



**Servizio Presidi Tecnici di Supporto al Settore
Agricolo**

***Ufficio Coordinamento Servizi vivaistici e
Agrometeo - Scerni(Ch)***

**ANALISI DELLA SICCITA' IN ALCUNI AREALI
DELLA REGIONE ABRUZZO MEDIANTE
L'IMPIEGO DELL'INDICE SPI
(Standard Precipitation index)
*IMPLICAZIONI PER L'AGRICOLTURA***

INTRODUZIONE

La siccità è una condizione temporanea e relativa, che comporta un decremento dell'acqua disponibile in un particolare periodo e per una particolare zona (Wilhite, 1993); il fenomeno, di conseguenza, può colpire anche zone non aride, nel caso in cui le precipitazioni siano sensibilmente inferiori ai valori normalmente registrati.

La siccità meteorologica interessa un periodo limitato (< 3 mesi) e influisce sulle condizioni di umidità del suolo; la stessa, in agricoltura, riguarda un periodo di 3-6 mesi e limita la resa produttiva delle colture, mentre la siccità idrologica interessa un periodo di 6-12 mesi e oltre, e ricade negativamente sulle falde acquifere e le portate fluviali (fig. 1)

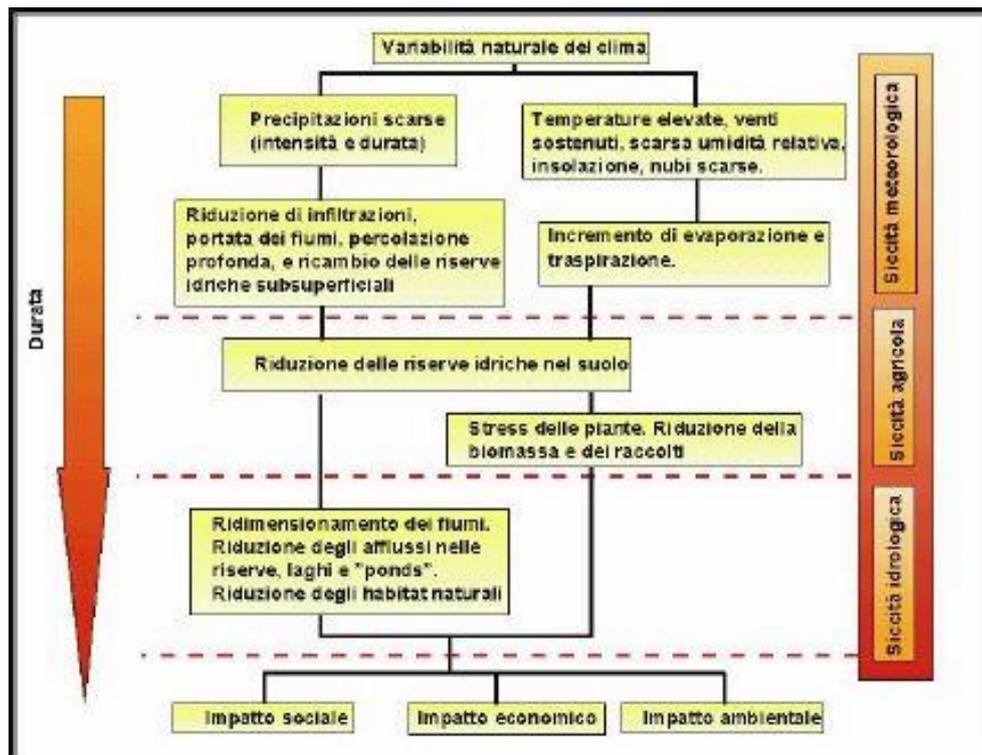


Fig. 1 Cause e dinamica della siccità (NDMC - National Drought Mitigation Center, 2003)

Uno degli indici statistici più utilizzati per la misura della siccità in una località è lo SPI (Standard Precipitation Index) (McKee et al. 1993), per il quale vengono impiegate serie storiche di dati pluviometrici mensili. L'indice consente di valutare gli scostamenti delle precipitazioni dai valori attesi e permette inoltre, essendo standardizzato, di fare raffronti tra località che hanno pluviometrie molto diverse, causa la loro posizione geografica. Gli effetti della siccità nel campo agricolo vengono valutati con l'indice SPI, adottando scale temporali brevi (3 – 6 mesi), mentre per gli effetti inerenti l'acqua nel sottosuolo, i fiumi e gli invasi si utilizzano scale temporali più lunghe (12, 24, 48 mesi).

Il presente lavoro analizza l'evoluzione dell'indice Spi in alcuna località della Regione Abruzzo ponendo l'attenzione sulle scale brevi che riguardano l'attività agricola.

Materiali e metodi

Lo studio climatico è stato effettuato utilizzando i dati pluviometrici mensili rilevati, nell'arco temporale 1951-2015, dal Servizio Idrografico Regionale in 25 località della regione Abruzzo. (Fig. 2)

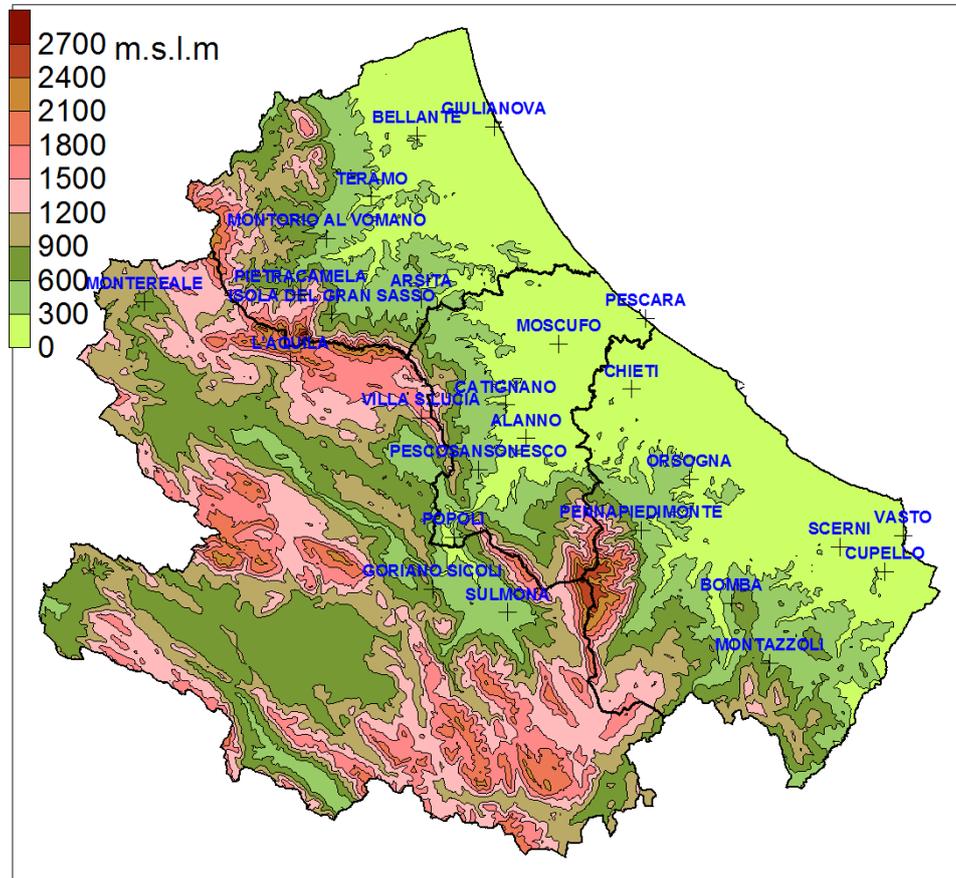


Fig. 2 Mappa delle stazioni

L'indice **SPI** viene calcolato dividendo lo scarto tra la precipitazione e il suo valore medio, con la deviazione standard su una data scala temporale secondo la seguente formula:

$$SPI = \frac{x - \bar{x}_i}{\sigma}$$

Esso rappresenta quindi la Variabile Normale Standardizzata della serie storica di precipitazione. Per le scale temporali brevi, inferiori all'anno, le quali non si distribuiscono secondo la curva normale, è necessario, prima di standardizzare la variabile, che sia applicata una distribuzione di tipo Gamma, in modo tale che serie con asimmetrie differenti non siano definite dal medesimo valore standardizzato.

La variabilità del segnale, composto da valori positivi e negativi, indica condizione di abbondanza o di deficit di precipitazione rispetto al dato normalmente atteso alla scala di tempo utilizzata. (Tab. 1). L'indice SPI indica il numero di deviazioni standard con cui un evento è distante dalle condizioni di normalità.

Tab. 1 Classificazione relativa all'indice SPI

SPI	CLASSI
>2	Estremamente umido
Da 1,5 a 1,99	Molto umido
Da 1,0 a 1,49	Moderatamente umido
Da 0,99 a -0,99	Nella norma
Da -1 a -1,49	Moderatamente secco
Da -1,5 a -1,99	Molto secco
<-2	Estremamente secco

Il calcolo dell' indice **SPI** è stato effettuato per ogni località per le seguenti scale temporali: 1,3,6,12,24 mesi utilizzando il software free SPI_SL_6 disponibile sul sito web <http://climate.atmos.colostate.edu/standardizedprecipitation.shtml> (visitato in data 23/3/2016). L'analisi dei trend dell'indice SPI è stata effettuata con il test non parametrico di Mann-Kendall.(Mann 1945; Kendall 1975).

