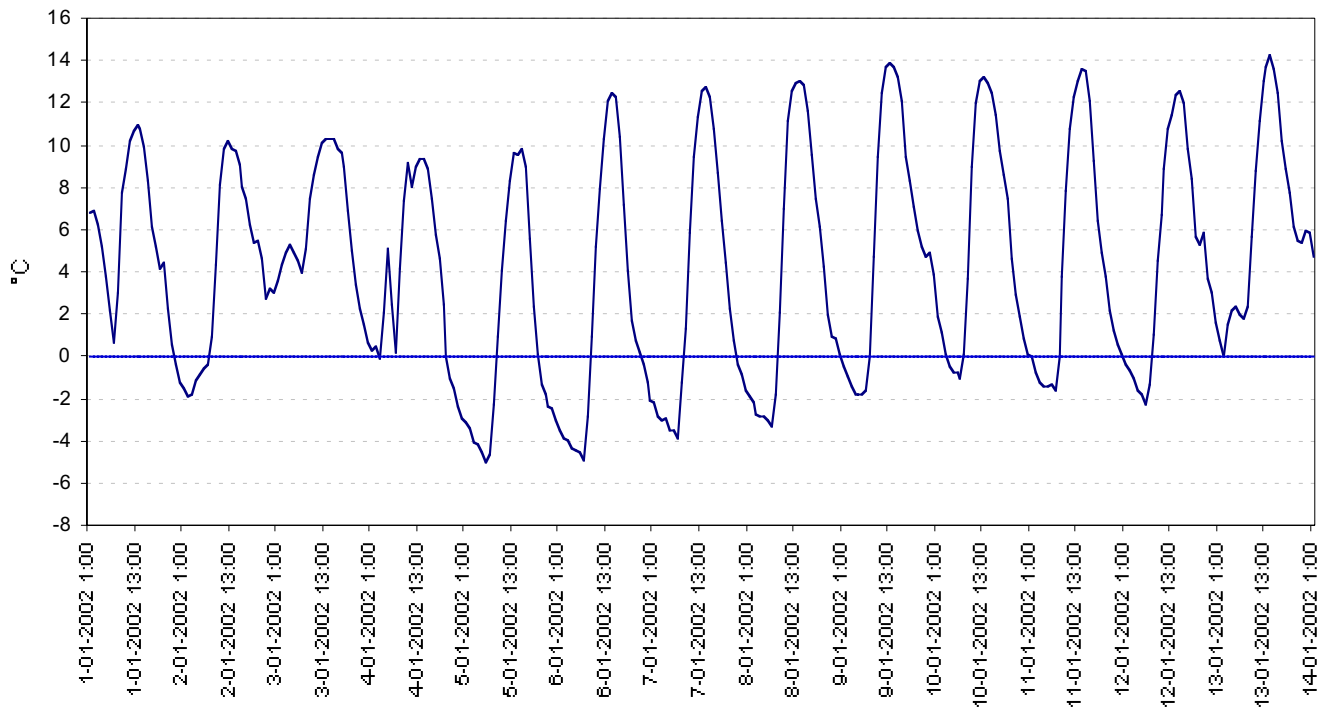
GRAF. 18

STAZIONE DI VILLACIDRO



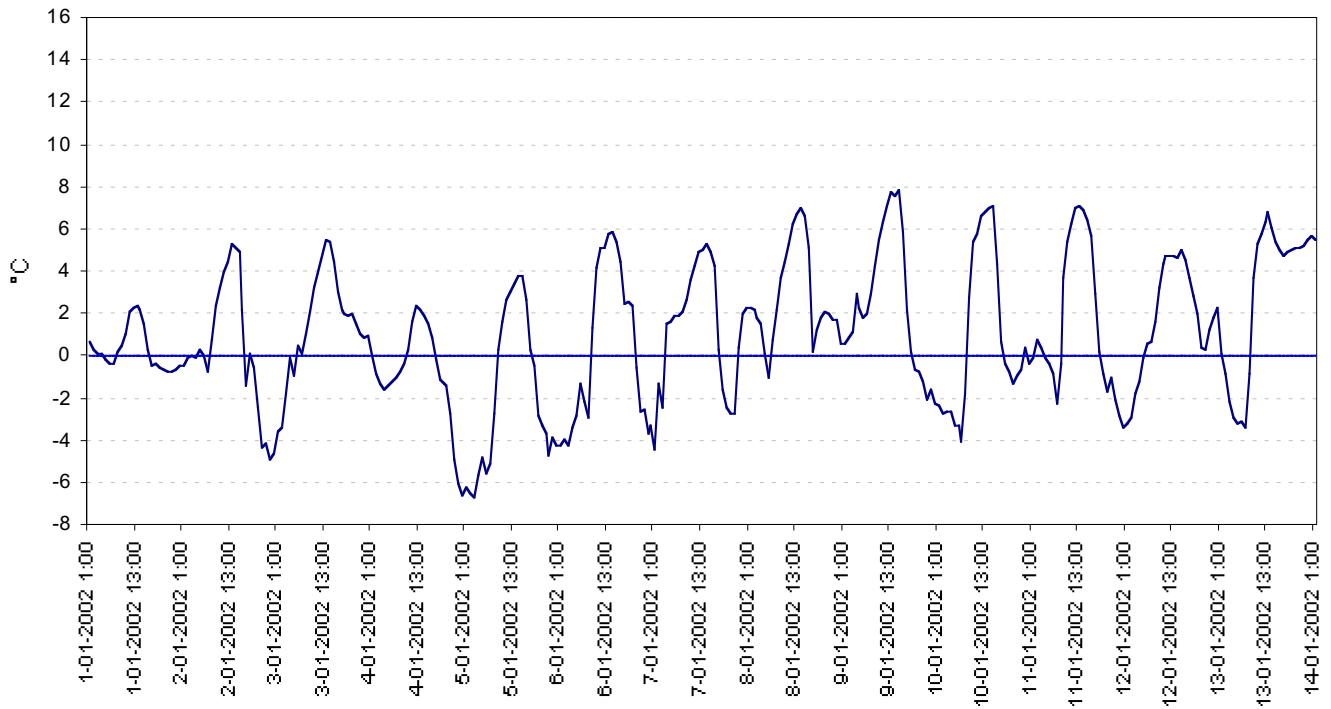
GRAF. 19

STAZIONE DI SILIQUA



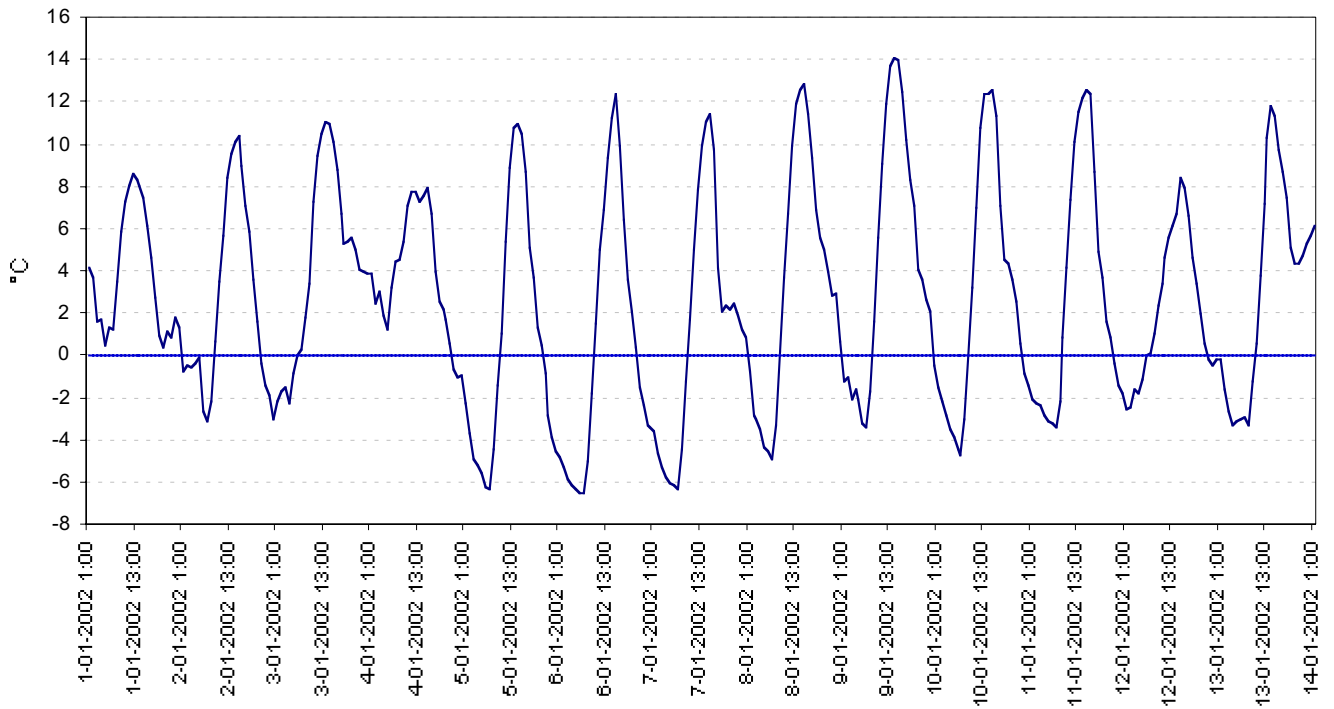
GRAF. 20

STAZIONE DI ILLORAI



GRAF. 20

STAZIONE DI ORANI



GRAF. 21

Tra le colture che subiscono più spesso danni da freddo presenti in questo periodo, possiamo senz'altro citare il carciofo, che, benché sopporti con limitati danni temperature poco al di sotto dello zero, manifesta sofferenza quando la temperatura si abbassa ulteriormente, con veri e propri danni nei diversi organi della pianta, che portano spesso ad una considerevole perdita di prodotto. Sono soprattutto i capolini e le foglie, molto ricche d'acqua, a subire maggiormente l'azione del freddo. I danni da freddo, nelle aree in cui le gelate sono state meno intense, sono il sollevamento dell'epidermide della superficie esterna delle brattee più esposte che determinano un deprezzamento del prodotto. In condizioni più critiche le brattee esterne tendono ad accartocciarsi in maniera anormale, imbruniscono, e l'intero capolino può essere compromesso e divenire non più commerciabile. Nelle località in cui le gelate hanno raggiunto una particolare intensità la pianta manifesta la cosiddetta "lessatura", cioè si presenta con le foglie completamente abbassate mostranti l'epidermide distaccata e con i peduncoli disidratati e spesso anneriti, che nei casi più gravi si piegano ad uncino col capolino capovolto.

Analogamente altre colture in atto quali la barbabietola da zucchero, ma anche la patata, il finocchio ed altre ortive di pieno campo, caratterizzate da soglie termiche critiche di pochi gradi sotto lo zero, possono aver sofferto danni più o meno importanti in relazione alla località di coltivazione

Riguardo alle piante arboree, quelle a foglia caduca sono, in linea generale, più resistenti di quelle sempreverdi. Infatti le specie arboree a foglia caduca, come vite, ciliegio e pesco (all'epoca in fase di riposo vegetativo), hanno delle soglie termiche inferiori ai valori registrati, e non dovrebbero pertanto aver risentito dei minimi termici registrati.

Tra le sempreverdi gli agrumi sono indubbiamente da considerare tra quelle più sensibili al freddo. Questi, infatti, sono danneggiati da temperature dell'aria poco al di sotto dello zero (-1, -1,5 °C). Tra le cultivar che presentavano ancora frutti in fase di maturazione, l'esposizione prolungata al freddo causa in essi delle alterazioni sia all'epicarpo sia alla polpa, con un conseguente deprezzamento. A queste azioni dirette va aggiunta anche quella indiretta della cascola dei frutti nelle cultivar di arancio. C'è da dire, tuttavia, che in alcune delle principali aree agrumicole dell'isola (es. Muravera, Orosei) non si sono verificate condizioni termiche particolarmente critiche. Inoltre, la maggior parte delle cultivar presenti nell'isola, maturando in anticipo rispetto al periodo in cui si sono verificate le gelate, dovrebbero essere "sfuggite" all'azione del freddo.

L'olivo è una specie che ugualmente risente degli abbassamenti termici, ma in misura minore rispetto agli agrumi: la pianta, infatti, comincia ad essere danneggiata quando la temperatura scende sotto - 5 °C. In caso di ritardo nelle operazioni di raccolta, le drupe ancora pendenti possono aver subito l'effetto del freddo con delle alterazioni, in ogni caso in misura limitata, che si riflettono sulla qualità del prodotto finale.

APPENDICE A: LE FONTI DEI DATI

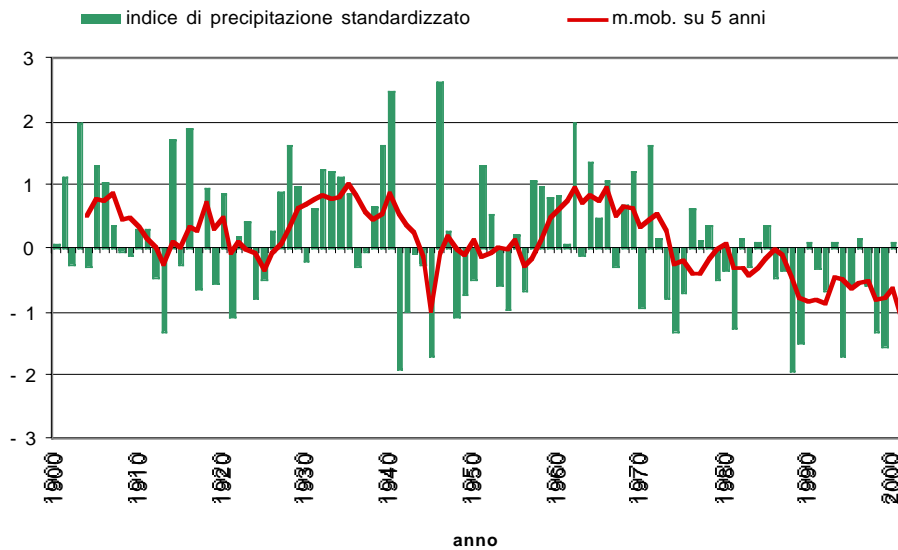
Le considerazioni che seguono sulle precipitazioni della Sardegna si basano su dati provenienti da tre fonti: 1) la rete delle stazioni del SAR; 2) le reti storiche dei principali enti preposti alla raccolta di osservazioni meteorologiche in Sardegna; 3) i dati interpolati su grigliato regolare dell'Università dell'*East Anglia* (Norwich, Regno Unito). Nella tabella 1 sono riportate le fonti dei dati e i periodi di riferimento. Una descrizione dettagliata della fonte n° 3 si trova in Hulme et al. (1995).

TIPO	FONTI	UNITÀ DI OSSERVAZIONE	PERIODO
1	Servizio Agrometeorologico Regionale per la Sardegna (SAR)	Cumulati su 10 min per punto stazione (circa 50/anno)	1995-2002
2	Servizio Idrografico, Servizio Meteorologico dell'Aeronautica, Università di Sassari	Cumulati su 12/24 ore per punto stazione (circa 200/anno)	1940-1999
3	Università dell'East Anglia (Norwich, regno Unito)	Cumulati mensili su grigliato regolare (2 punti)	1900-1996

Il confronto fra le serie storiche, nel periodo di sovrapposizione, ha mostrato l'integrabilità fra le serie storiche. I dati di tipo 1 sono stati utilizzati, prevalentemente, per il monitoraggio mese per mese dell'andamento delle precipitazioni, mentre i dati delle fonti 2 e 3 sono stati utilizzati per avere un confronto climatologico finalizzato a confrontare la siccità degli ultimi anni coll'andamento storico delle precipitazioni sulla Sardegna nel XX secolo.

