

Arpav – Centro Meteo di Teolo – Unità Operativa di Agro-Biometeorologia
 Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Agronomia Ambientale
 Cattedra di Agrometeorologia – Prof. Maurizio Borin
 Contrattista: Salvan Francesca

Studio della siccita' in Veneto negli anni 1961-2004:

SPI (standardized precipitation index)

| | |
|---|------------|
| CAPITOLO 1. INTRODUZIONE | 3 |
| CAPITOLO 2. MATERIALI E METODI..... | 5 |
| 2.1 COS'È LO SPI | 7 |
| 2.2 INTERPOLAZIONE SPAZIALE | 10 |
| CAPITOLO 3. RISULTATI..... | 11 |
| 3.1 TREND DELLO SPI..... | 11 |
| Andamento medio regionale dello SPI | 11 |
| Linee di tendenza delle stazioni considerate | 12 |
| Analisi della significativita' dei trend (risultati) | 13 |
| Spazializzazione regionale dei trend..... | 166 |
| 3.2 DISTRIBUZIONE ANNUALE DELLE CLASSI DI FREQUENZA DELLO SPI NELLA REGIONE VENETO NEL PERIODO 1961-2004 | 17 |
| SPI <-1: mese di luglio e trimestre luglio-agosto-settembre | 17 |
| Frequenze delle classi di SPI mensile di luglio e dello spi trimestrale di luglio, agosto e settembre..... | 18 |
| Frequenze delle classi di SPI semestrale di marzo e di settembre | 20 |
| Considerazioni finali..... | 22 |
| 3.3 VARIAZIONE FREQUENZA SPI CLASSI SICCILOSE TRA 1991-2003 E 1961-1990..... | 23 |
| SPI mensile di luglio..... | 23 |
| SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre..... | 25 |
| SPI semestrale di marzo..... | 26 |
| SPI semestrale di settembre | 27 |
| 3.4 FREQUENZA DEGLI EVENTI SICCIOSI NEL PERIODO 1961-2004 NELLE DIVERSE STAZIONI | 28 |
| SPI mensile di luglio..... | 28 |
| SPI <-1 | 30 |
| SPI <-1.5 e SPI <-2 | 32 |
| SPI trimestrale luglio, agosto, settembre..... | 33 |
| SPI semestrale di marzo..... | 38 |
| SPI semestrale di settembre | 40 |
| CAPITOLO 4. CONCLUSIONI | 422 |

| | |
|--|-----------|
| CAPITOLO 5. BIBLIOGRAFIA | 44 |
| APPENDICE: ANALISI DELLA SIGNIFICATIVITA' DEI TREND | 45 |

Capitolo 1. INTRODUZIONE

La siccità può essere un fenomeno sporadico e casuale che si manifesta anche in aree non aride, quando le precipitazioni sono sensibilmente inferiori ai livelli mediamente registrati nel tempo.

L'impatto della siccità sulla disponibilità della risorsa idrica si può manifestare a scale temporali differenti, che vanno ad incidere su contesti diversi quali:

- Le condizioni di umidità del suolo (siccità meteorologica < 3 mesi)
- La resa produttiva delle colture (siccità agronomica, 3-6 mesi)
- Le falde acquifere e le portate fluviali (siccità idrologica, 6-12 mesi e oltre) ⁽¹⁾

L'utilizzo dell'indice SPI, sviluppato da McKee et al. ⁽²⁾, ha lo scopo di quantificare il deficit di precipitazione a diverse scale temporali che riflettono l'impatto della siccità sulla disponibilità di differenti risorse idriche (tab. 1)

| SCALA TEMPORALE | Effetto su: |
|-----------------|--|
| 1 mese | Umidità del suolo |
| 3 mesi | Umidità del suolo |
| 6 mesi | Corsi d'acqua-resa produttiva colture |
| 12 mesi | Bacini idrici ridotti-falde e portate fluviali |
| 24 mesi | Bacini idrici medi- falde e portate fluviali |
| 48 mesi | Bacini idrici grandi- falde e portate fluviali |