L'ipotesi nulla (Ho) del test di Mann-Kendall prevede l'assenza di trend nella popolazione dalla quale il dataset oggetto di indagine è stato estratto. Secondo l'ipotesi alternativa, invece, è corretto affermare che nella serie analizzata è presente un trend crescente o decrescente. Il test essendo non parametrico, è indipendente dalla distribuzione della popolazione ed è meno influenzato dalla presenza di eventuali *outliers* nelle serie storiche.

La statistica test indicata con S, è stata calcolata con la seguente espressione:

$$S = \sum_{I=1}^{N-1} \sum_{J=i+1}^N \text{sign}(y_j - y_i)$$

Dove y è l'altezza di precipitazione al tempo i e al tempo j , n è la lunghezza della serie mentre la funzione segno è definita come segue:

Sign (\mathcal{G})	1 se $\mathcal{G} > 0$
	0 se $\mathcal{G} = 0$
	-1 se $\mathcal{G} < 0$

Sotto l'ipotesi nulla che le y_i siano indipendenti e identicamente distribuite, per $n \geq 8$, la statistica S è interpretata da una distribuzione normale, con media nulla e varianza pari a:

$$\sigma^2 = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum ti(i)(i-1)(2i+5)}{18}$$

Dove n è il numero delle osservazioni nella serie storica, ti è il numero dei valori uguali tra loro nella serie storica e g sono i gruppi di valori uguali presenti nella serie storica. In tal modo si riesce a tenere conto dei valori ripetuti di ciascuna serie.

Pertanto, definita la statistica test standardizzata Z:

Z	$\frac{S-1}{\sigma}$ se $S > 0$
	0 se $S = 0$
	$\frac{S+1}{\sigma}$ se $S < 0$

Essa è stata confrontata con una distribuzione normale standardizzata al livello di confidenza prefissato.

Assumendo H_0 come vera, il valore standard (Z) della statistica test di Kendall calcolato sulla serie storica, ha una probabilità (*p-value*) data da :

$$p\text{-value} = 2 [1 - \phi(|Z_s|)]$$

Dove ϕ rappresenta la funzione di probabilità cumulata di una distribuzione normale standard.

Ne consegue che tanto più il valore di p-value è basso (minore di un certo livello di significatività prefissato α) tanto più vi sono evidenze della presenza di trend (rifiuto di H_0).

Nel presente studio sono stati considerati significativi i *p-value* $< \alpha$ (con $\alpha < 0,10$).

Il test di Mann- Kendall consente di individuare l'esistenza di un trend monotono, ma non permette la sua misurazione; per questo motivo è stato impiegato lo stimatore non parametrico Theil-Sen (Theil., 1950; Sen., 1968), per valutare la pendenza (β) della retta interpolante i dati.

La libreria Zyp, contenuta nel software statistico R, è stata impiegata sia per il calcolo dello stimatore non parametrico Theil-Sen, che per l'applicazione del test di Mann-kendall.

Per valutare l'impatto della siccità nel comparto agricolo sono stati analizzati i seguenti casi particolari:

SPI trimestrale di marzo

SPI semestrale di marzo

SPI trimestrale di giugno

SPI trimestrale di settembre

SPI semestrale di settembre

SPI trimestrale di dicembre.

Risultati e discussione

Lo **standard precipitation index trimestrale di marzo** descrive le condizioni di siccità nei mesi invernali, in quanto considera la pluviometria dei mesi gennaio febbraio e marzo.

Il test di man- Kendall mostra trend in diminuzione in 21 stazioni su 26, pari all'81% del totale, evidenziando una chiara tendenza all'incremento dei fenomeni siccitosi (Tab. 1)

Le situazioni più critiche, evidenziate dai trend significativi, si registrano nel teramano, in alcune aree interne centrali del pescarese, dell'aquilano e del chietino interessando 9 località quali : Arsita, Bellante, Goriano Sicoli, Montorio al Vomano, Orsogna, Pennapiedimonte, Pescosansonesco, Popoli e Teramo (Fig. 3)

Stazione	test z	β	Significatività
Alanno	-1,00	-0,006	ns
Arsita	-3,39	-0,023	***
Bellante	-2,09	-0,014	*
Bomba	-0,73	-0,002	ns
Catignano	0,16	0,001	ns
Chieti	-1,00	-0,006	ns
Cupello	-1,59	-0,010	ns
Giulianova	-1,14	-0,008	ns
Goriano Sicoli	-3,91	-0,027	***
Isola del gran Sasso	0,37	0,003	ns
L'Aquila	-1,59	-0,009	ns
Montazzoli	0,81	0,005	ns
Montereale	0,45	0,003	ns
Montorio al Vomano	-3,70	-0,021	***
Moscufo	-0,90	-0,006	ns
Orsogna	-2,17	-0,014	*
Pennapiedimonte	-2,27	-0,016	*
Pescara	-1,10	-0,006	ns
Pescosansonesco	-3,00	-0,020	**
Pietracamela	-0,58	-0,003	ns
Popoli	-2,21	-0,001	*
Scerni	-0,80	-0,050	ns
Sulmona	-0,58	-0,004	ns
Teramo	-1,84	-0,013	+
Vasto	0,07	0,001	ns
Villa Santa Lucia	-1,50	-0,009	ns

Tabella 1. Test di Mann- Kendall applicato allo spi trimestrale di marzo Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s. $P\text{-value} > 0,10$; + $P\text{-value} \leq 0,10$; * $P\text{-value} \leq 0,05$; ** $P\text{-value} \leq 0,01$; *** $P\text{-value} \leq 0,001$

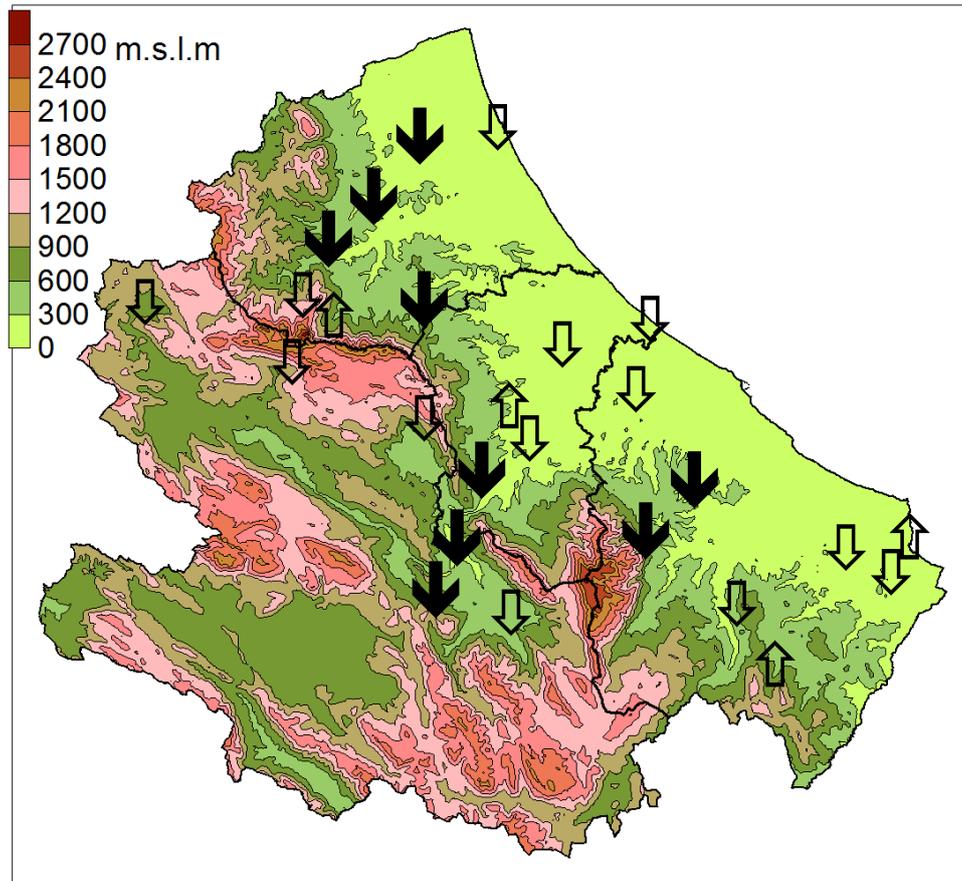
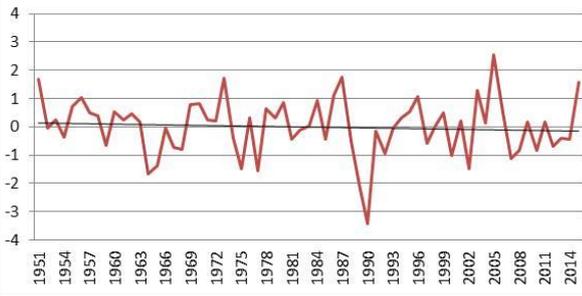


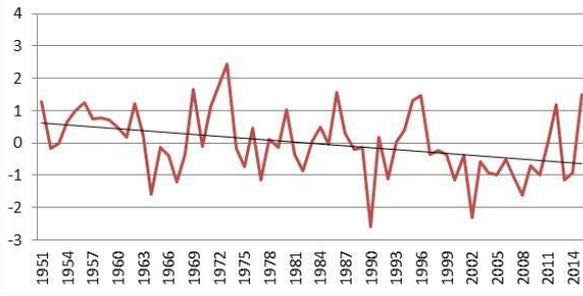
Fig. 3 Distribuzione territoriale dei trend dello Spi trimestrale di marzo nel periodo 1951-2015-
 frecce in basso indicano trend decrescenti mentre quelle in alto denotano trend crescenti. Le
 frecce piene indicano trend significativi con p -value $< 0,10$

La figura 4, relativa agli andamenti dello Spi trimestrale di marzo nell'arco temporale 1951-2015, mette in risalto, nella generalità dei casi, che gli eventi siccitosi (< -1) sono più frequenti nel periodo 1981-2015 rispetto al periodo precedente.