In figura, possono essere confrontate le piogge del periodo in esame con le precipitazioni dall'inizio del XX secolo. La barra verde rappresenta l'indice di precipitazione, mentre la linea rossa è una media mobile su una finestra di cinque anni. Per ogni anno l'indice è rappresentativo del periodo che va dal settembre all'agosto successivo. L'indice di precipitazione (o *indice di anomalia standardizzata*, descritto nell'appendice C) mette in evidenza che si è trattato sinora dell'annata più secca di cui si hanno dati e cioè la peggiore da almeno 100 anni. La scarsa precipitazione tipica del clima dei mesi da marzo ad agosto rende estremamente improbabile che tale deficit venga colmato nel resto dell'annata.

PRECIPITAZIONI DEL XX SECOLO
settembre-febbraio



GRAF. 22

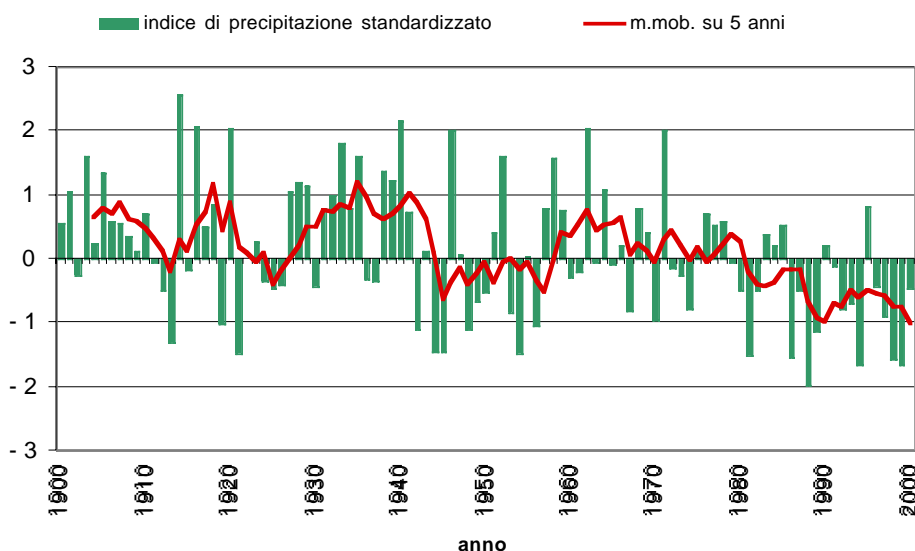
Nella figura è riportato l'andamento di tutte le annate (settembre-agosto) del XX secolo. È immediatamente evidente il calo delle precipitazioni negli ultimi due decenni del XX secolo. In particolare, risulta che, dal 1986, ben 13 anni su 15 hanno avuto precipitazioni deficitarie. Inoltre, le ultime cinque annate hanno registrato precipitazioni inferiori alla media.

La siccità di quest'anno, dunque, oltre ad essere la peggiore da almeno un secolo, capita anche dopo cinque anni consecutivi caratterizzati da precipitazioni inferiori alla media e dopo quindici anni con precipitazioni prevalentemente deficitarie.

Può risultare paradossale segnalare che nel novembre 1999 la Sardegna meridionale ha subito una disastrosa alluvione. Nonostante tale alluvione, il cumulato del 1999-2000 risulta inferiore alla media, indicando che le eccezionali piogge di quei giorni non hanno compensato la grave penuria del resto dell'anno¹.

A conclusione dell'analisi si riporta il grafico con l'andamento delle precipitazioni relative al solo periodo ottobre-

PRECIPITAZIONI DEL XX SECOLO
settembre-agosto

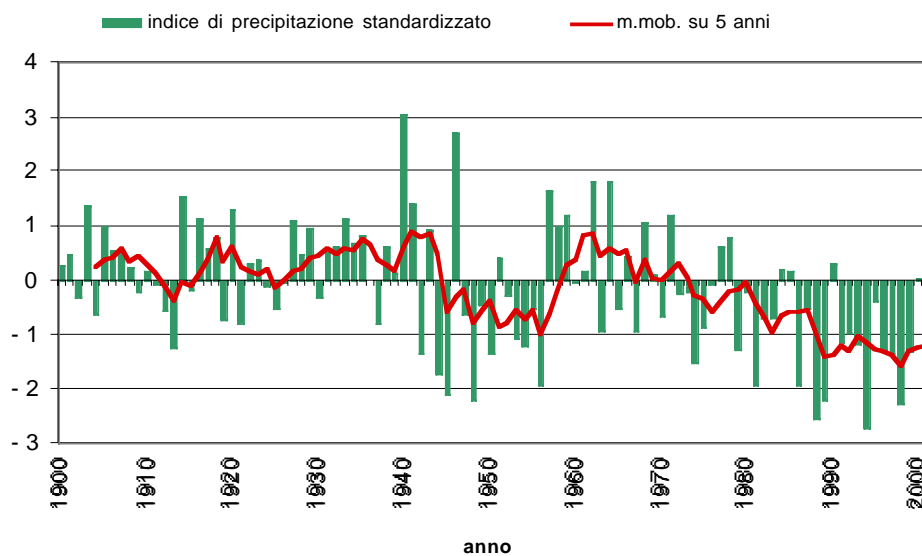


GRAF. 23

aprile che, come detto all'inizio, raccoglie in media l'80% delle piogge e, soprattutto, è quello le cui piogge sono più importanti dal punto di vista agricolo e per la raccolta dell'acqua nei bacini.

Come si vede, il trend decrescente delle precipitazioni risulta ancora più marcato. Ne consegue che in Sardegna la diminuzione delle piogge ha avuto un impatto ancora più negativo di quanto possa sembrare dopo una semplice analisi dei dati, in quanto il deficit idrico è stato più consistente proprio in quei mesi dell'anno in cui è maggiori sono le esigenze idriche del mondo agricolo e della popolazione.

PRECIPITAZIONI DEL XX SECOLO ottobre-aprile



GRAF. 24

¹ Paradossalmente tali piogge sono cadute in gran parte a valle dei bacini di raccolta.

APPENDICE C: L'INDICE DI ANOMALIA STANDARDIZZATA

Per lo studio della variabilità delle precipitazioni (e per altre grandezze) si è fatto uso prevalentemente dell'*indice di anomalia standardizzata*, definito come segue:

$$PI_t = \frac{1}{N_t} \sum_{j=1}^{N_t} \frac{(P_{jt} - \mu_j)}{\sigma_j} \quad (1)$$

dove P_{jt} è il valore della grandezza per la stazione j al tempo t (generalmente espresso in anni), μ_j e σ_j sono la media e la deviazione standard per la stazione j e N_t è il numero di stazioni con dati validi al tempo t .

È immediatamente evidente che PI_t sintetizza il comportamento medio della grandezza su tutta la regione di interesse al tempo t .

Tale indice ha numerose proprietà statistiche, una dettagliata descrizione delle quali è contenuta in Katz e Glantz (1986).

In primo luogo, se si può assumere che P_{jt} sia gaussiana e che μ_j e σ_j siano stimate correttamente, PI_t è la media di N_t variabili estratte da N_t popolazioni aventi media zero e varianza unitaria. Di conseguenza il peso delle stazioni con varianza alta non è sovrastimato rispetto a quelle con varianza bassa. In secondo luogo, poiché la media aritmetica è un'operatore lineare, PI stesso ha media zero, indipendentemente dal numero di stazioni utilizzate.

In generale, però, PI non ha varianza unitaria, poiché quest'ultima dipende dalla correlazione fra le singole P_{jt} e dal numero di stazioni utilizzate di anno in anno. Ne consegue che, in presenza di un numero di stazioni significativamente diverso fra un anno e l'altro, i valori di PI_t non sono più confrontabili fra di loro. Tale problema è stato affrontato sia come in Delitala et al. (2000) che come in Ward et al. (1990). Ricorrendo cioè ad un opportuno peso che permetta di correggere per l'*eteroschedasticità*. Un altro problema delle serie storiche (ben noto per la precipitazione) riguarda la gaussianità della distribuzione di probabilità. La questione verrà affrontata col test di Shapiro-Wilks (Shapiro e Wilks, 1965).

Occorre infine rimarcare che l'utilizzo dell'*indice di anomalia standardizzato* (o di indici analoghi) permette di riassumere, in un'unica informazione per un'intera area, le informazioni sulla variabilità presenti nelle singole serie storiche. Allo stesso tempo, soprattutto se si dispone di un buon numero di serie, tale indice elimina gran parte del segnale legato al microclima del singolo punto stazione o riduce eventuali errori sistematici legati alla qualità del sensore di misura o della sua localizzazione.

BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE

- Delitala, A.M., Cesari D., Chessa, P.A., 2000, 'Precipitation regimes over Sardinia (Italy) during the 1946-1993 rainy season and associated large-scale climatic variations'. *Int. Jou. Climatol.*, **20**, 519-542.
- Hulme, M., Conway, D., Jones, P. D., Jiang, T., Barrow, E. M., Turney, C., 1995. 'Construction of a 1961-1990 European Climatology for Climate Change Modelling and Impact Applications'. *Int. J. of Climatol.*, **15**, 1333-1363.
- Katz, R., Glantz, M., 1986. 'Anatomy of a Rainfall Index'. *Mon. Wea. Rev.*, **114**, 764-771.
- Shapiro, W., Wilks, M., 1965. 'An analysis of variance test for normality (complete samples)' *Biometrika*, **52**, 591-611
- Ward, N.M., Foland, C.K., Maskell, K., Owen, J.A., Rowell, D.P., 1990. 'Forecasting Sahel Rainfall – An update.' *Weather*, **45**, 122-125.

ANALISI AGROCLIMATOLOGICA SULLA SARDEGNA da febbraio 2001 a gennaio 2002

Una valutazione agroclimatologica del periodo compreso tra febbraio 2001 e gennaio 2002 deve essere basata principalmente sull'analisi dei dati di precipitazioni che hanno caratterizzato il periodo e sulla comparazione rispetto ai valori medi climatologici. Quest'analisi, infatti, evidenziando come il deficit di precipitazione perdura quasi ininterrottamente da tredici mesi permette di valutare la gravità della siccità. Occorre inoltre segnalare che, nonostante le precipitazioni dell'inverno precedente (2000-2001) siano state abbondanti sino a gennaio, queste sono state praticamente assenti da febbraio 2001 in poi.

Considerando il cumulato delle piogge dall'1 febbraio 2001 al 31 gennaio 2002 (*tab. 1*), si può osservare che il cumulato di precipitazione si è assestato fra 466 mm e 195 mm su quasi tutta la regione, rispetto alla media climatologica del periodo che mostra valori compresi fra 905 mm e 476 mm. Dal rapporto fra il cumulato osservato e la media climatologica si evince immediatamente come nei mesi in esame sia piovuto meno della metà di quanto piove normalmente, ed in alcune zone questo rapporto risulta addirittura inferiore alla soglia dello 0.4, confermando come le precipitazioni siano state assolutamente deficitarie.

Passando ad un esame dettagliato dei singoli mesi, si può dividere il periodo in esame in due parti: quella che va da febbraio ad agosto 2001 e quella che va da settembre 2001 a gennaio 2002. Questa suddivisione nasce dal fatto che in Sardegna la *stagione piovosa* si colloca tra ottobre ed aprile: in questi mesi, infatti, si registra mediamente l'80% del cumulato annuale delle precipitazioni. Le precipitazioni residue, che si concentrano quasi tutte nei mesi di settembre, maggio e giugno, sono estremamente variabili e raramente sono tali da avere una significativa influenza sul bilancio delle varie annate. Una corretta analisi della fluttuazione delle precipitazioni deve considerare l'intera stagione invernale; per questa ragione si è ritenuto opportuno considerare separatamente il periodo dal mese di settembre.

Stazione	febbraio 2001-gennaio 2002 [mm]	Clima [mm]	Differenza [mm]	%
Decimomannu	195	485	-290	40
Dolianova	210	505	-295	42
Domus de Maria	273	634	-361	43
Guasila	270	514	-244	53
Iglesias	379	815	-436	47
Masainas	246	511	-265	48
Muravera	258	665	-407	39
Samassi	202	551	-349	37
Sardara	265	610	-345	43
Siliqua	207	560	-353	37
Siurgus Donigala	286	732	-446	39
Villa S. Pietro	260	476	-216	55
Villacidro	242	690	-448	35
Villasalto	295	658	-363	45
Atzara	440	820	-380	54
Bitti	397	684	-287	58
Jerzu	385	751	-366	51
Macomer	420	905	-485	46
Modolo	378	652	-274	58
Nuoro	298	710	-412	42
Nurallao	321	667	-346	48
Oliena	251	739	-488	34
Orani	315	624	-309	50
Orosei	216	561	-345	38
Sadali	403	853	-450	47
San Teodoro	300	505	-205	59
Siniscola	273	666	-393	41
Villanova Strisaili	345	691	-346	50
Allai	366	660	-294	55
Arborea	364	678	-314	54
Ghilarza	356	790	-434	45
Milis	378	564	-186	67
Scano di Montiferro	416	795	-379	52
Aglientu	406	712	-306	57
Arzachena	346	700	-354	49
Benetutti	355	560	-205	63
Berchidda	415	585	-170	71
Bonnanaro	312	653	-341	48
Chiararamonti	356	708	-352	50
Giave	321	795	-474	40
Illorai	388	905	-517	43
Luras	466	792	-326	59
Olmedo	401	582	-181	69
Ozieri	252	521	-269	48
Putifigari	420	896	-476	47
Sassari SAR	286	541	-255	53
Sorso	300	530	-230	57
Stintino	262	477	-215	55
Valledoria	318	501	-183	63

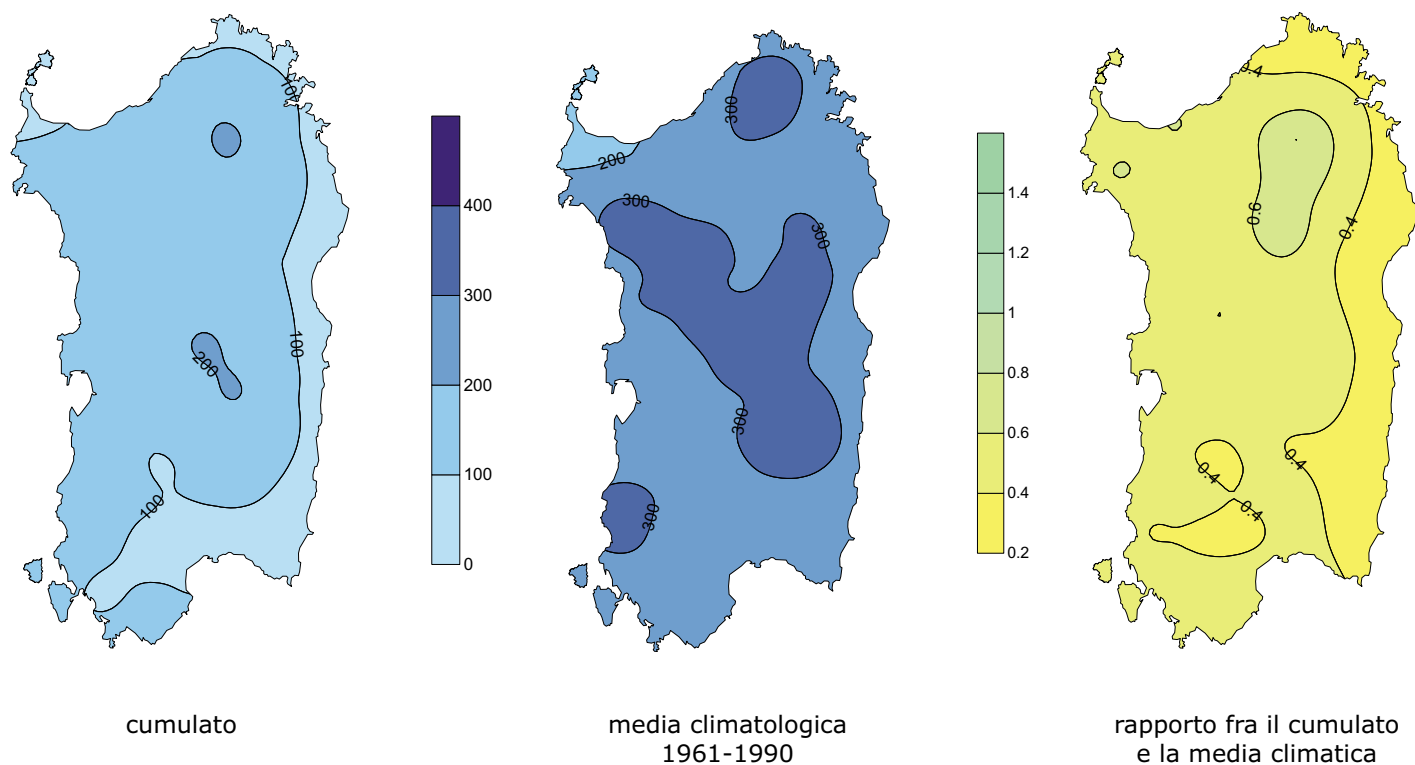
TAB. 1

FEBBRAIO-AGOSTO 2001

Per quanto riguarda il periodo febbraio-agosto 2001 (fig.1), il rapporto fra il cumulato di precipitazione e la media climatica mostra che sulla Sardegna è piovuto meno del 50% del valore climatico.