Tab.1- Effetto delle anomalie di precipitazione

L'umidità del suolo risponde alle anomalie di precipitazione su scale temporali brevi, mentre l'acqua nel sottosuolo, fiumi e invasi tendono a rispondere su scale oggettivamente più lunghe; territorialmente lo SPI è quindi in grado di descrivere scale regionali di piccolo dettaglio dell'ordine di 1:200.000, e scale locali di grande dettaglio (1:5000) o di medio dettaglio (1:50.000) ⁽³⁾.

L'indice di McKee necessita per la sua elaborazione dei soli dati di precipitazione e viene calcolato considerando la deviazione della precipitazione rispetto al suo valore medio su una data scala temporale, divisa per la sua deviazione standard. Dato che la precipitazione non è normalmente distribuita, almeno su scale temporali minori dell'anno, viene eseguito un aggiustamento della variabile in modo che lo SPI abbia distribuzione gaussiana con media nulla e varianza unitaria. Si ottiene così un indice standardizzato e quindi non influenzato dal dato medio di pioggia del sito considerato, che consente di confrontare i valori dell'indice calcolati per stazioni o regioni climatologicamente differenti. Inoltre, esso consente di considerare periodi umidi e siccitosi nello stesso modo. Lo svantaggio consiste nel fatto che per essere rappresentativo necessita di serie storiche lunghe essenzialmente prive di dati mancanti, e perciò difficilmente reperibili⁽⁴⁾.

La classificazione dell'intensità di umidità, o di siccità risultante dal calcolo dell'SPI è mostrata nel seguente schema (tab.2):

| VALORE DELLO SPI | CLASSE |
|------------------|-------------------------|
| > 2 | Estremamente umido |
| da 1,5 a 1,99 | Severamente umido |
| da 1 a 1,49 | Moderatamente umido |
| da -0,99 a 0,99 | Vicino al normale |
| da -1 a -1,49 | Moderatamente siccitoso |
| da -1,5 a -1,99 | Severamente siccitoso |
| < -2 | Estremamente siccitoso |

Tab.2- Effetto delle anomalie di precipitazione

Osservando la tabella, si rileva che per valori dell'indice compresi tra 0 e -0,99 siamo in condizioni di normalità o di siccità lieve, tra -1 e -1,49 di siccità moderata, tra -1,5 e -1,99 severa e oltre -2 estrema. Lo stesso vale per la piovosità, ma con valori positivi dell'indice.

L'evento siccitoso è in corso nel momento in cui l'indice è minore a -1 e si interrompe nel momento in cui l'indice SPI diventa positivo. Il valore dell'indice descrive nel tempo oltre che l'intensità della siccità, anche la durata complessiva dell'evento.

Con il termine siccità severa si definisce non solo un deficit di precipitazione ad una precisa scala temporale, ma anche una sequenza consecutiva di tale deficit. Per cui ad esempio il susseguirsi di eventi siccitosi di moderata entità per un periodo di tempo lungo potrebbe determinare un impatto negativo paragonabile a quello determinato da un evento siccitoso più grave ma più breve.

Capitolo 2. MATERIALI E METODI

La prima fase del lavoro ha individuato le stazioni meteorologiche della Regione per le quali fossero disponibili almeno un trentennio di dati relativi alla piovosità, in modo da calcolare l'indice SPI sulla base di una serie storica significativa dal punto di vista statistico.

Le stazioni automatiche attualmente attive, infatti, sono state messe a punto dal Centro Meteorologico di Teolo negli anni compresi tra il 1992 e il 1994. Precedentemente a partire dal 1961, la piovosità veniva monitorata da stazioni meccaniche dell'Ufficio Idrografico e Mareografico delle Venezia; alcune di queste stazioni sono rimaste attive per diversi anni, in certi casi fino al 2002, anche dopo l'avvio delle stazioni automatiche.