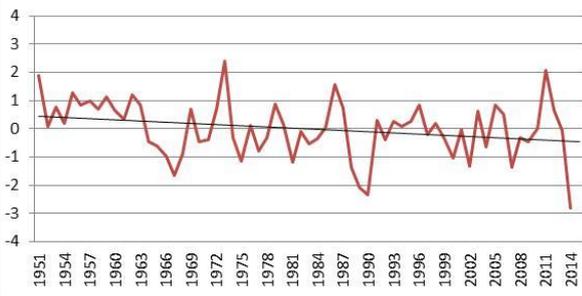
Alanno



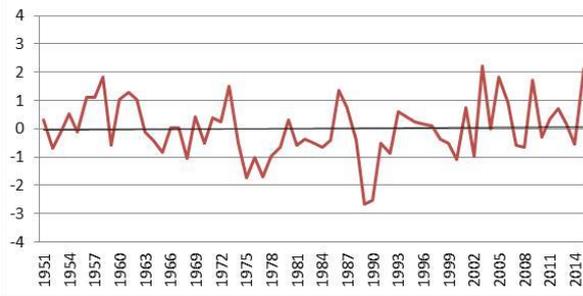
Arsita



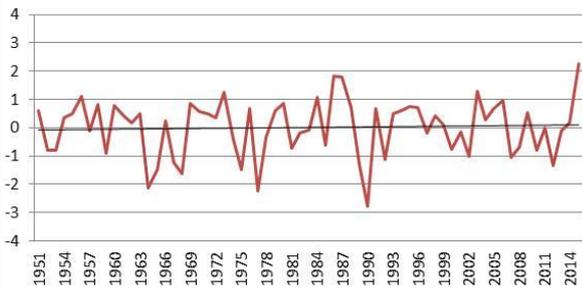
Bellante



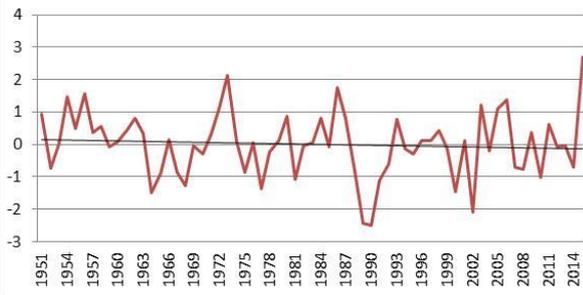
Bomba



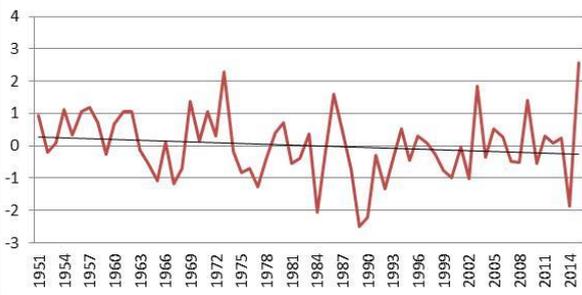
Catignano



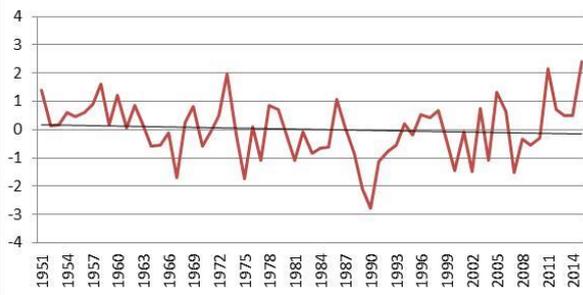
Chieti



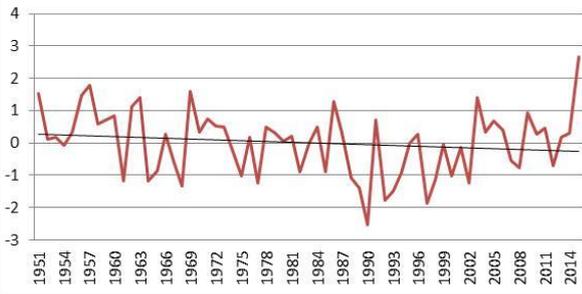
Cupello



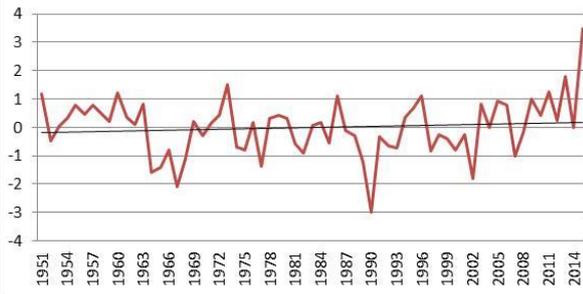
Giulianova



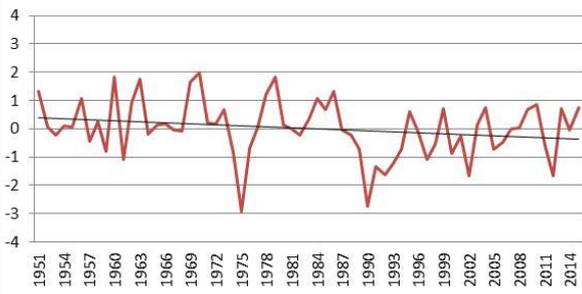
Goriano Sicoli



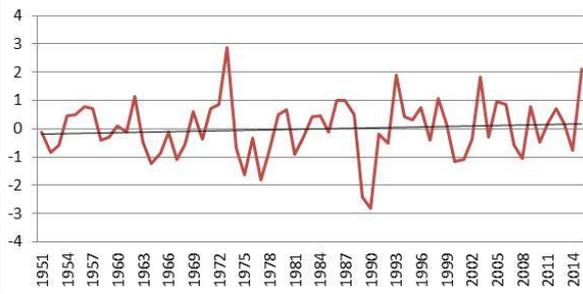
Isola del Gran Sasso



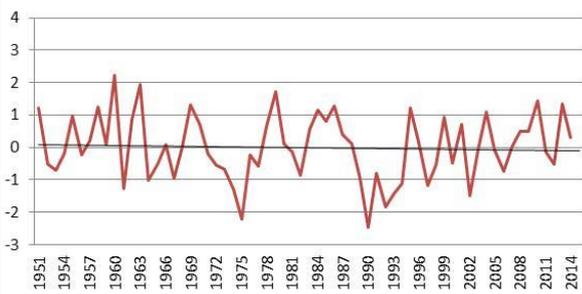
L'Aquila



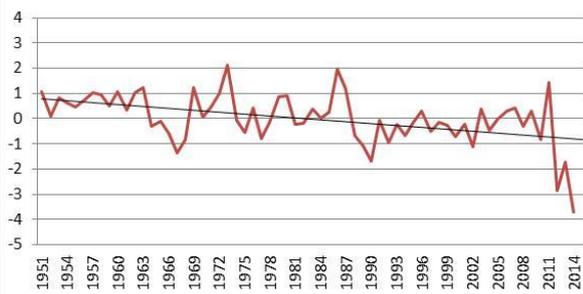
Montazzoli



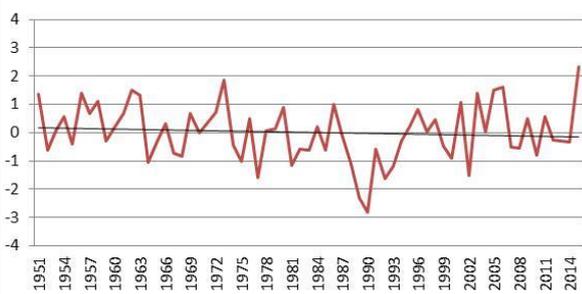
Montereale



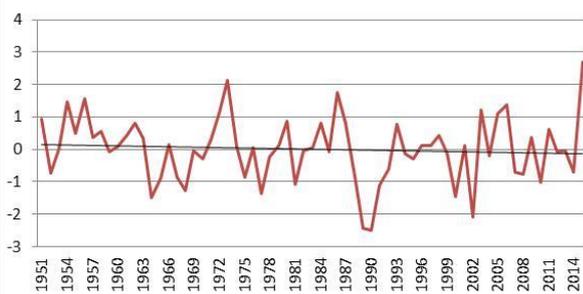
Montorio al Vomano



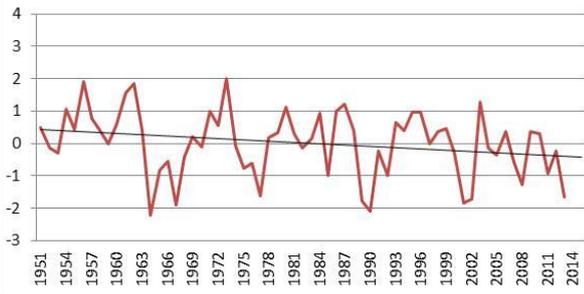
Moscufo



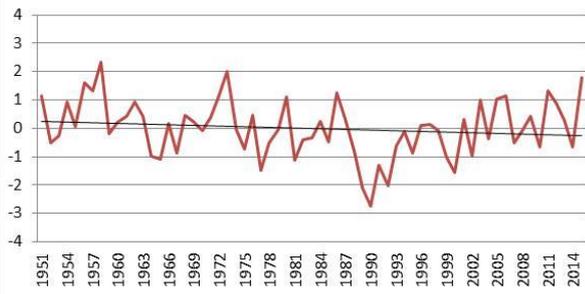
Orsogna



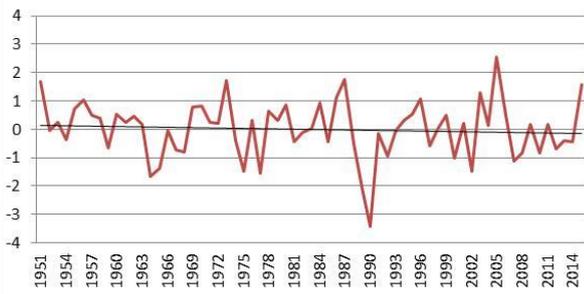
Pennapiedimonte



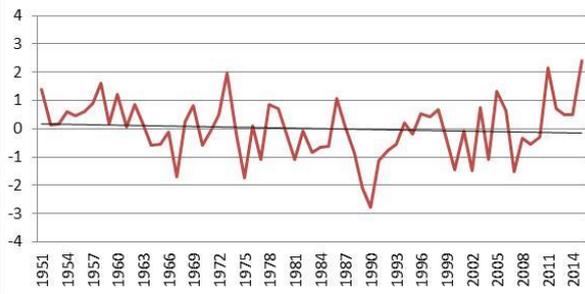
Pescara



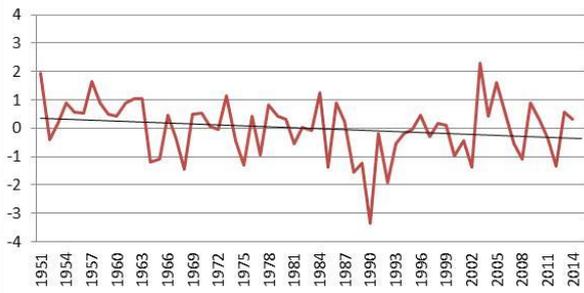
Pescosansonesco



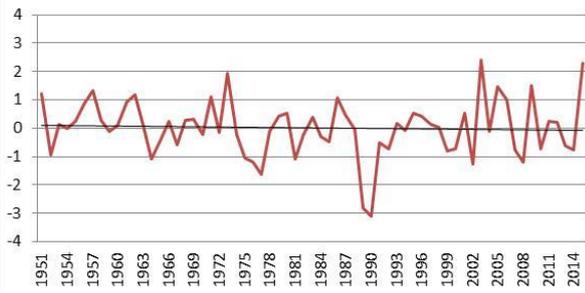
Pietracamela



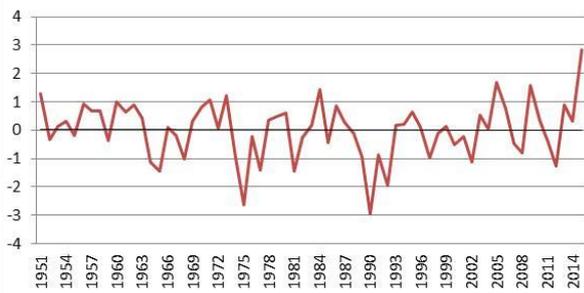
Popoli



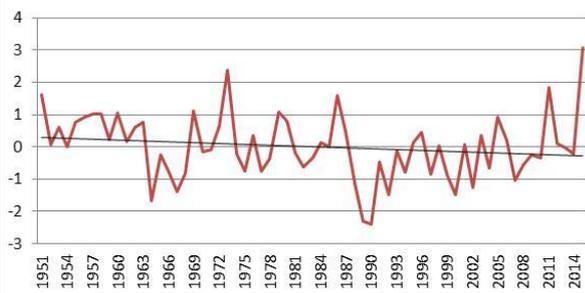
Scerni



Sulmona



Teramo



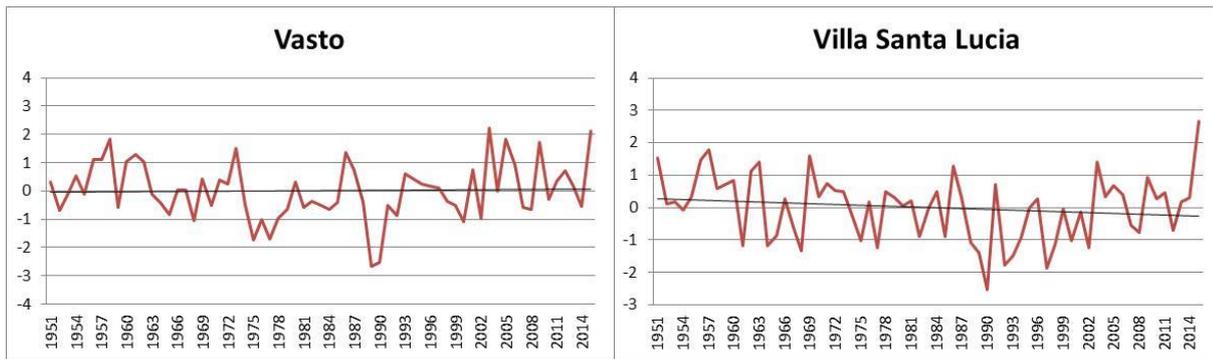


Fig. 4 Andamento dello SPI trimestrale del mese di marzo durante l'arco temporale 1951-2015. In rosso sono indicate le località dove si sono registrati trend decrescenti significativi con p -value $< 0,10$