Dal mese di febbraio 2001 è iniziata una sequenza di mesi con precipitazioni irregolari, ma globalmente scarse, che è proseguita sino a maggio. Dall'analisi delle carte relative alle precipitazioni dei singoli mesi si vede che il rapporto con la media climatica è stato generalmente compreso tra 0.2 e 0.6. Quest'ultima soglia è stata superata solo in poche situazioni, legate ad eventi intensi ma isolati, e quindi poco influenti sul bilancio complessivo. Inoltre i mesi di marzo 2001 ed aprile 2001 sono stati caratterizzati da un regime termico che ha contribuito ad aggravare, in alcuni casi, la situazione: in marzo si sono avute temperature superiori alla media; il mese di aprile, invece, è stato caratterizzato da gelate. Gli ultimi tre mesi dell'annata (giugno-agosto 2001) sono stati assolutamente secchi, salvo qualche isolato temporale estivo. Dai grafici delle differenze percentuali cumulate* si può ancora meglio notare la progressiva diminuzione rispetto alla media climatica delle piogge verificatesi durante tutto il 2001.

Figura 1. Precipitazione da febbraio 2001 a agosto 2001



*Grafico relativo alle differenze cumulate rispetto alla media.

Nel diagramma del regime pluviometrico il valore medio di pioggia mensile, rappresentato dalla linea di valore zero è confrontato con i valori delle piogge mensili dell'anno. Si ottiene quindi la rappresentazione delle differenze percentuali mensili rispetto alla media. Nel grafico relativo alle differenze cumulate la linea di valore zero rappresenta la somma delle piogge medie climatologiche, mentre la spezzata rappresenta la somma delle piogge effettivamente cadute nell'anno; lo scostamento dalla linea di valore zero rappresenta quindi l'effettivo deficit o surplus relativo al mese considerato. Al mese di dicembre si ottiene quindi la differenza globale percentuale rispetto al valore medio annuale di pioggia.

FIG. 2. PRECIPITAZIONE

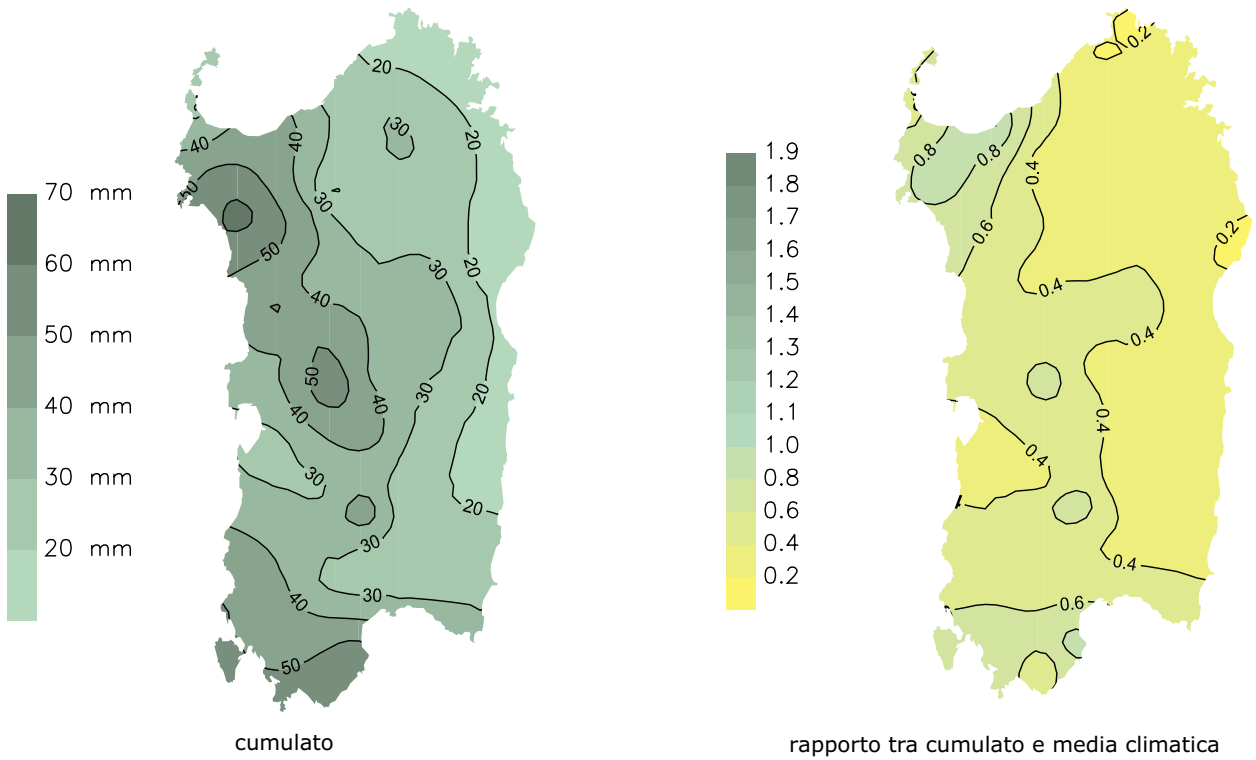


FIG. 3. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

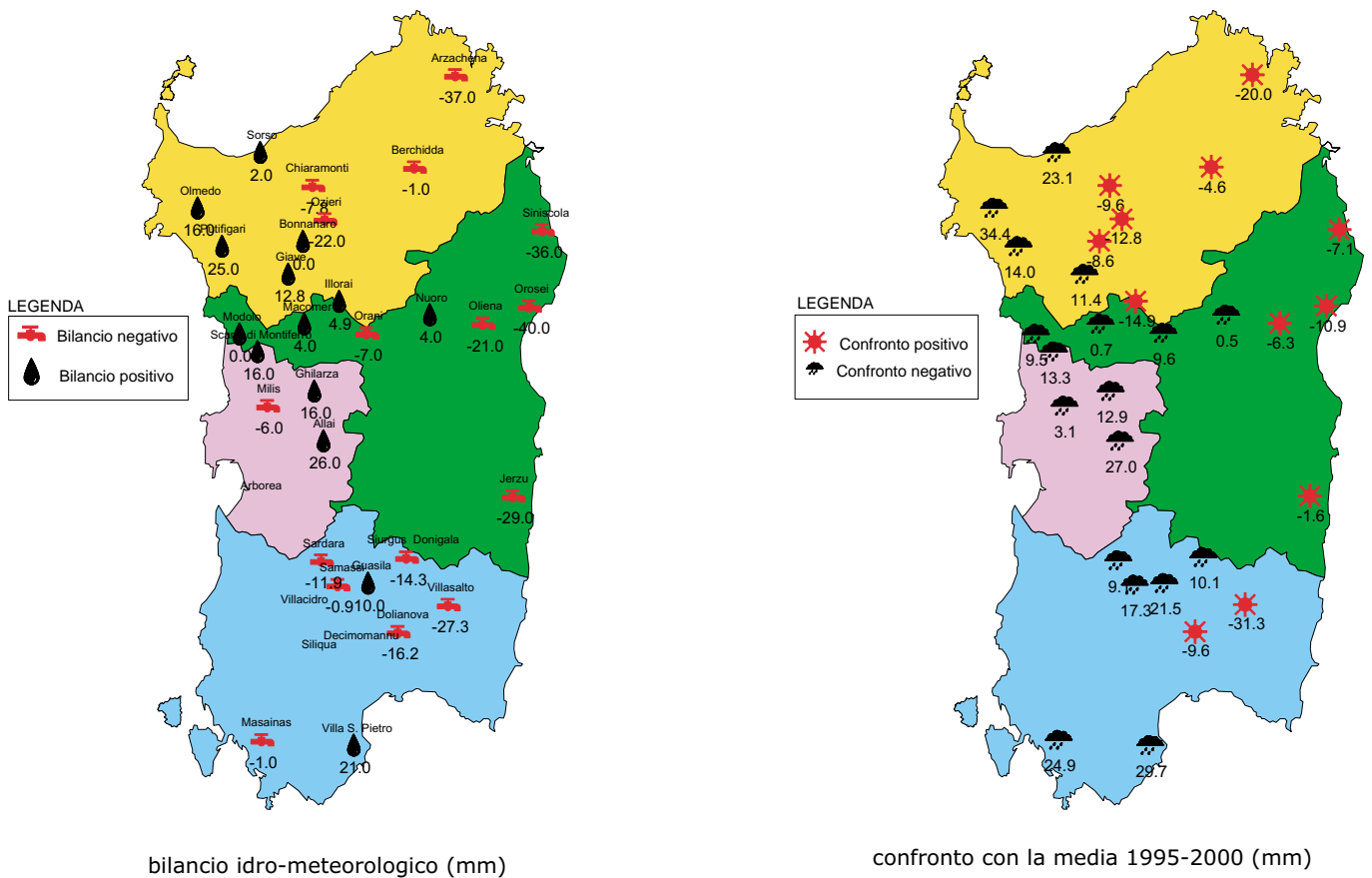


FIG. 4. PRECIPITAZIONE

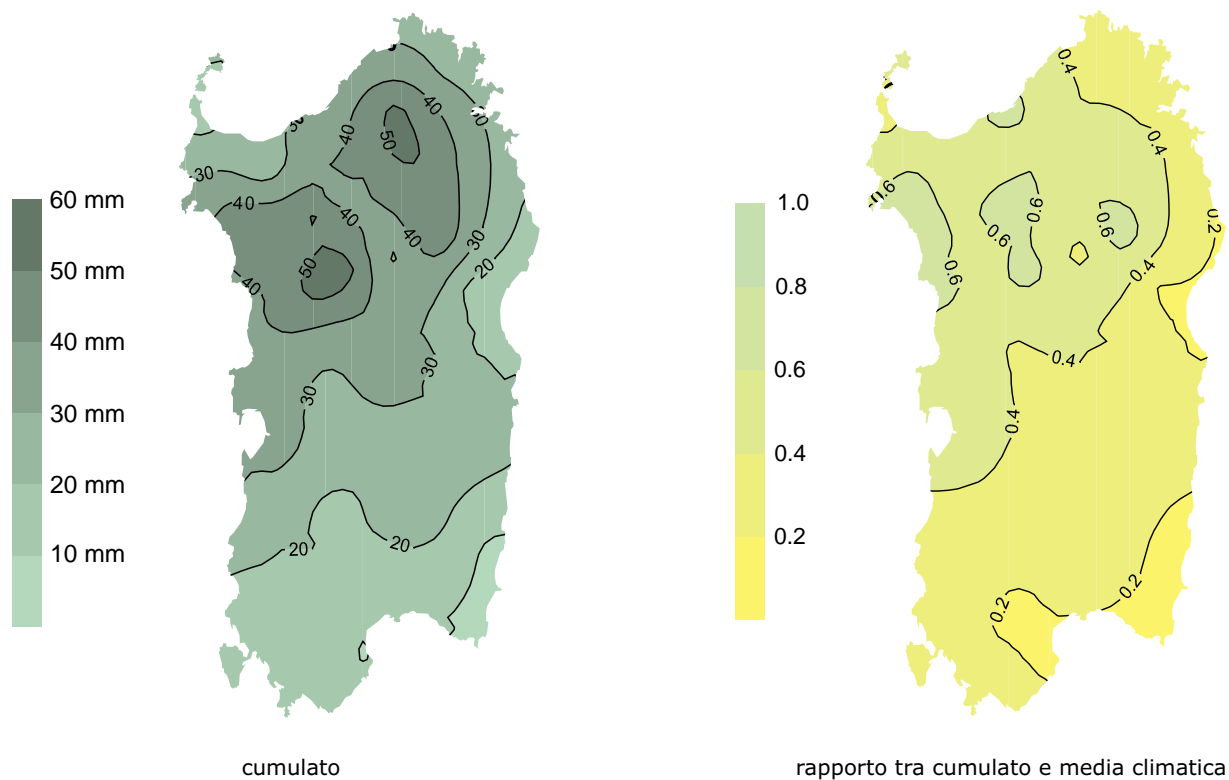


FIG. 5. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

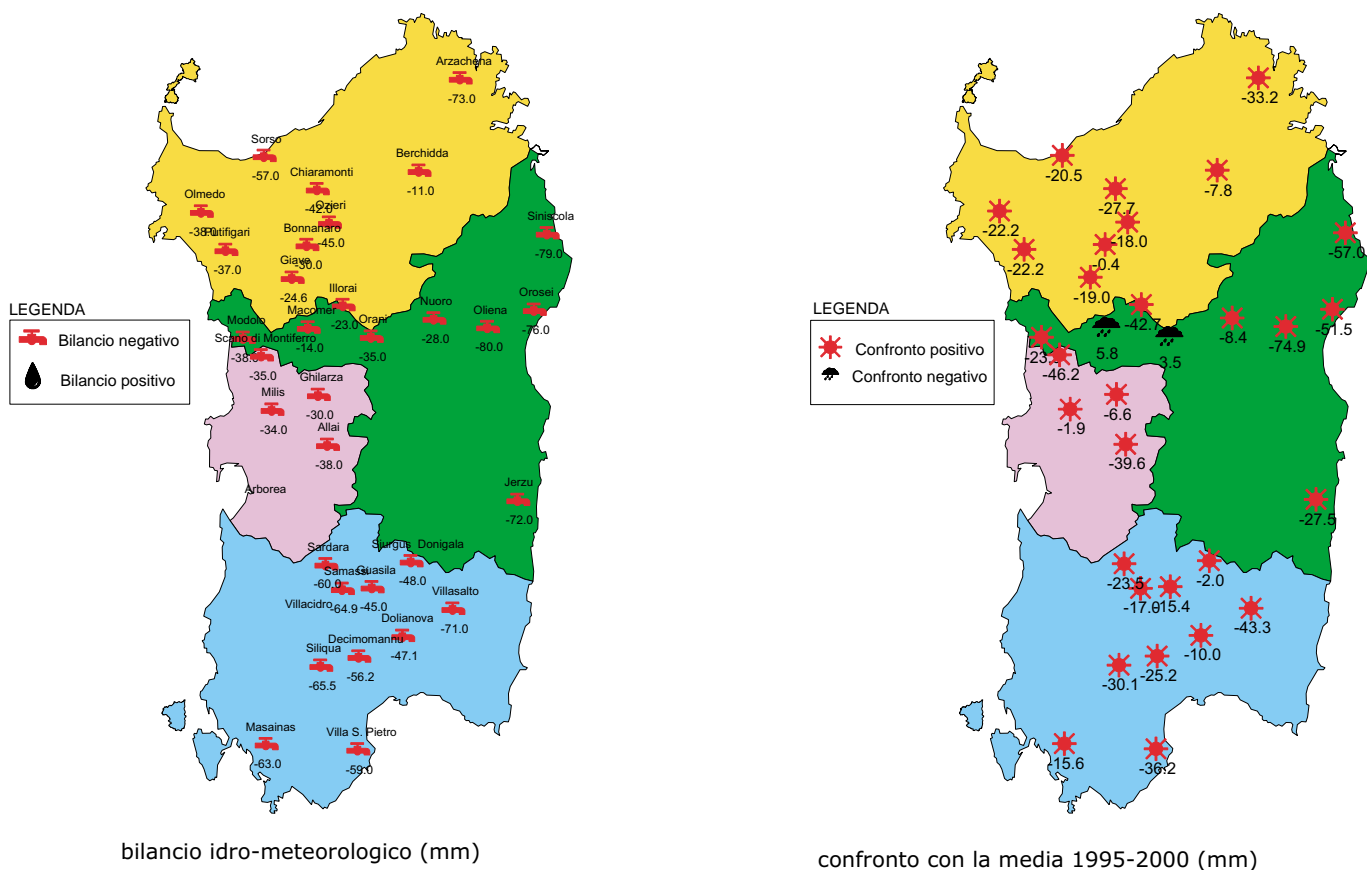


FIG. 6. PRECIPITAZIONE

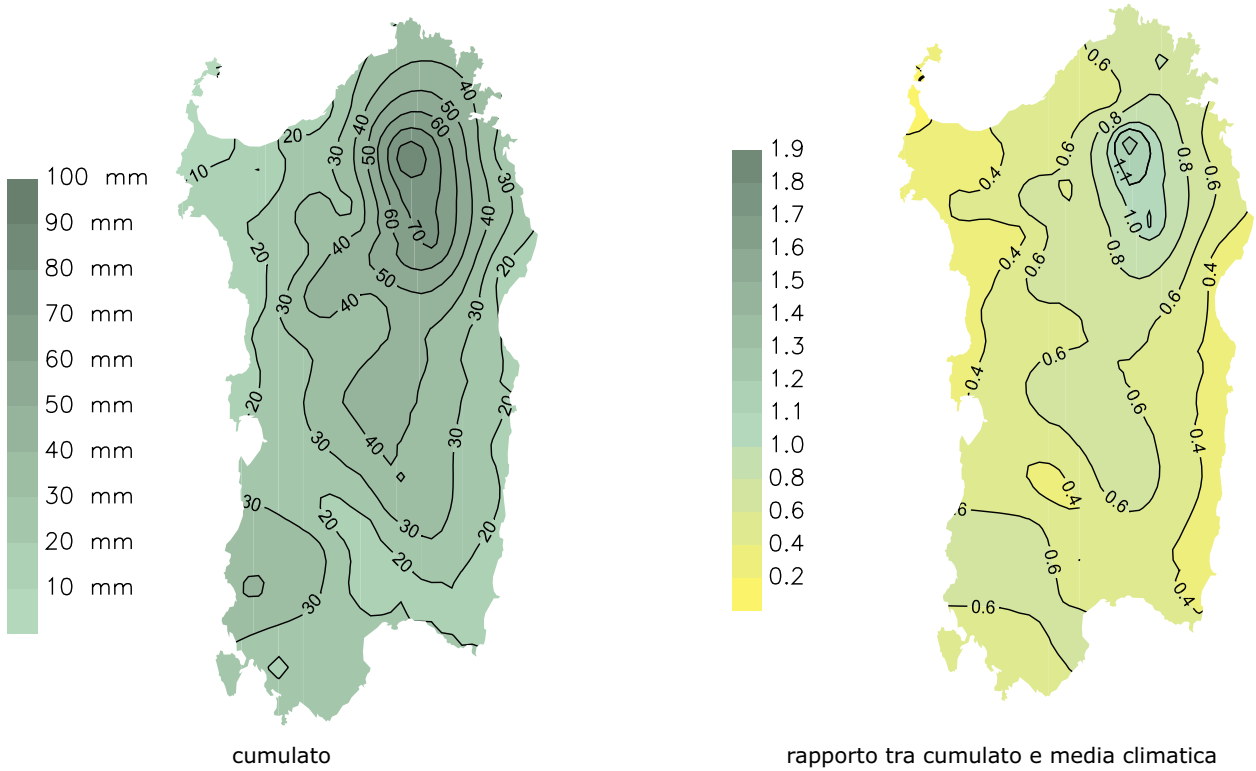