Lo standard precipitation index semestrale di marzo descrive le condizioni di siccità nel periodo autunno-invernale (ottobre – marzo). Si rileva, come per lo spi trimestrale di marzo, una prevalenza di trend negativi; pur tuttavia essi sono significativi solo in 8 località quali: Arsita, Cupello, Goriano Sicoli, L'Aquila, Pennapiedimonte, Pescara e Popoli (Tab. 2) Le maggiori criticità si registrano nelle aree interne della regione. I trend positivi, non significativi, si rilevano solo in 4 località (Fig. 5)

Stazione	test z	β	Significatività
Alanno	-0,13	-0,001	ns
Arsita	-3,20	-0,019	**
Bellante	-1,47	-0,010	ns
Bomba	-0,04	-0,001	ns
Catignano	0,57	0,005	ns
Chieti	-0,75	-0,006	ns
Cupello	-2,06	-0,014	*
Giulianova	-0,93	-0,008	ns
Goriano Sicoli	-3,96	-0,028	***
Isola del gran Sasso	0,80	0,006	ns
L'Aquila	-2,10	-0,013	*
Montazzoli	0,80	0,006	ns
Monteale	1,22	0,008	ns
Montorio al Vomano	-3,63	-0,025	***
Moscufo	-0,31	-0,003	ns
Orsogna	-1,46	-0,012	ns
Pennapiedimonte	-2,65	-0,022	**
Pescara	-1,30	-0,010	ns
Pescosansonesco	-3,15	-0,021	**
Pietracamela	-0,13	-0,001	ns
Popoli	-2,08	-0,015	*
Scerni	-0,96	-0,008	ns
Sulmona	-0,48	-0,003	ns
Teramo	-1,49	-0,011	ns
Vasto	-0,15	-0,001	ns
Villa Santa Lucia	-1,34	-0,011	ns

Tabella 2. Test di Mann- Kendall applicato allo spi semestrale di marzo *Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s. P-value > 0,10; + P-value ≤ 0,10; * P-value ≤ 0,05; ** P-value ≤ 0,01; *** P-value ≤ 0,001*

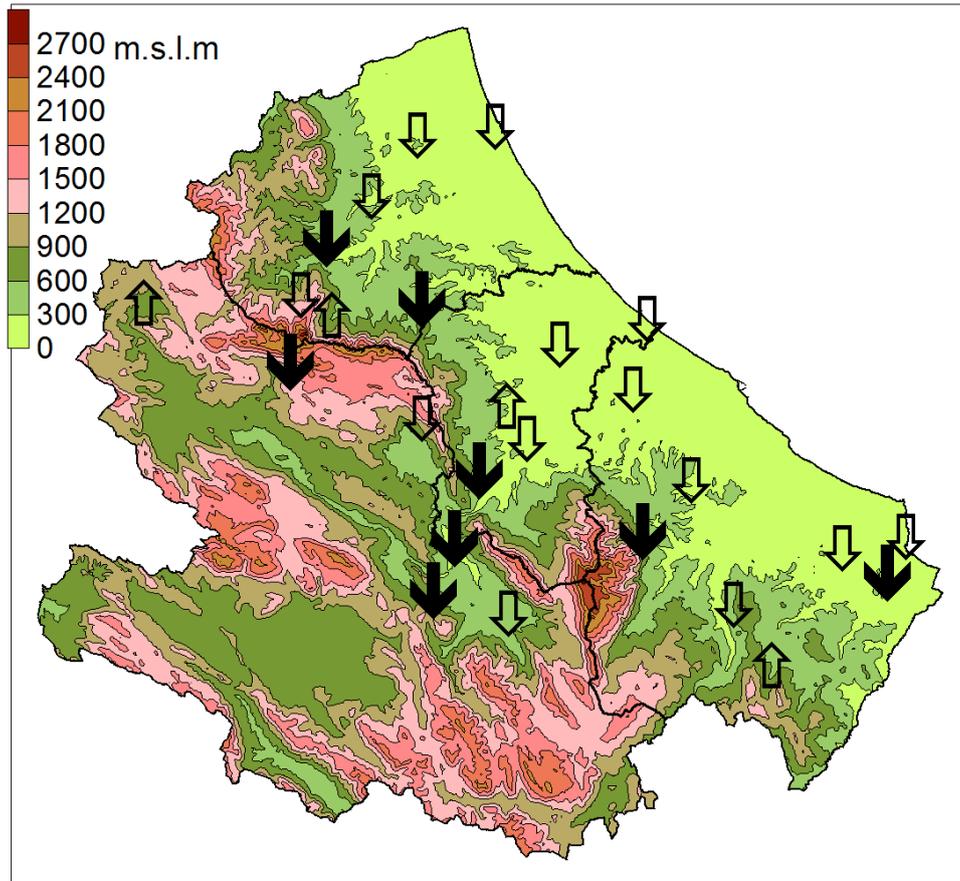
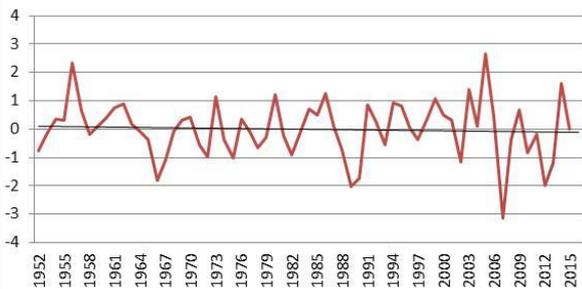