FIG. 7. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

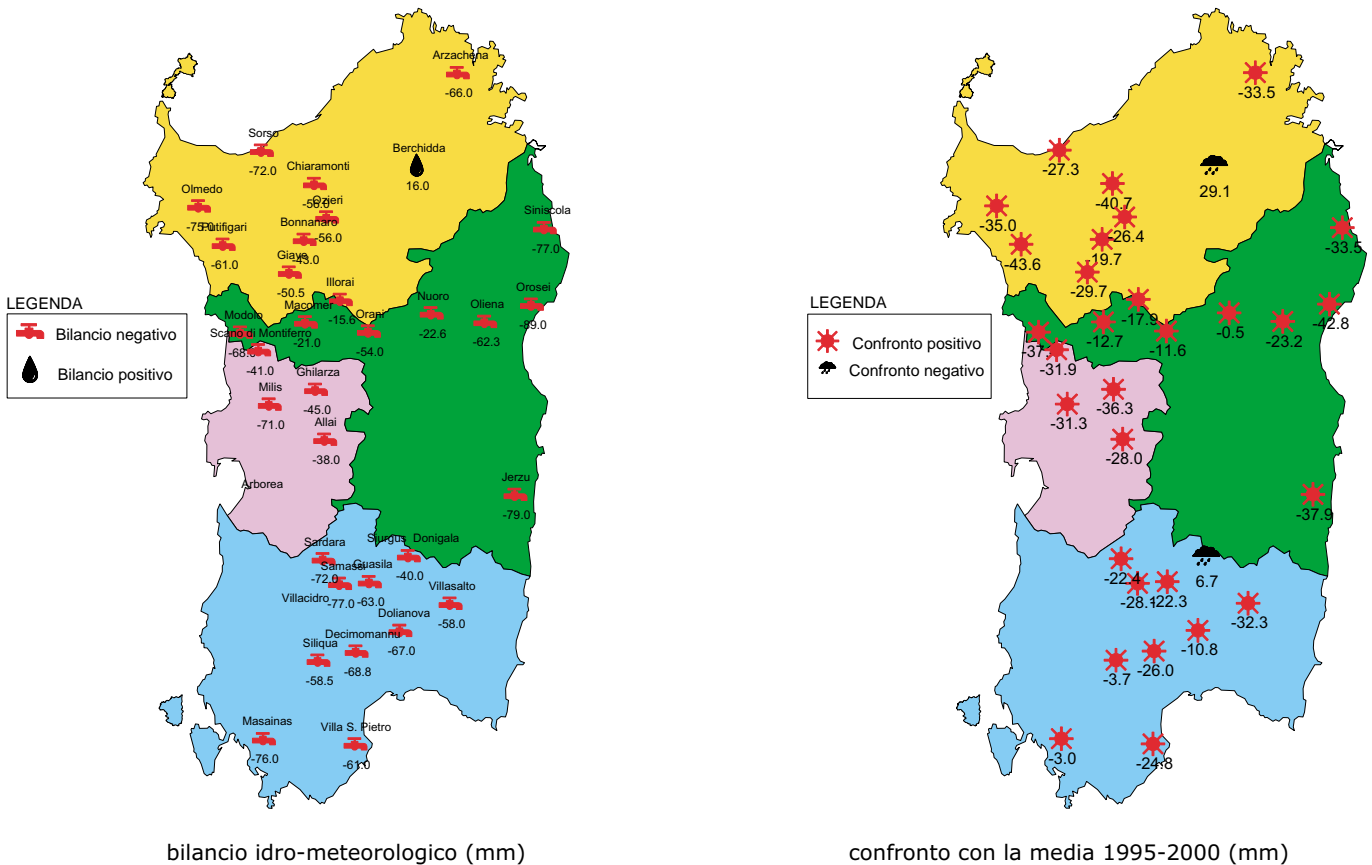


FIG. 8. PRECIPITAZIONE

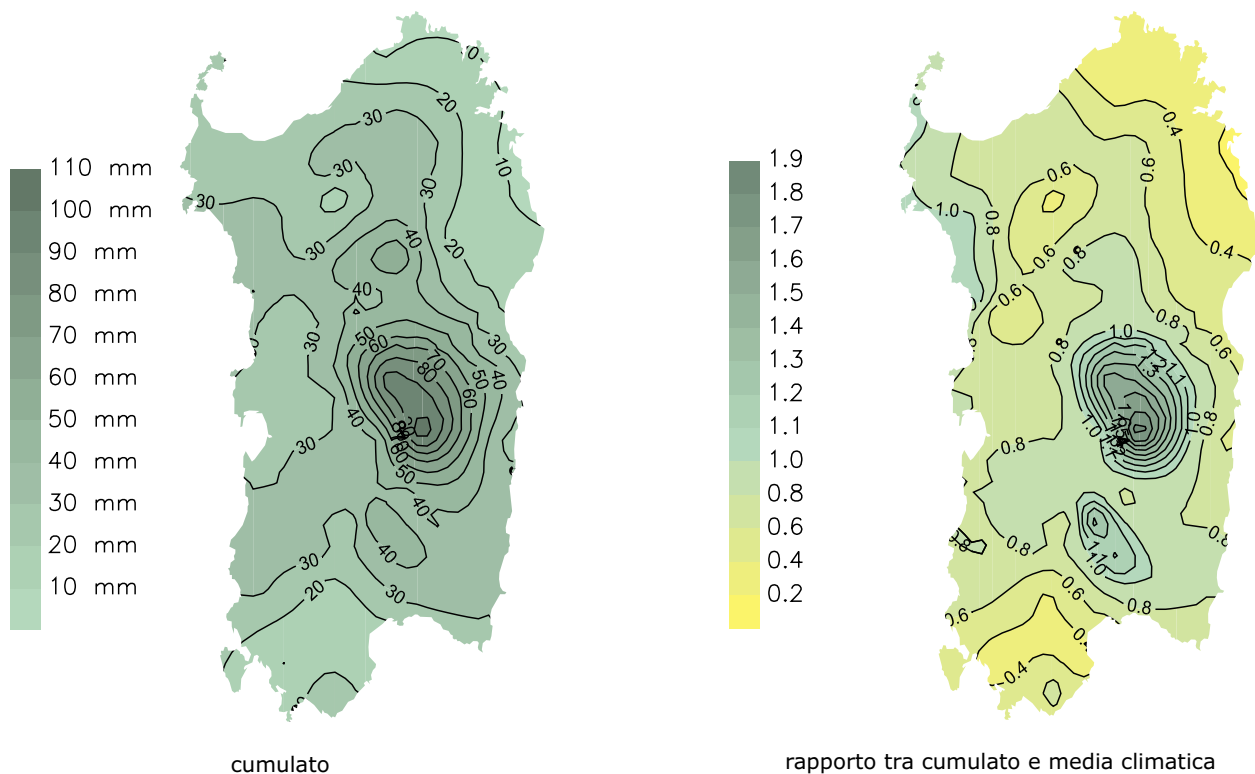


FIG. 9. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

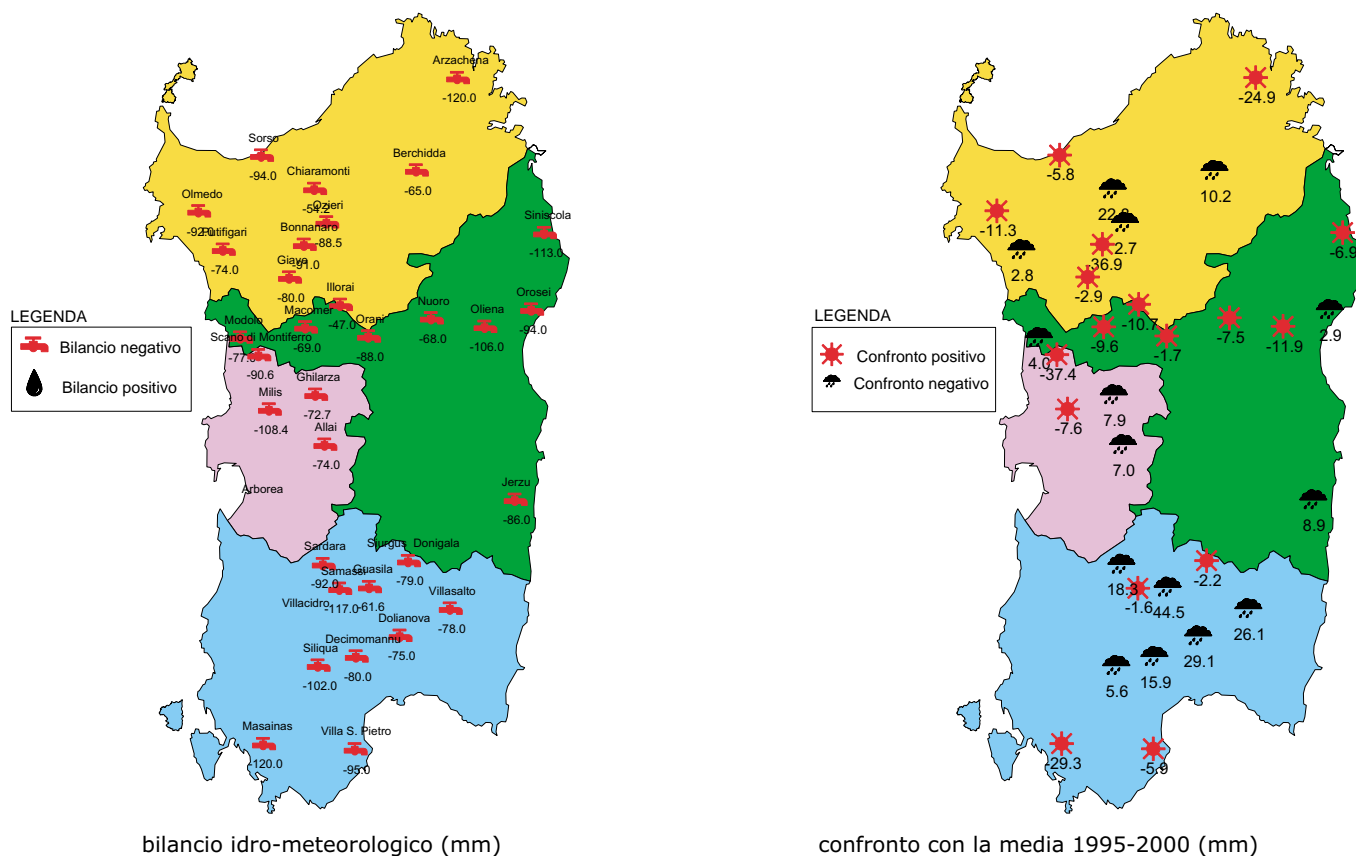


FIG. 10. PRECIPITAZIONE

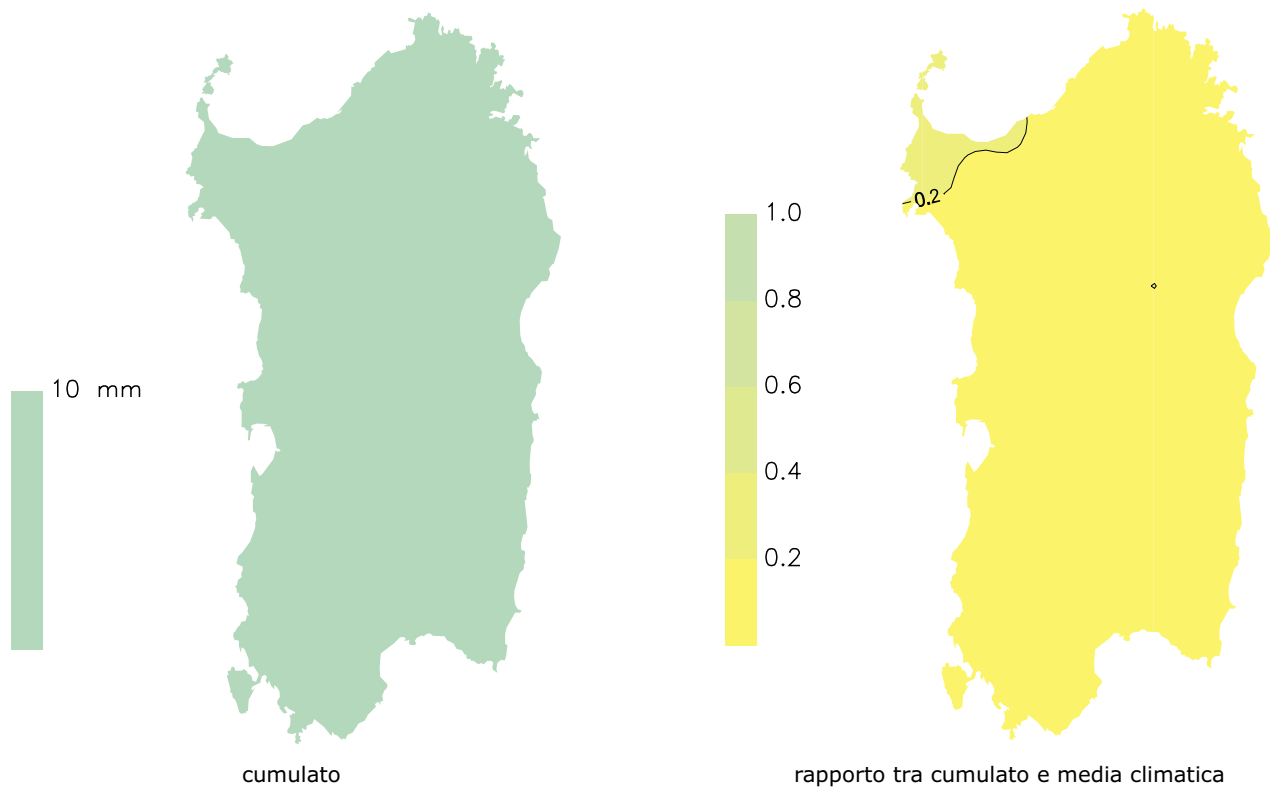


FIG. 11. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

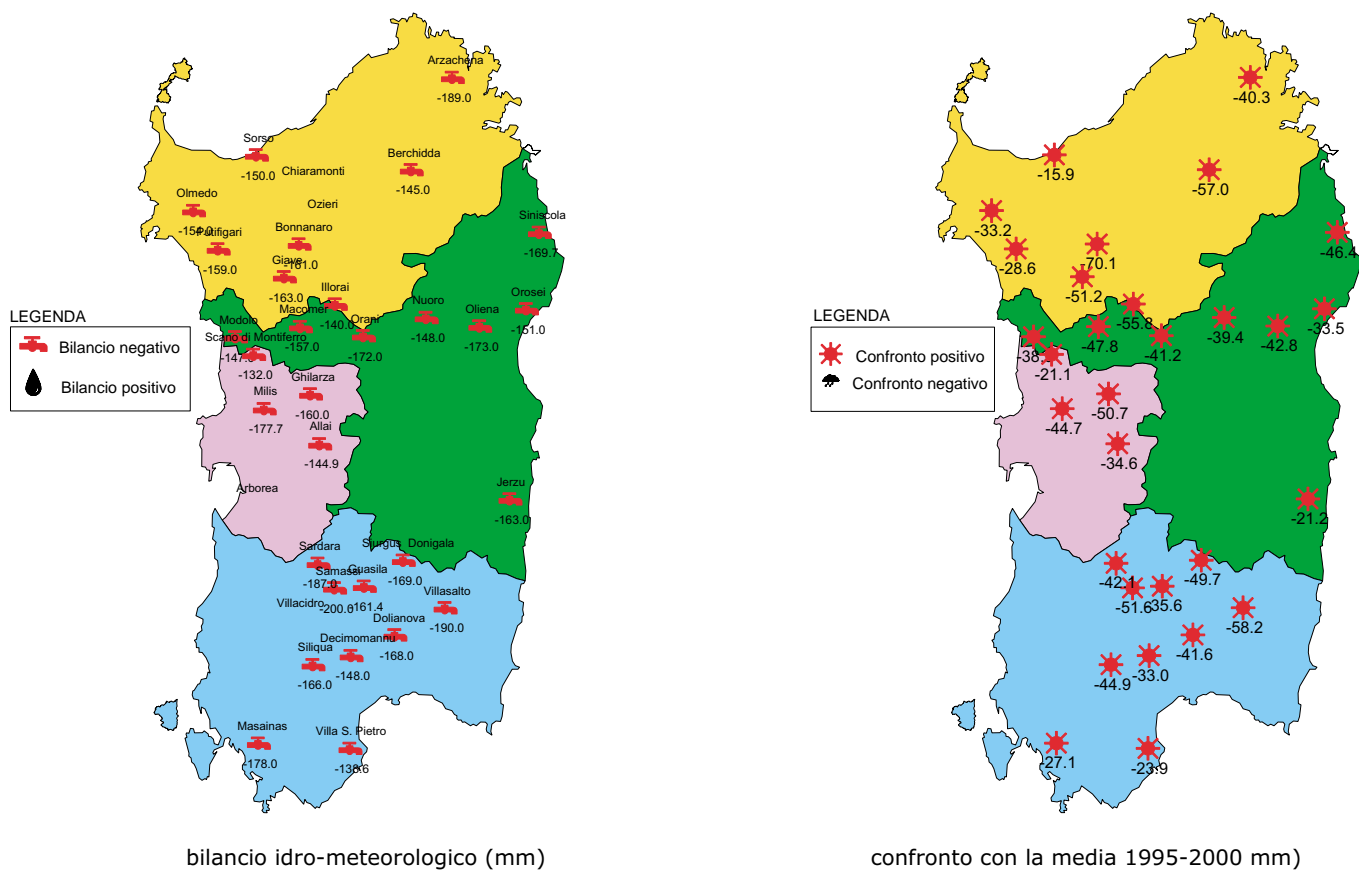


FIG. 12. PRECIPITAZIONE

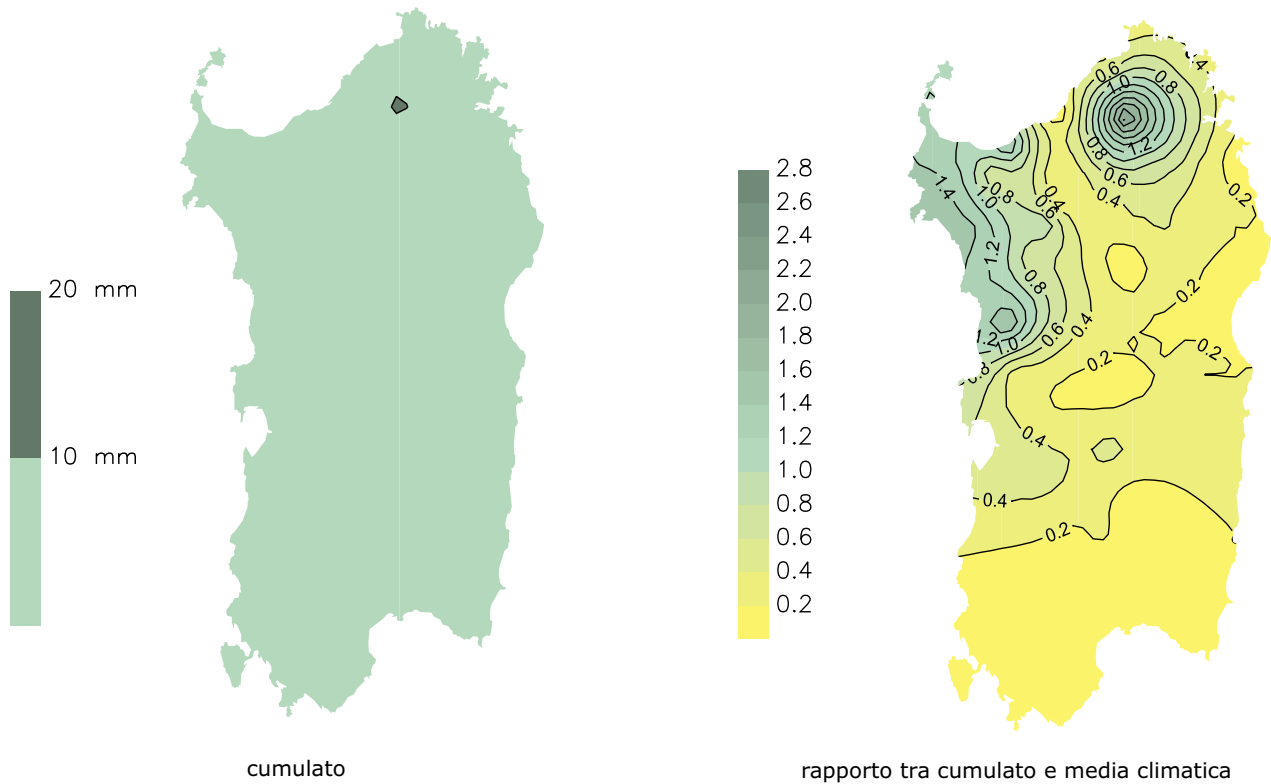


FIG. 13. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

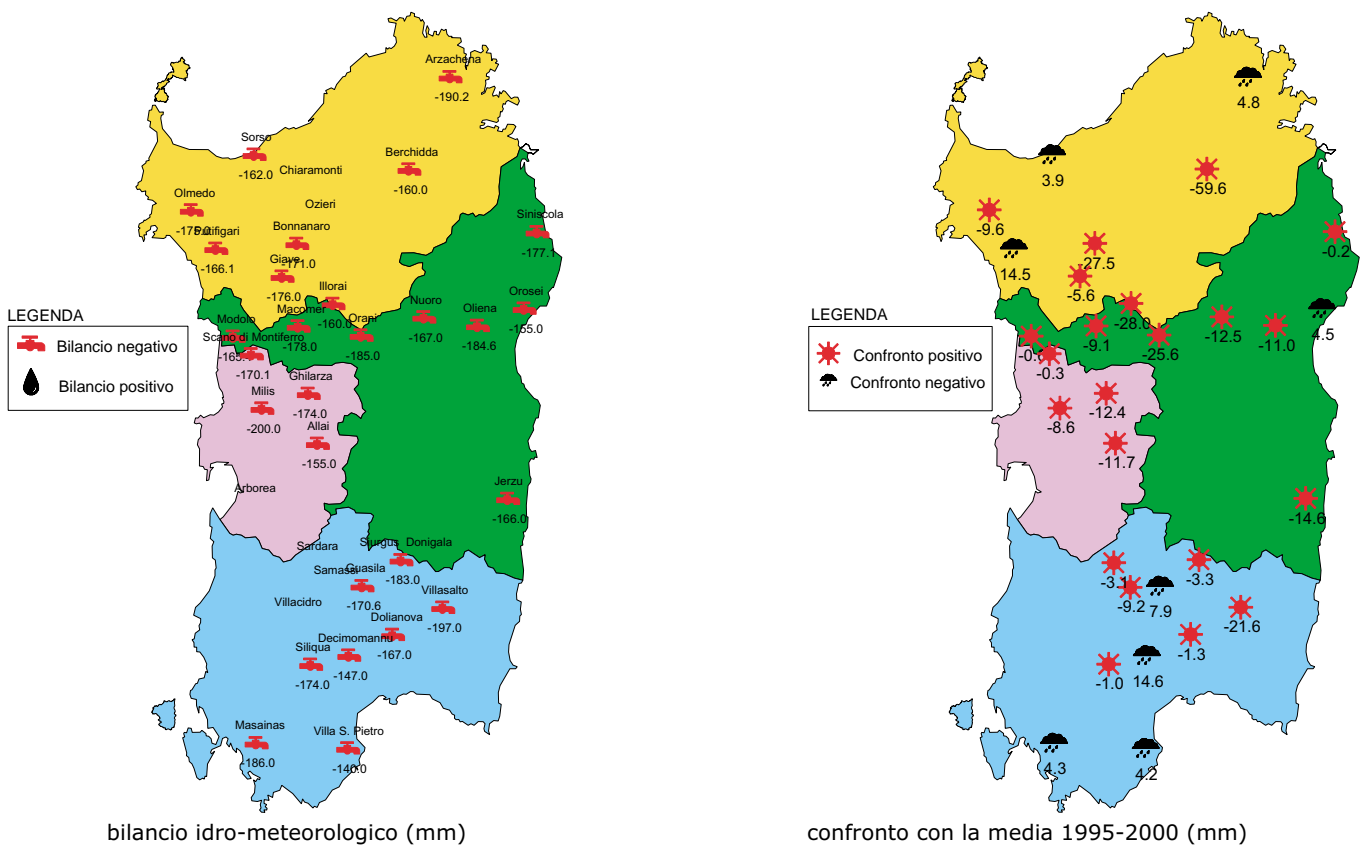


FIG. 14. RECIPITAZIONE

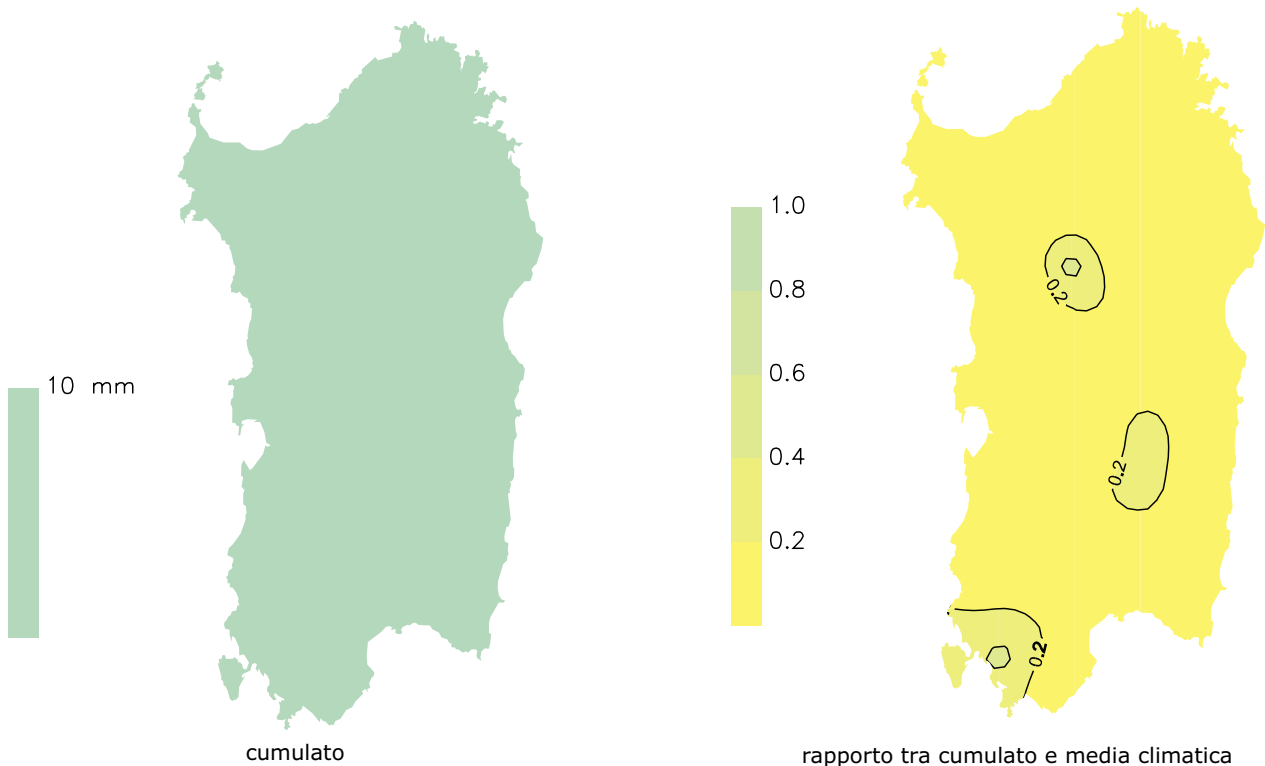
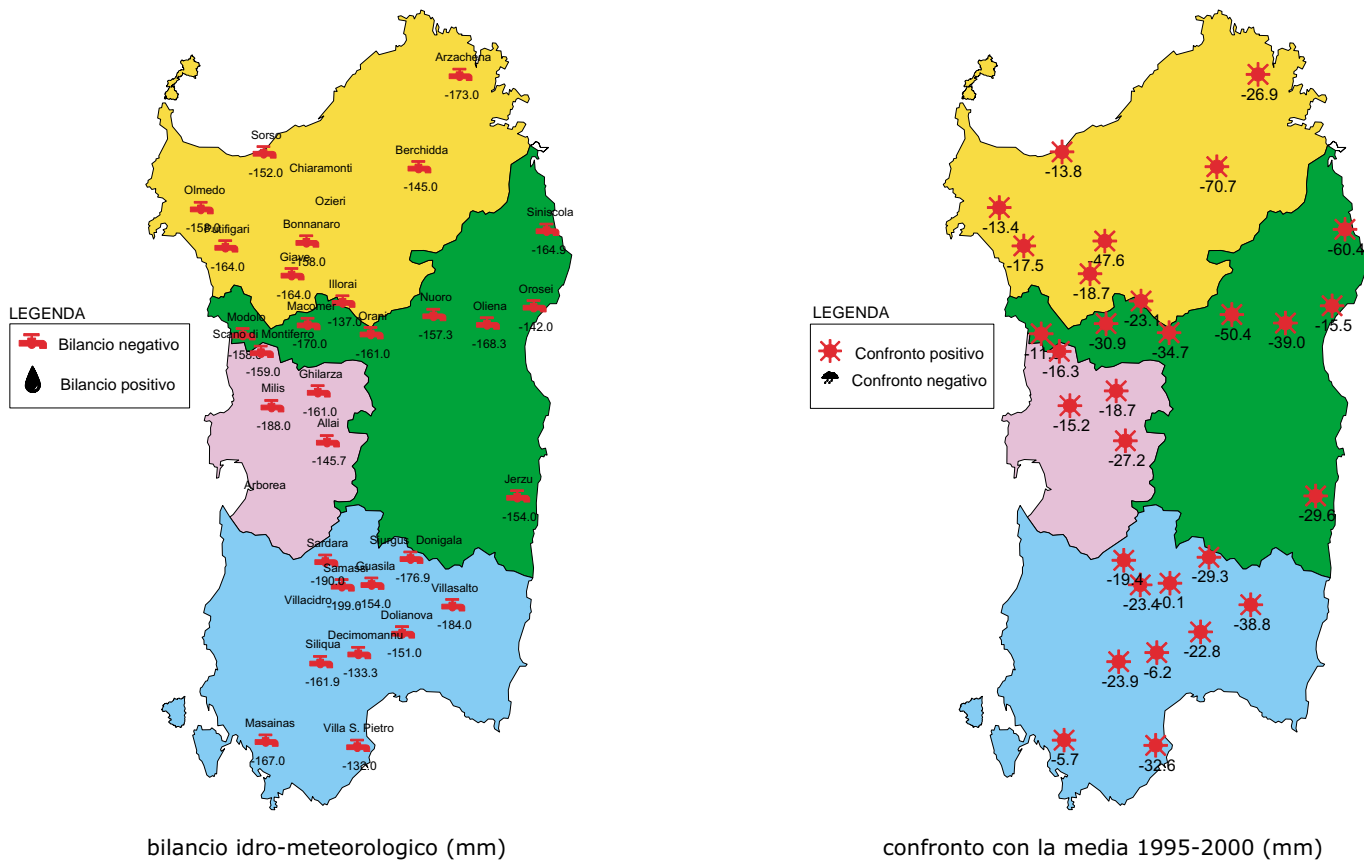
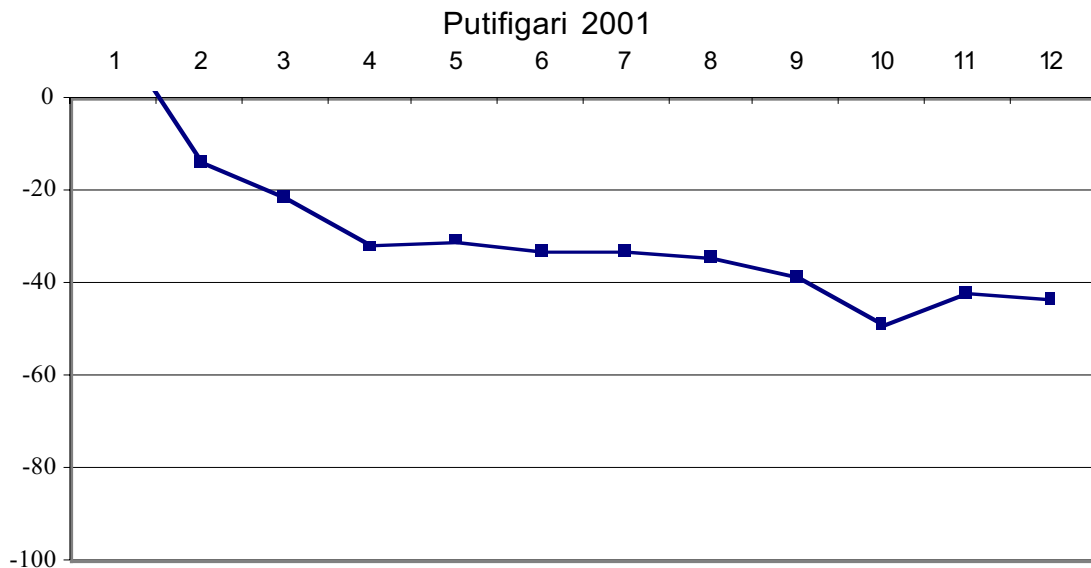


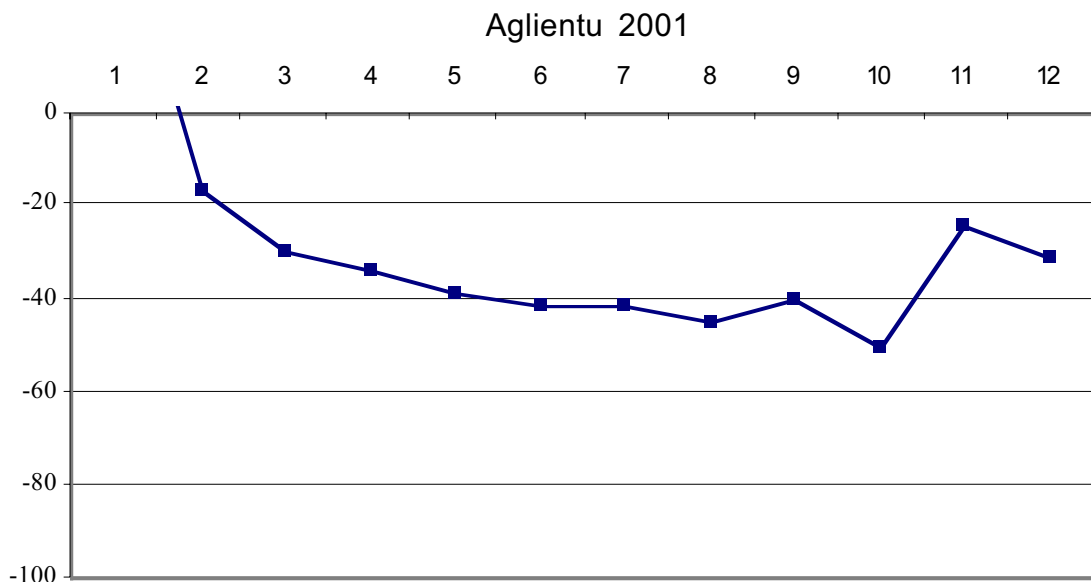
FIG. 15. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO