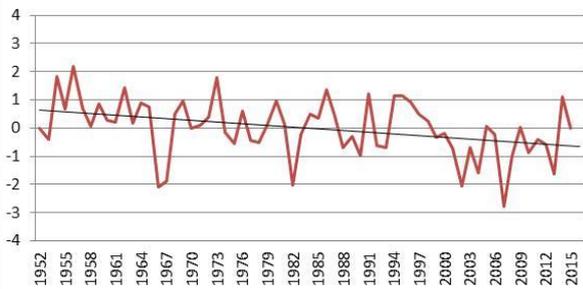
Fig. 5 Distribuzione territoriale dei trend dello Spi semestrale di marzo nel periodo 1951-2015-
 frecce in basso indicano trend decrescenti mentre quelle in alto denotano trend crescenti. Le
 frecce piene indicano trend significativi con p -value $< 0,10$

La figura 6, relativa agli andamenti dello Spi semestrale di marzo nell'arco temporale 1951-2015, mette in risalto, nella generalità dei casi, che gli eventi siccitosi (< -1) sono più frequenti nel periodo 1981-2015 rispetto al periodo precedente, analogamente a quanto riscontrato per lo Spi trimestrale di marzo.

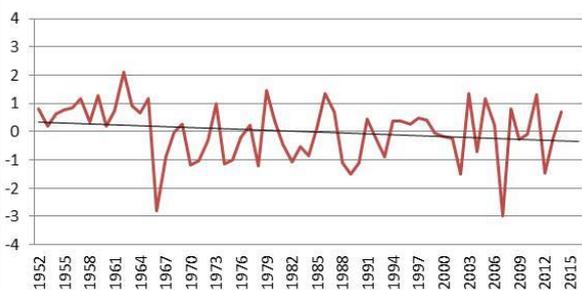
Alanno



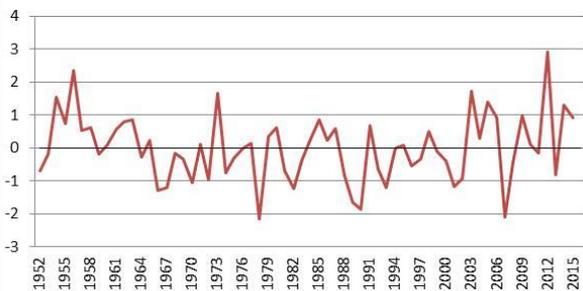
Arsita



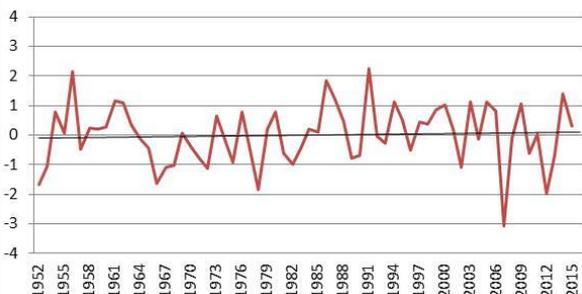
Bellante



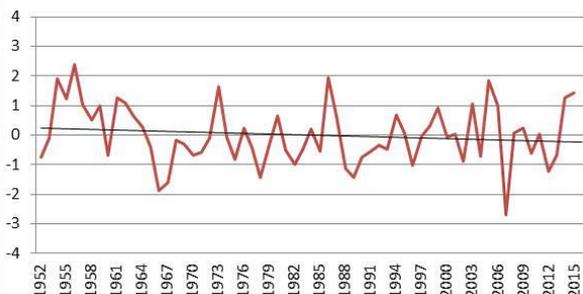
Bomba



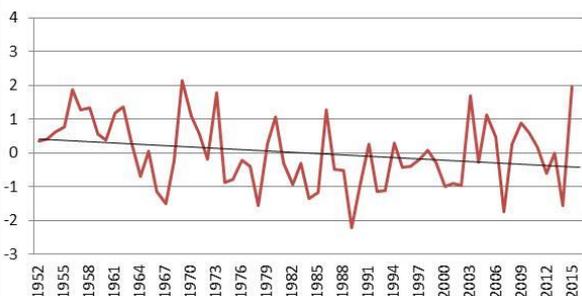
Catignano



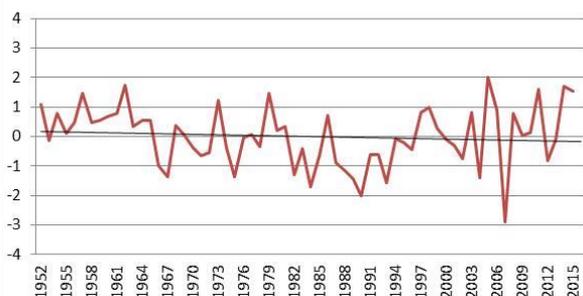
Chieti



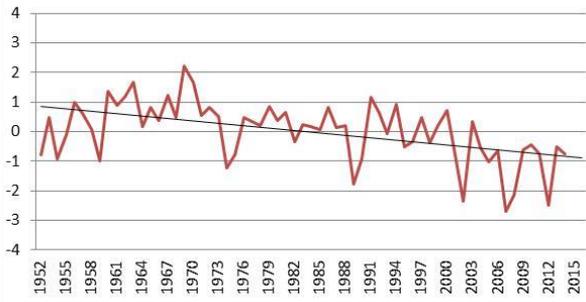
Cupello



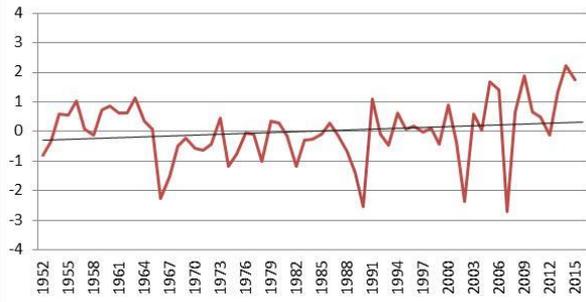
Giulianova



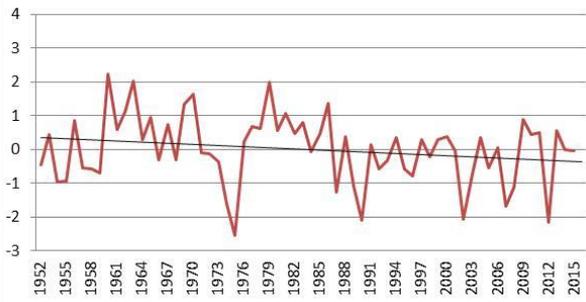
Goriano Sicoli



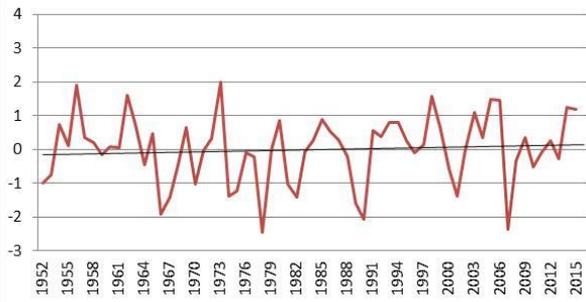
Isola del Gran Sasso



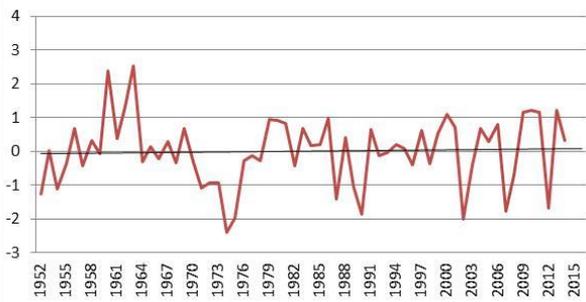
L'Aquila



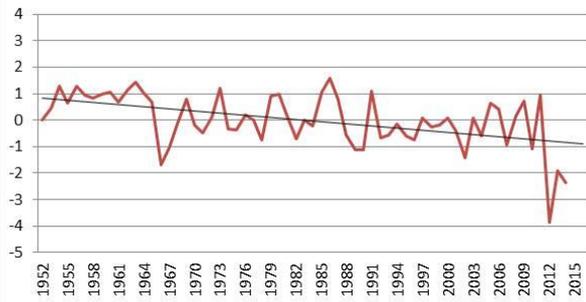
Montazzoli



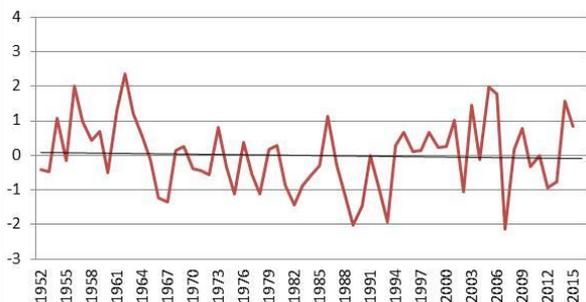
Montereale



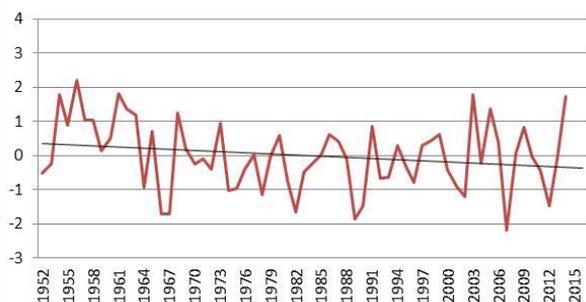
Montorio al Vomano



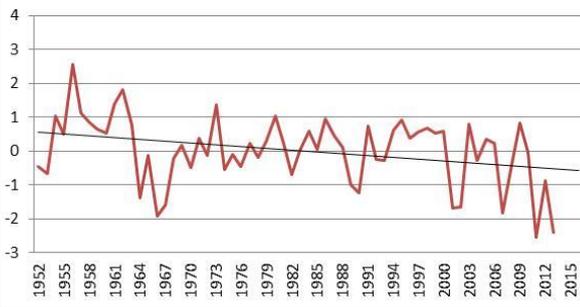
Moscufo



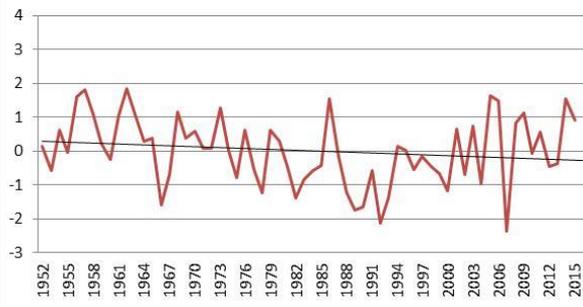
Orsogna



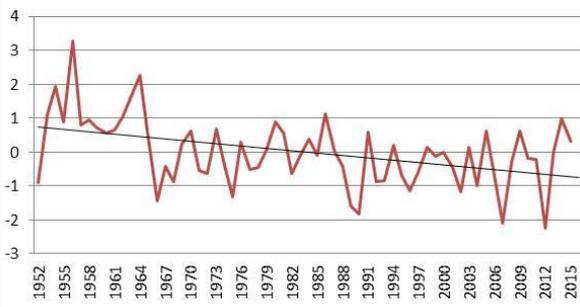
Pennapiedimonte



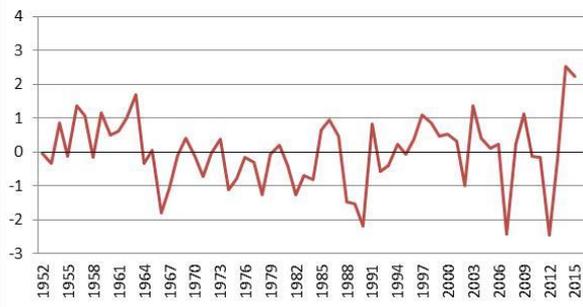
Pescara



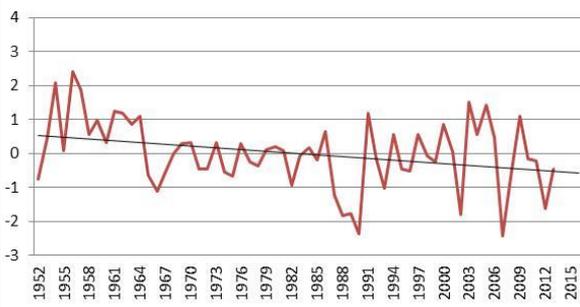
Pescosansonesco



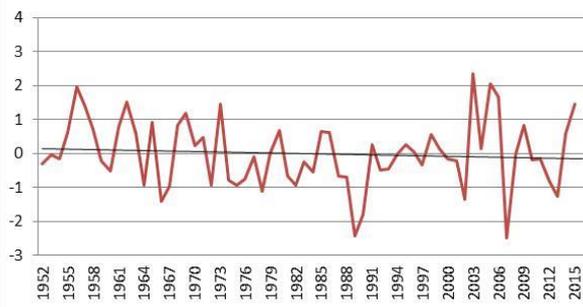
Pietracamela



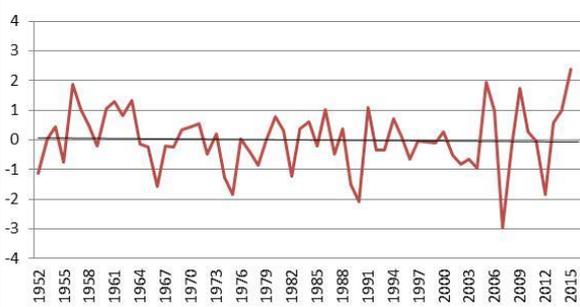