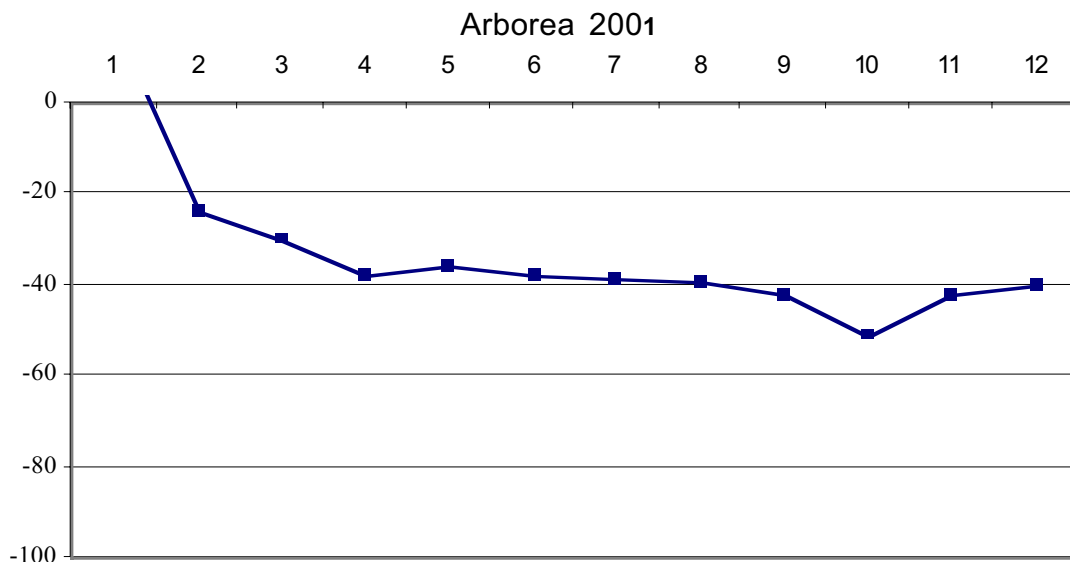
DIFFERENZE PERCENTUALI CUMULATE



GRAF. 1

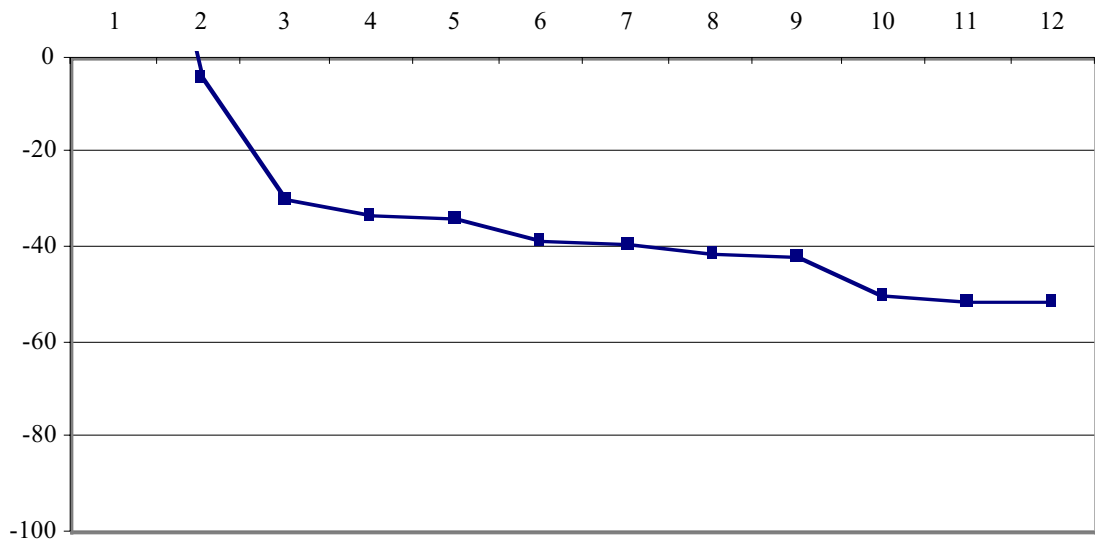


GRAF. 2



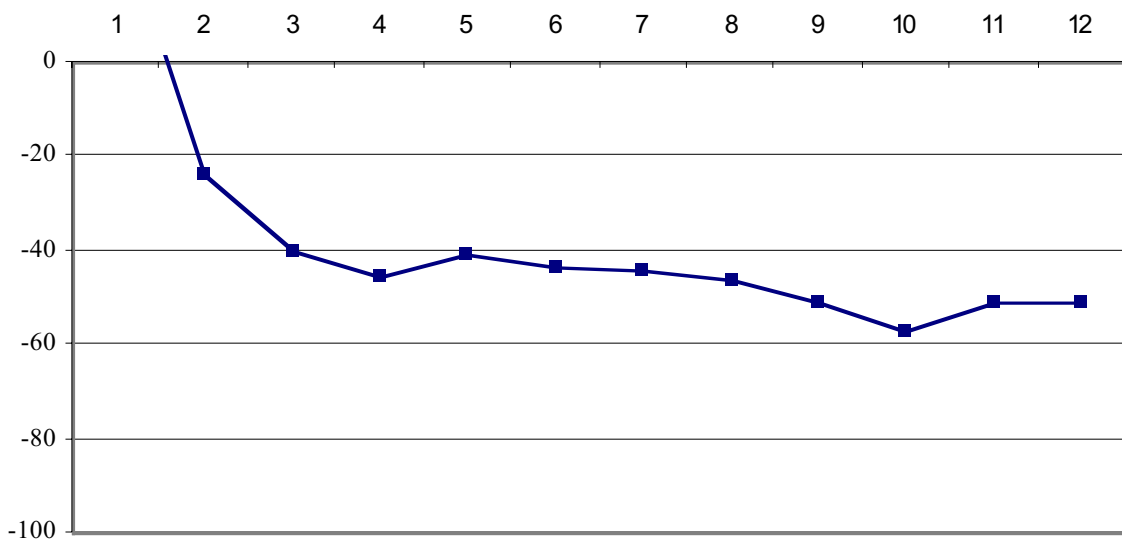
GRAF. 3

Oliena 2001



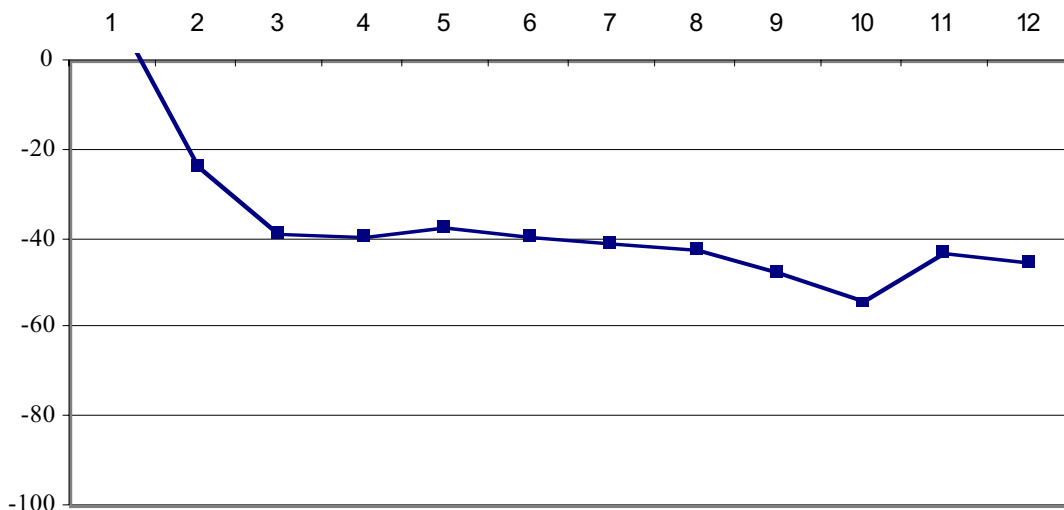
GRAF. 4

Decimomannu 2001



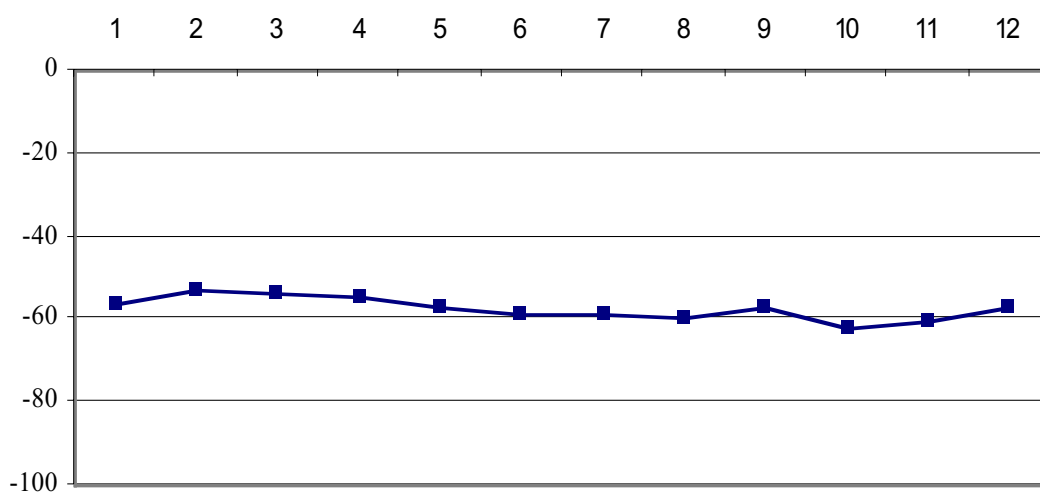
GRAF. 5

Iglesias 2001



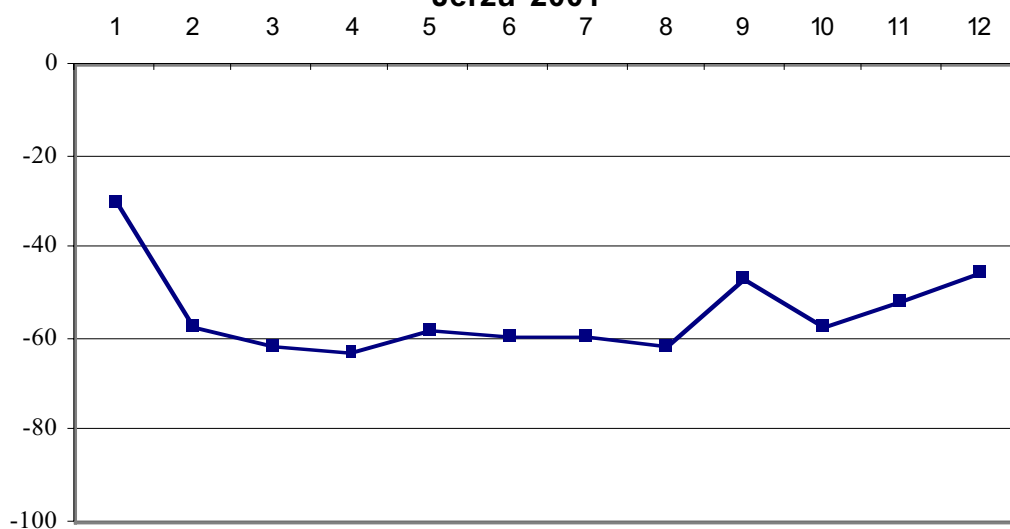
GRAF. 6

Ghilarza 2001



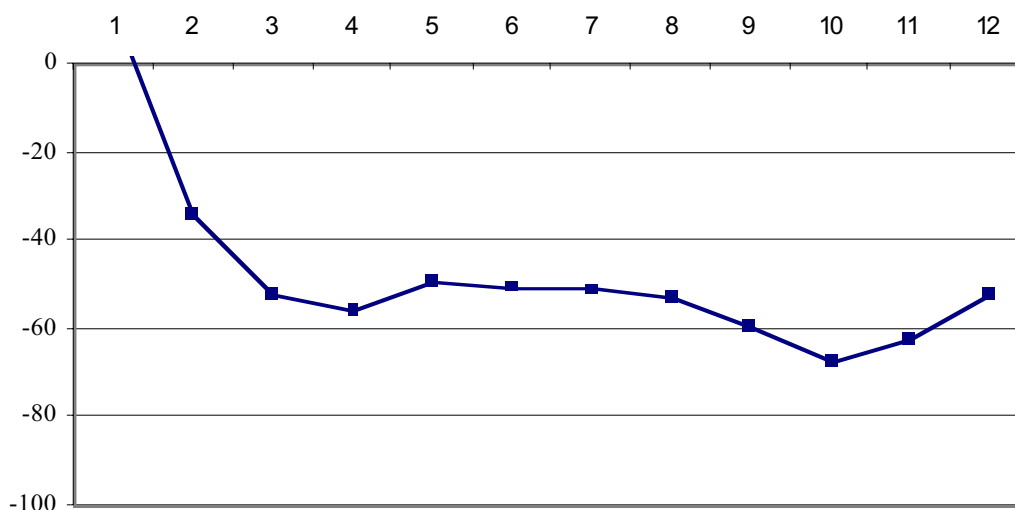
GRAF. 7

Jerzu 2001

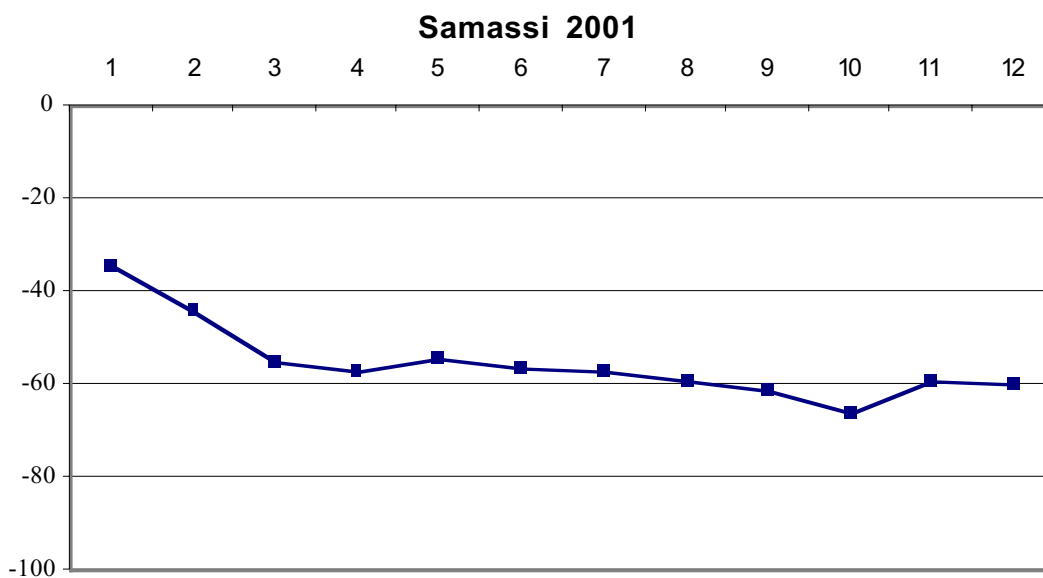


GRAF. 8

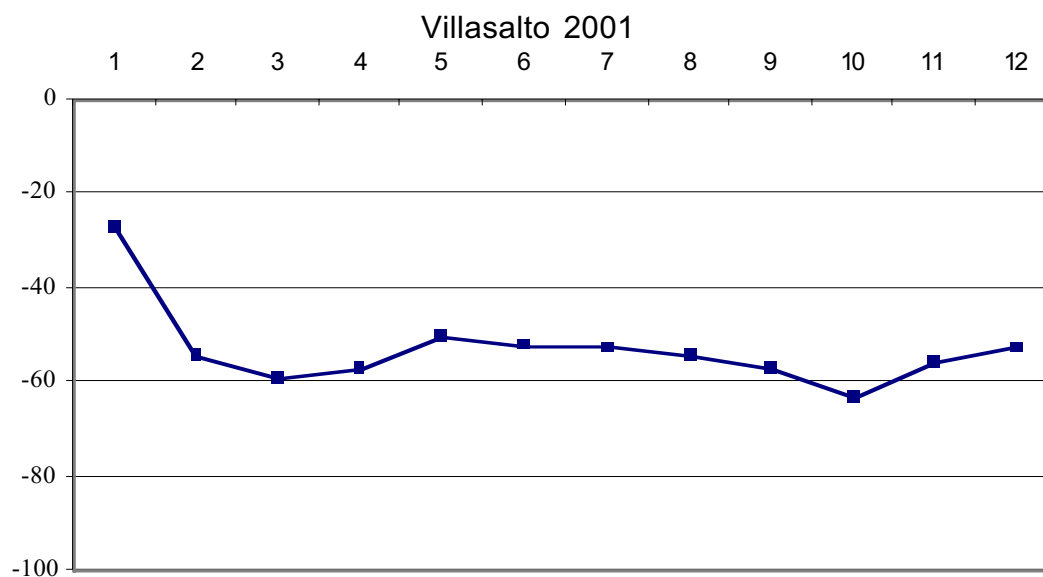
Muravera 2001



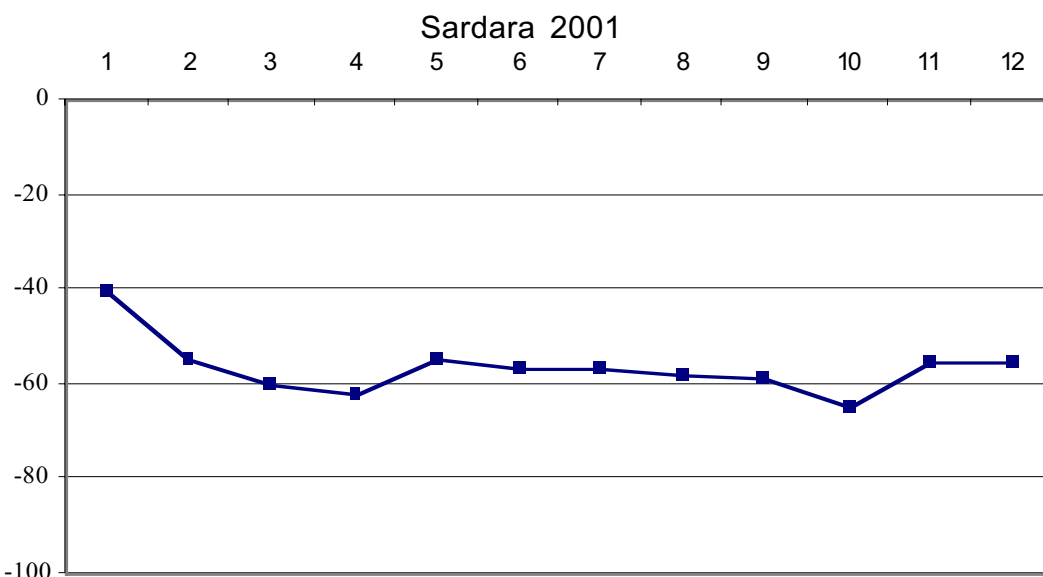
GRAF. 9



GRAF. 10



GRAF. 11

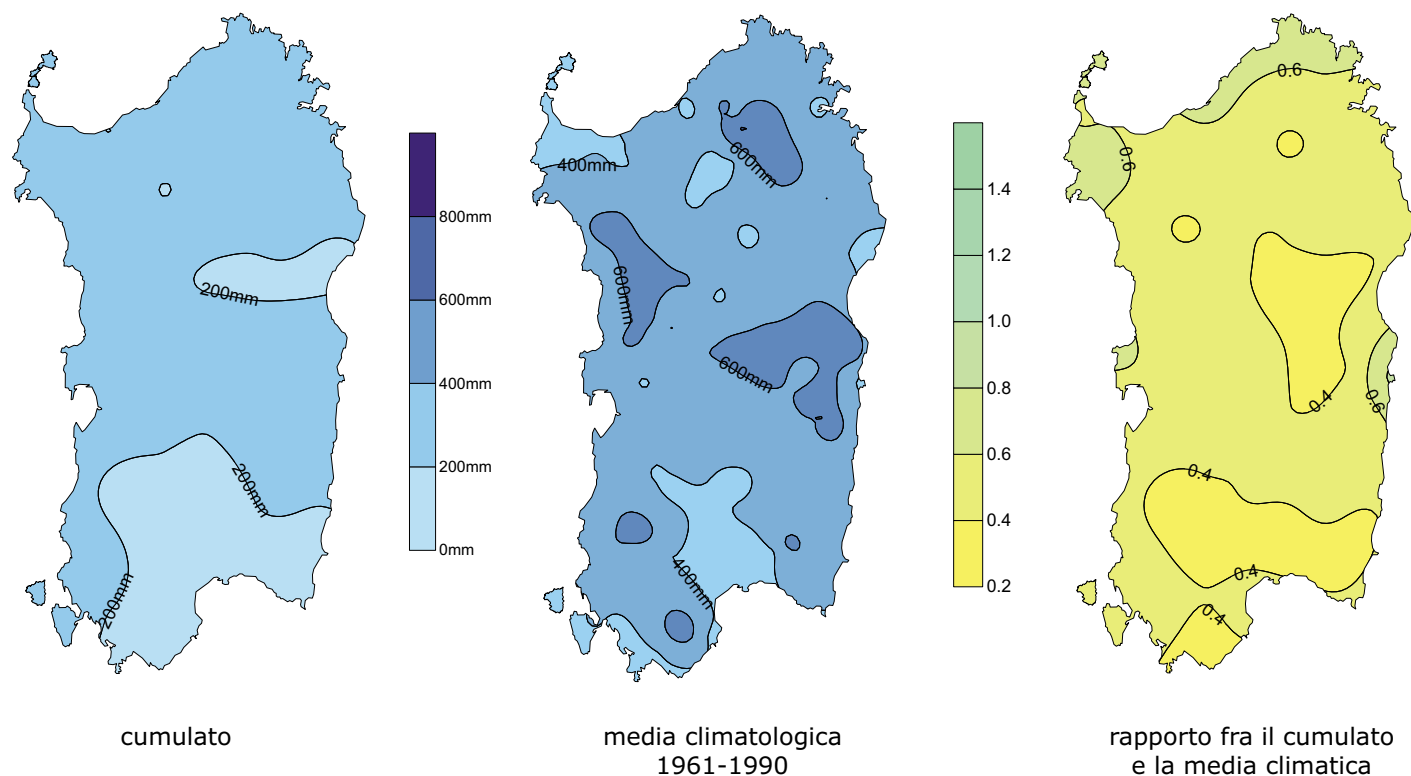


GRAF. 12

SETTEMBRE 2001 - GENNAIO 2002

Il bilancio delle piogge del secondo periodo (settembre 2001-gennaio 2002) si presenta decisamente carente rispetto alla media climatica. Questo fatto è particolarmente significativo se si considera che il quadrimestre settembre-dicembre generalmente contribuisce da solo per circa la metà delle piogge dell'intero anno.

Figura 16. Precipitazione da settembre 2001 a febbraio 2002



L'esame climatologico dettagliato dei singoli mesi mostra che le precipitazioni sono state inferiori alla media ad eccezione del mese di novembre 2001 per la zona settentrionale dell'isola e di dicembre per quella meridionale. Particolarmente carenti sono state le piogge di ottobre.

Il mese di settembre 2001 è stato caratterizzato da un insieme di eventi isolati che hanno interessato esclusivamente quasi tutta la parte orientale della Sardegna. Il mese di ottobre 2001 è stato quasi completamente secco, con piogge che non hanno raggiunto la soglia del 20% della media climatica del mese. Novembre 2001 è stato l'unico mese realmente piovoso, con precipitazioni che hanno superato quasi ovunque la media climatica. Il mese di Dicembre 2001 ha fatto registrare nella Sardegna