Popoli



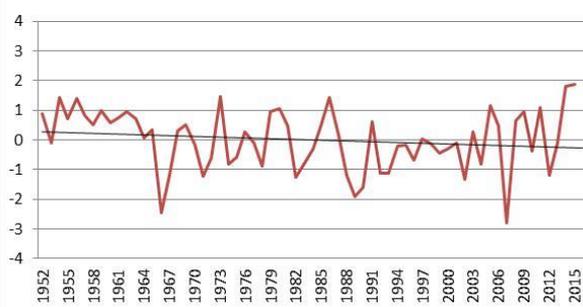
Scerni



Sulmona



Teramo



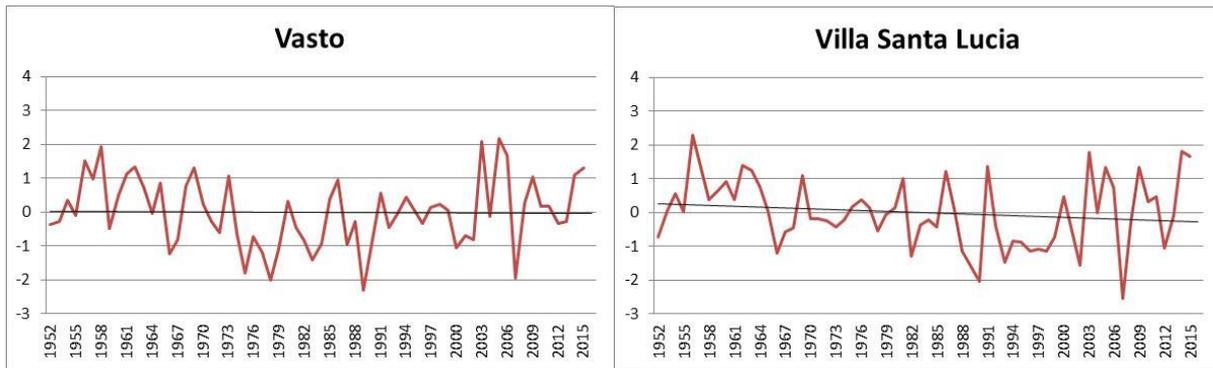


Fig. 6 Andamento dello SPI semestrale del mese di marzo durante l'arco temporale 1951-2015. In rosso sono indicate le località dove si sono registrati trend decrescenti significativi con p -value $< 0,10$

Lo standard precipitation index trimestrale di giugno descrive la siccità nel periodo primaverile (aprile giugno).

Il test di mann-Kendall mette in risalto, per questo parametro, una prevalenza di trend positivi non significativi e di conseguenza non si registrano situazioni critiche per quanto riguarda la siccità (Tab. 3).

I trend positivi significativi interessano le località di Catignano, Cupello, Montereale, Moscufo, Orsogna e Scerni (Fig. 6)

Stazione	test z	β	Significatività
Alanno	0,78	0,006	ns
Arsita	1,49	0,011	ns
Bellante	0,18	0,001	ns
Bomba	1,19	0,008	ns
Catignano	1,83	0,010	+
Chieti	-0,18	-0,001	ns
Cupello	2,19	0,015	*
Giulianova	1,21	0,006	ns
Goriano Sicoli	0,37	0,003	ns
Isola del gran Sasso	0,49	0,004	ns
L'Aquila	-1,60	-0,011	ns
Montazzoli	0,31	0,002	ns
Monte reale	2,19	0,015	*
Montorio al Vomano	0,41	0,003	ns
Moscufo	-1,98	-0,012	*
Orsogna	2,13	0,014	*
Pennapiedimonte	-1,12	-0,007	ns
Pescara	1,25	0,007	ns
Pescosansonesco	0,37	0,002	ns
Pietracamela	0,22	0,002	ns
Popoli	0,99	0,008	ns
Scerni	2,19	0,015	*
Sulmona	-0,49	-0,003	ns
Teramo	0,28	0,002	ns
Vasto	-0,39	-0,003	ns
Villa Santa Lucia	0,16	0,001	ns

Tabella 3. Test di Mann- Kendall applicato allo spi trimestrale di giugno. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s. $P\text{-value} > 0,10$; + $P\text{-value} \leq 0,10$; * $P\text{-value} \leq 0,05$; ** $P\text{-value} \leq 0,01$; *** $P\text{-value} \leq 0,001$