occidentale valori del cumulato di precipitazione inferiori alla media, mentre nella parte orientale dell'isola il deficit di pioggia è stato compensato dalle abbondanti nevicate. Da una stima di tipo qualitativo si può affermare che la neve caduta equivale a circa 50-100 mm di pioggia e ha interessato in particolare le Barbagie e l'alta Ogliastra. I valori riportati in figura 23, dunque, devono essere corretti considerando un aumento di circa 50-100 mm per tutta la parte montuosa della Sardegna. Nonostante questo, i cumulati di precipitazione (pioggia e neve) continuano a rimanere bassi rispetto alla media climatica.

Anche il confronto con gli anni recenti (a partire dal 1995) mostra che il periodo settembre-dicembre 2001 è stato caratterizzato da una spiccata siccità, con valori di precipitazione paragonabili solo con quelli del 1954 e del 1988. Valori molto elevati del cumulato di precipitazione relativi al periodo settembre-dicembre sono stati registrati in anni recenti nel 1996 e nel 2000. Ritornando molto più indietro nel tempo, infine, si scopre che fra gli autunni più piovosi si annoverano quelli del 1951 e del 1957 che furono funestati, tra l'altro, da episodi alluvionali.

Anche le piogge di gennaio 2002 sono state generalmente scarse con valori che risultano più elevati sulla parte orientale; tuttavia, in nessuna zona della Sardegna si è raggiunta la metà della media climatica del mese.

Ma il mese di gennaio 2002 è stato caratterizzato in maniera particolare da valori di temperatura eccezionalmente bassi: la media delle minime mostra valori inferiori di 3-4 °C rispetto alla media climatica.

FIG. 17. PRECIPITAZIONE

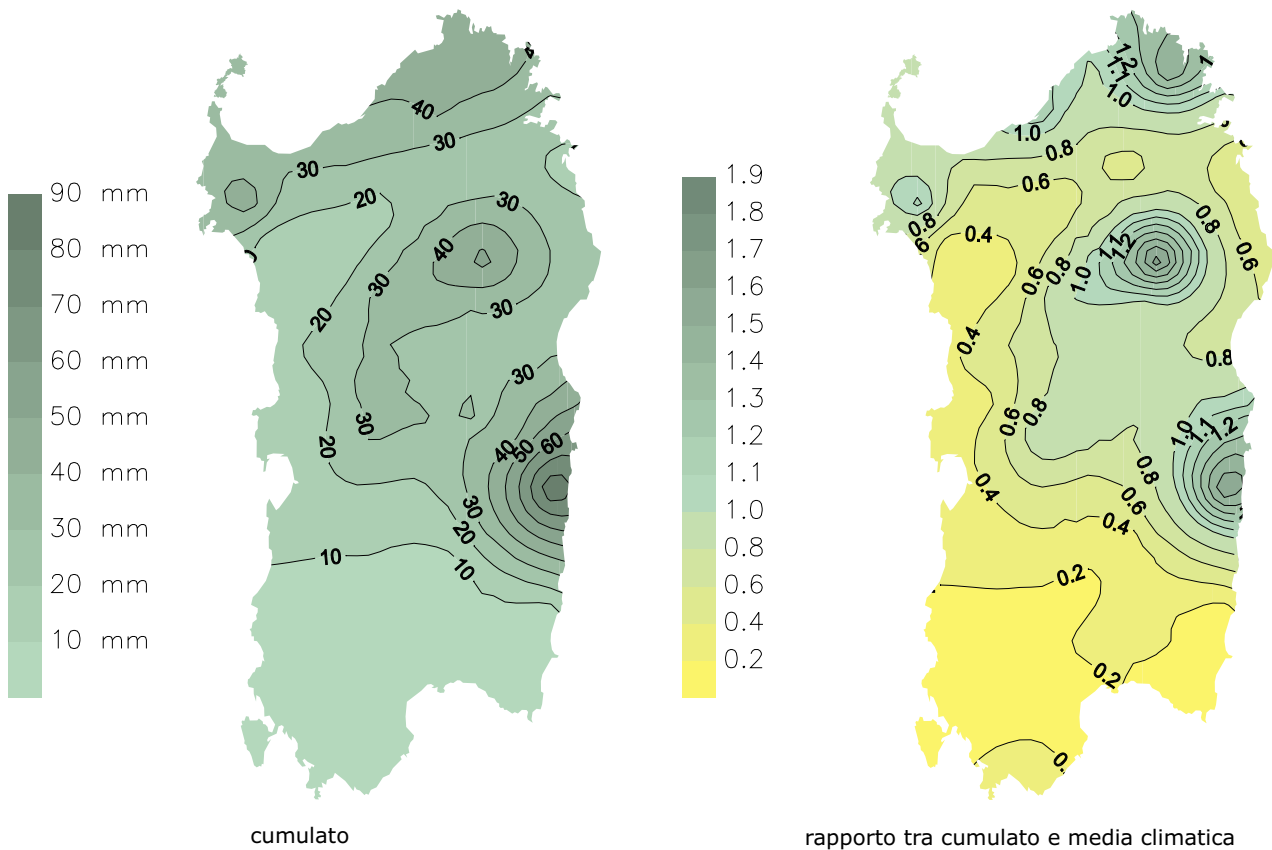


FIG. 18. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

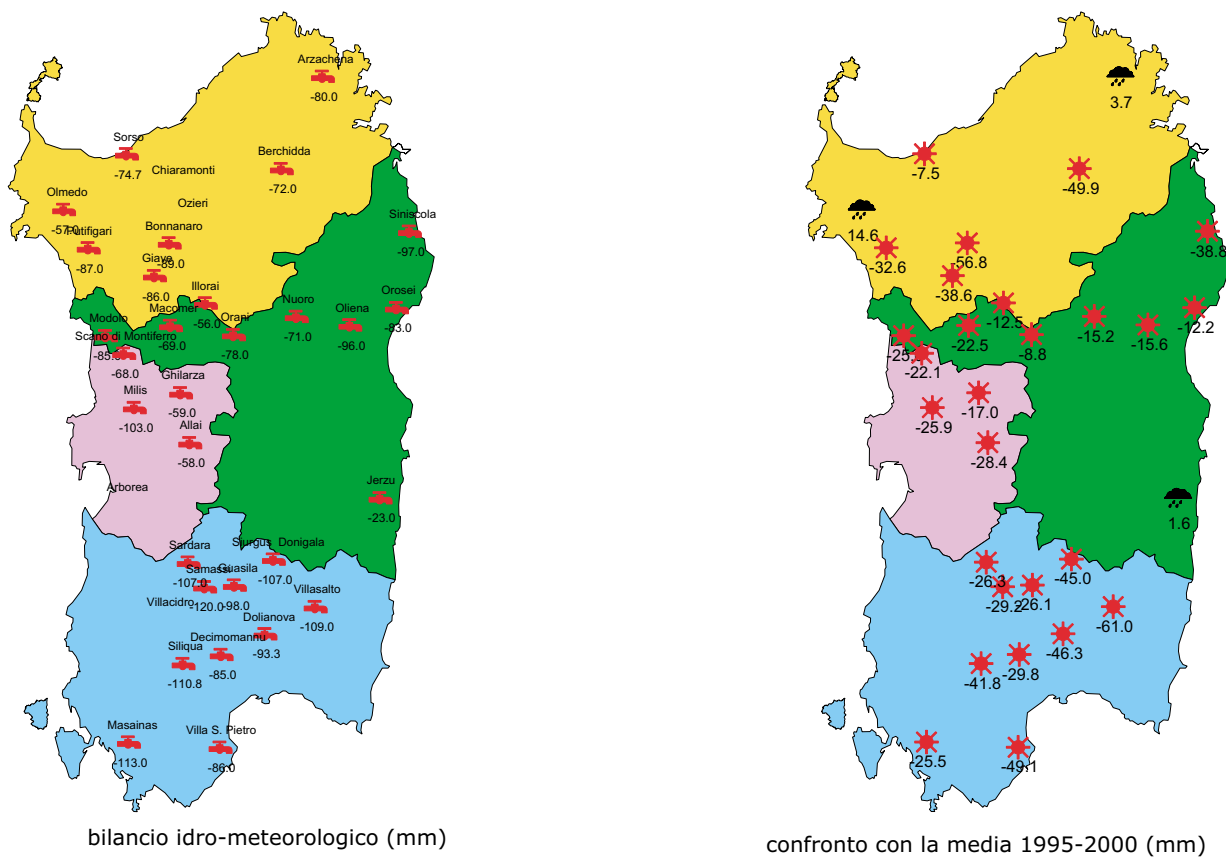


FIG. 19. PRECIPITAZIONE

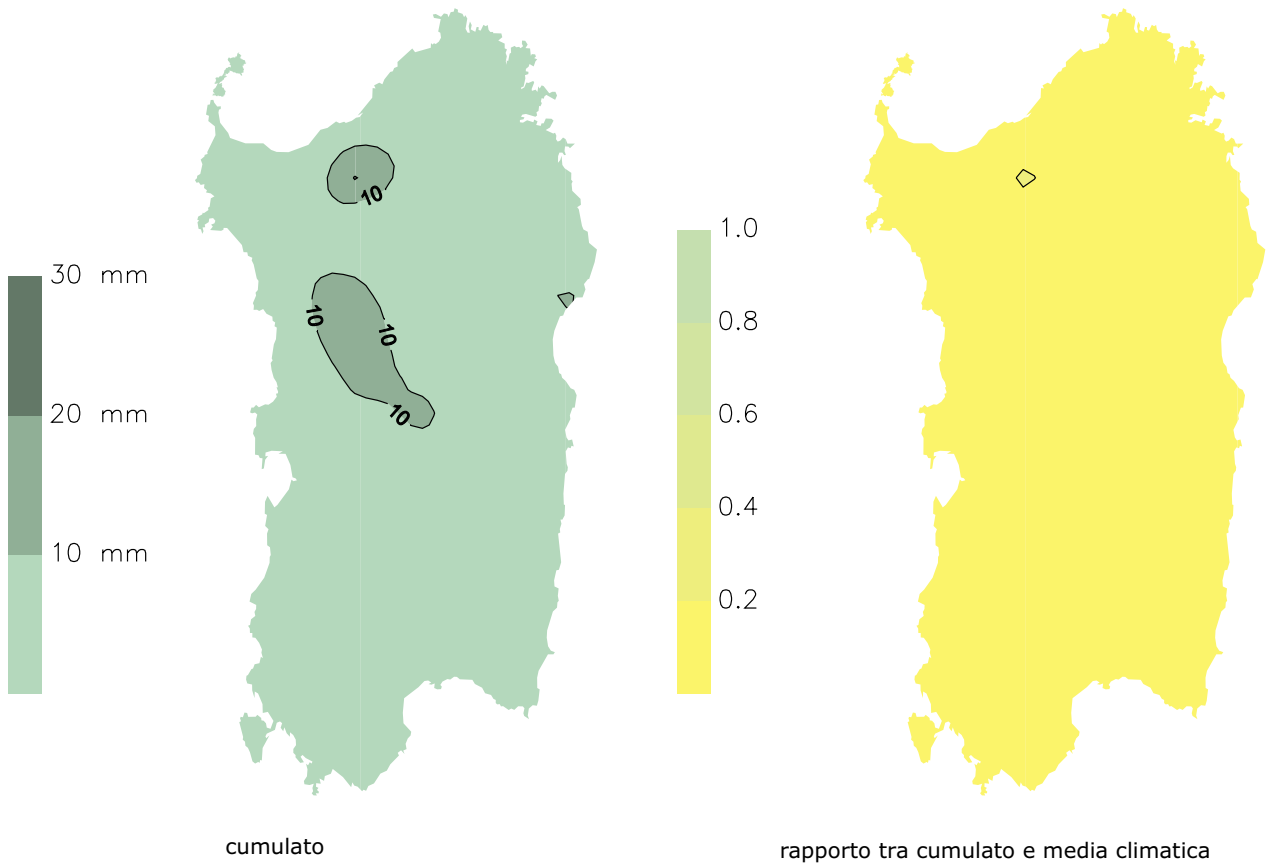


FIG. 20. BILANCIO IDRO-METEOROLOGICO