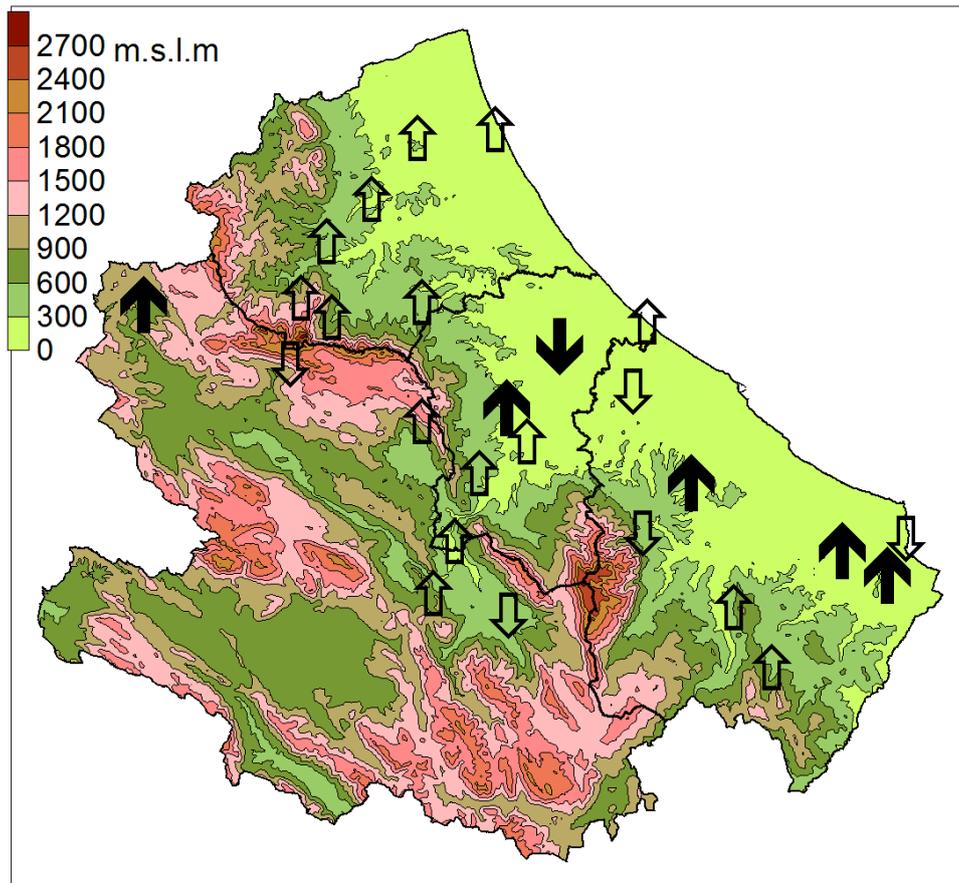


Fig. 6 Distribuzione territoriale dei trend dello Spi trimestrale di giugno nel periodo 1951-2015-
 frecce in basso indicano trend decrescenti mentre quelle in alto denotano trend crescenti. Le
 frecce piene indicano trend significativi con p -value $< 0,10$

Lo standard precipitation index trimestrale di settembre descrive la siccità nel periodo estivo in quanto considera le precipitazioni del periodo luglio-settembre

Il test di mann-Kendall mette in risalto, per questo parametro, una prevalenza di trend non significativi e di conseguenza non si registrano situazioni critiche per quanto riguarda la siccità, fatta eccezione solo per la località di Pennapiedimonte (Tab. 4)

I trend positivi significativi interessano le località di Isola del Gran Sasso, Montereale e Orsogna. (Fig. 7)

Lo standard precipitation index semestrale di settembre descrive la siccità nel periodo primaverile estivo, in quanto considera le precipitazioni del periodo aprile-settembre

Il test di mann-Kendall mette in risalto, per questo parametro, una prevalenza di trend non significativi e di conseguenza non si registrano situazioni critiche per quanto riguarda la siccità, fatta eccezione solo per le località di Pennapiedimonte e Pescosansonesco dove gli stessi sono significativi in diminuzione (Tab. 5)

I trend positivi significativi interessano le località di Isola del Gran Sasso, e Pietracamela (Fig. 8)

Stazione	test z	β	Significatività
Alanno	0,44	0,003	ns
Arsita	-0,43	-0,002	ns
Bellante	-0,37	-0,002	ns
Bomba	0,66	0,005	ns
Catignano	0,14	0,001	ns
Chieti	-0,57	-0,004	ns
Cupello	-0,65	-0,005	ns
Giulianova	-0,43	-0,003	ns
Goriano Sicoli	-0,72	-0,004	ns
Isola del gran Sasso	2,09	0,015	*
L'Aquila	-0,08	-0,001	ns
Montazzoli	1,12	0,010	ns
Monte reale	2,19	0,015	*
Montorio al Vomano	0,41	0,003	ns
Moscufo	0,02	0,000	ns
Orsogna	1,89	0,013	+
Pennapiedimonte	-2,34	-0,018	*
Pescara	-0,53	-0,004	ns
Pescosansonesco	-0,44	-0,003	ns
Pietracamela	1,09	0,008	ns
Popoli	-0,43	-0,003	ns
Scerni	0,37	0,004	ns
Sulmona	0,21	0,002	ns
Teramo	0,29	0,002	ns
Vasto	0,31	0,002	ns
Villa Santa Lucia	0,35	0,003	ns

Tabella 4. Test di Mann- Kendall applicato allo spi trimestrale di settembre. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s. $P\text{-value} > 0,10$; + $P\text{-value} \leq 0,10$; * $P\text{-value} \leq 0,05$; ** $P\text{-value} \leq 0,01$; *** $P\text{-value} \leq 0,001$

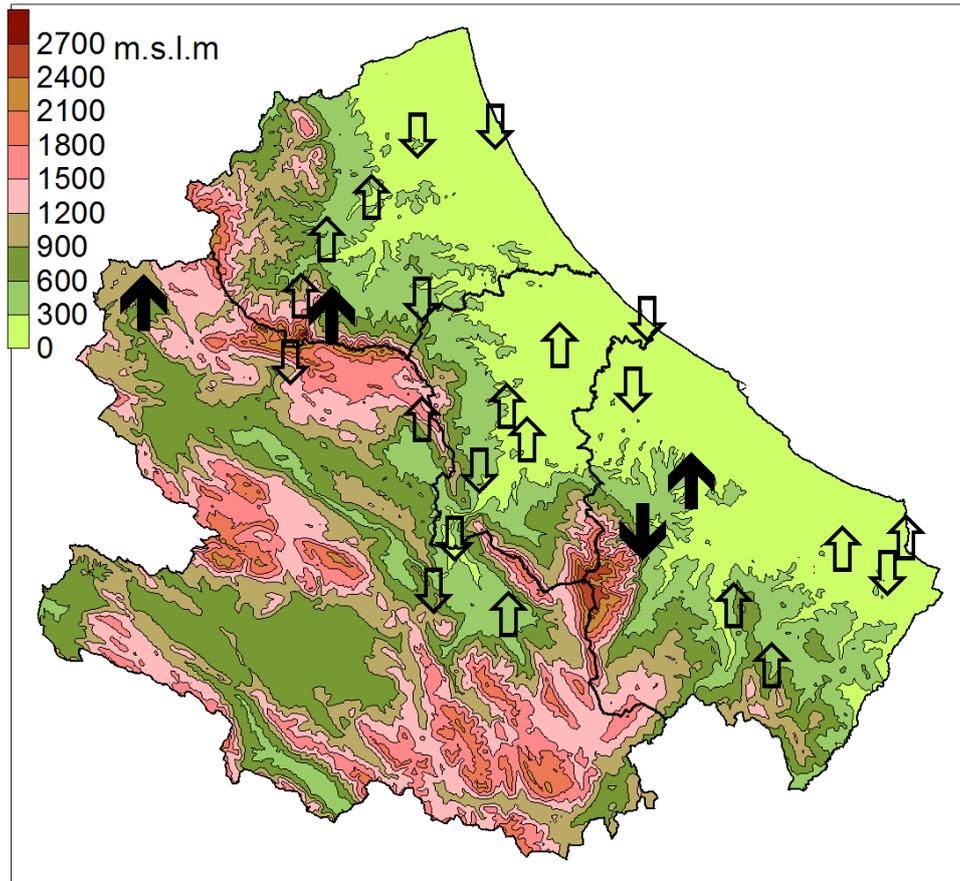


Fig. 7 Distribuzione territoriale dei trend dello Spi trimestrale di settembre nel periodo 1951-2015-
 frecce in basso indicano trend decrescenti mentre quelle in alto denotano trend crescenti. Le
 frecce piene indicano trend significativi con p -value $< 0,10$

Stazione	test z	β	Significatività
Alanno	0,62	0,0048	ns
Arsita	-0,35	-0,003	ns
Bellante	0,88	0,006	ns
Bomba	0,68	0,004	ns
Catignano	0,16	0,001	ns
Chieti	-0,42	-0,003	ns
Cupello	-0,80	-0,005	ns
Giulianova	0,10	0,001	ns
Goriano Sicoli	-1,14	-0,008	ns
Isola del gran Sasso	2,67	0,017	**
L'Aquila	-0,05	0,000	ns
Montazzoli	0,88	0,006	ns
Montereale	0,96	0,006	ns
Montorio al Vomano	0,30	0,003	ns
Moscufo	0,59	0,005	ns
Orsogna	-0,99	-0,007	ns
Pennapedimonte	-2,76	-0,018	**
Pescara	-0,38	-0,003	ns
Pescosansonesco	-1,99	-0,015	*
Pietracamela	1,78	0,012	+
Popoli	-0,90	-0,006	ns
Scerni	1,23	0,009	ns
Sulmona	0,57	0,003	ns
Teramo	0,44	0,002	ns
Vasto	0,50	0,004	ns
Villa Santa Lucia	0,27	0,0019	ns

Tabella 5. Test di Mann- Kendall applicato allo spi semestrale di settembre. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s. $P\text{-value} > 0,10$; + $P\text{-value} \leq 0,10$; * $P\text{-value} \leq 0,05$; ** $P\text{-value} \leq 0,01$; *** $P\text{-value} \leq 0,001$

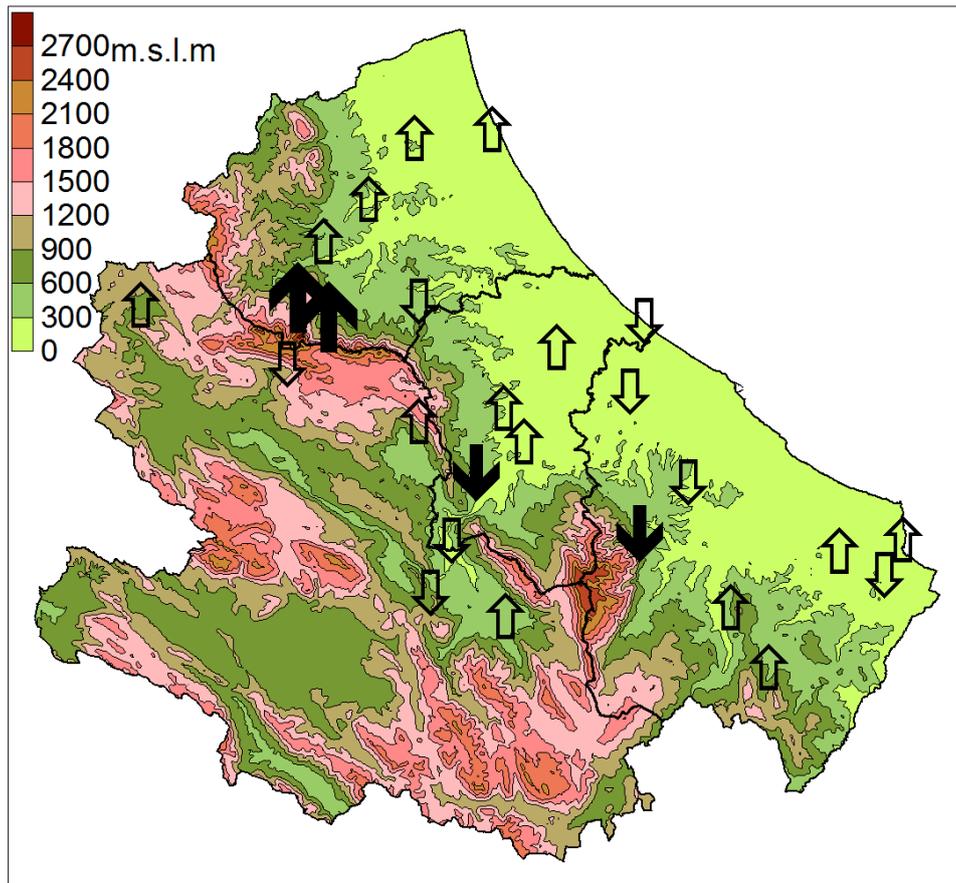


Fig. 8 Distribuzione territoriale dei trend dello Spi semestrale di settembre nel periodo 1951-2015- frecce in basso indicano trend decrescenti mentre quelle in alto denotano trend crescenti. Le frecce piene indicano trend significativi con p -value $< 0,10$

Lo standard precipitation index trimestrale di dicembre descrive la siccità nel periodo autunnale, in quanto considera le precipitazioni del periodo ottobre-dicembre.

Il test di mann-Kendall mette in risalto, per questo parametro, una prevalenza di trend negativi e quindi si rileva una tendenza all'incremento dei fenomeni siccitosi (Tab. 6).

I trend significativi in diminuzione interessano 6 località quali: Arsita, Cupello, Goriano Sicoli, Montorio al Vomano, Pennapedimonte e Pescosansonesco (Fig. 9)

Stazione	test z	β	Significatività
Alanno	-0,07	-0,00048	ns
Arsita	-1,90	-0,013	+
Bellante	-1,14	-0,007	ns
Bomba	-0,56	-0,004	ns
Catignano	0,54	0,004	ns
Chieti	-1,08	-0,007	ns
Cupello	-1,96	-0,014	*
Giulianova	-0,52	-0,004	ns
Goriano Sicoli	-2,90	-0,021	**
Isola del gran Sasso	0,60	0,004	ns
L'Aquila	-1,21	-0,009	ns
Montazzoli	0,22	0,001	ns
Montereale	0,39	0,003	ns
Montorio al Vomano	-2,90	-0,019	**
Moscufo	0,00	0,000	ns
Orsogna	-0,96	-0,008	ns
Pennapedimonte	-2,57	-0,016	*
Pescara	-1,01	-0,008	ns
Pescosansonesco	-2,30	-0,015	*
Pietracamela	-0,46	-0,003	ns
Popoli	-1,37	-0,011	ns
Scerni	-1,13	-0,008	ns
Sulmona	-0,47	-0,003	ns
Teramo	-1,27	-0,008	ns
Vasto	-0,39	-0,003	ns
Villa Santa Lucia	-0,75	-0,005	ns

Tabella 6. Test di Mann- Kendall applicato allo spi trimestrale di dicembre. Il livello di probabilità dell'errore è indicato come segue n.s. $P\text{-value} > 0,10$; + $P\text{-value} \leq 0,10$; * $P\text{-value} \leq 0,05$; ** $P\text{-value} \leq 0,01$; *** $P\text{-value} \leq 0,001$

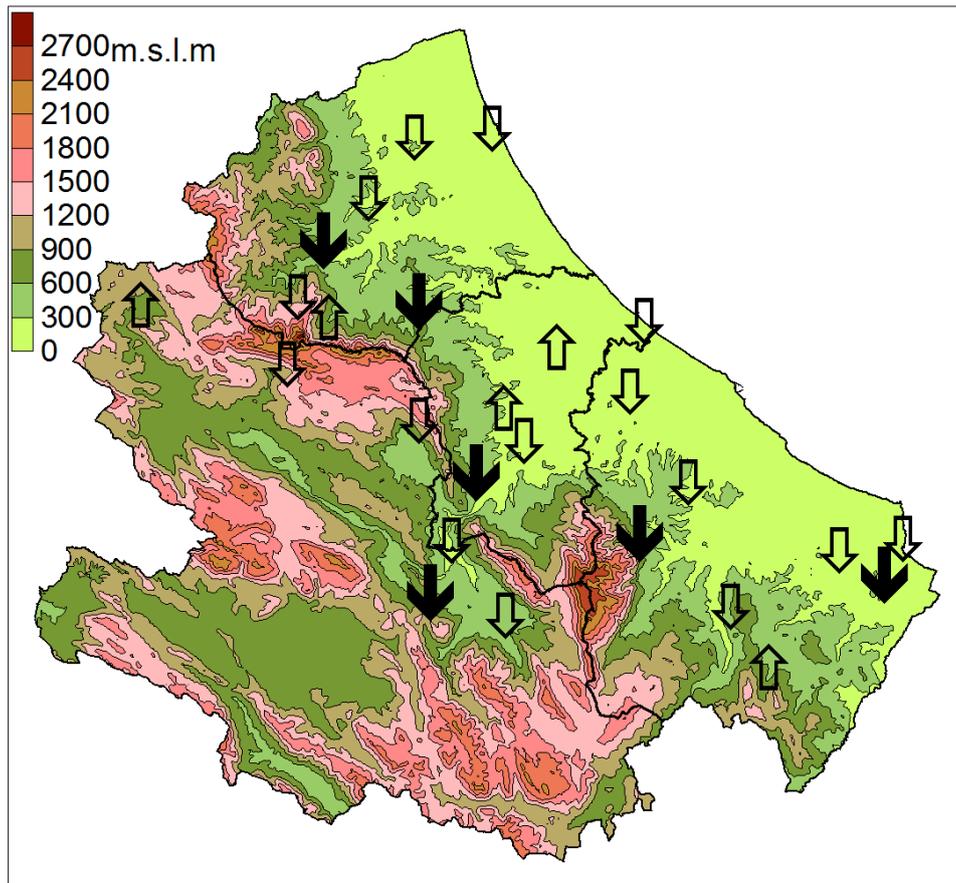


Fig. 9 Distribuzione territoriale dei trend dello Spi trimestrale di dicembre nel periodo 1951-2015- frecce in basso indicano trend decrescenti mentre quelle in alto denotano trend crescenti. Le frecce piene indicano trend significativi con p -value $< 0,10$

Conclusioni

Lo studio, limitato a 25 località della regione Abruzzo, ha messo in risalto una tendenza all'incremento della siccità agricola nel periodo autunno-invernale, durante l'arco temporale 1951-2015. Tale condizione interessa principalmente il teramano e le aree interne del pescarese e della provincia dell'Aquila.

Bibliografia

Mann H. B., 1945. *Nonparametric tests against trend*. *Econometrica*. 13, pp. 245-259.

Mckee T.B., Doesken N.J., Kleist J., 1993. *The relationship of drought frequency and duration to time scales*. Preprints, 8th Conference on Applied Climatology, January 17-22, Anaheim, California, pp. 179-184.

Kendall M.G., 1975. *Rank Correlation Measures*. Charles Griffin, London, 1975.

Theil H., 1950. *A rank-invariant method for linear and polynomial regression analysis, I,II,III*. *Nederlanndse Akademie wetwnschappen*. 53, pp 386-392, 521-525, 1397-1412.

Sen P.K., 1968. *Estimates of the regeression coefficient based Kendall's tau*. *Journal of the American Statistical Association*. 63, 1379-1389.