Per calcolare lo SPI ed integrare la serie storica "meccanica" a quella automatica" ed ottenere una serie storica di 30 anni, si è resa necessaria la ricostruzione ed integrazione della pluviometria attraverso le seguenti fasi:

- sono state individuate le stazioni automatiche situate nella stessa località o in località ragionevolmente vicine dove precedentemente era attiva una stazione meccanica
- sono stati confrontati, con la tecnica della regressione lineare, i valori cumulati mensili di pioggia del periodo in cui erano attive contemporaneamente le stazioni di tipo meccanico ed automatico, per un periodo di minimo 4 anni (48 osservazioni mensili)
- sono state scelte le stazioni per le quali l'analisi della significatività rispondeva ai seguenti requisiti:
 1. coefficiente angolare e intercetta con significatività $\geq 99.6\%$
 2. coefficiente di determinazione $R^2 > 0.75$
 3. differenza del valore assoluto di pioggia nel periodo di coincidenza tra le due stazioni $(\text{prec. totale stazione automatica} - \text{prec. totale stazione meccanica}) / (\text{prec. totale stazione meccanica})$ non superiore al 10% .

In base a tale analisi, le stazioni dove si è deciso di procedere al calcolo dello SPI sono risultate essere 20 (fig.1): Asiago, Castelnovo Bariano, Castelfranco Veneto, Chioggia, Codevigo, Eraclea, Fossalta di Portogruaro, Galzignano Terme, Conegliano, Isole, Rovigo, Lugugnana di Portogruaro, Legnaro, Mira, Montagnana, Masi, Sant'Antonio di Tortal, Salizzole, Turcati, Vicenza.



Fig. 1 – Stazioni meteorologiche usate per il calcolo dello SPI.

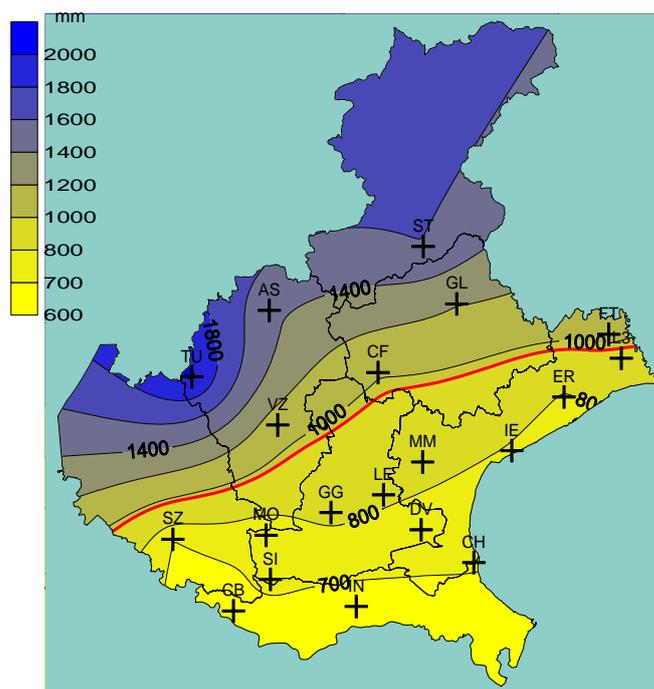


Fig. 2 – Pioggia media annua nel Veneto (media 1961 – 2003).

Media del Veneto 968 mm (isolinea rossa).

Le serie storiche sono state ricostruite utilizzando i dati delle stazioni automatiche dal momento di attivazione delle singole stazioni (che va dal 1992 al 1998 nel caso specifico) e integrandoli con la serie storica delle stazioni meccaniche considerate compatibili secondo il procedimento descritto sopra. In particolare per quasi tutte le stazioni è stata ricostruita una

serie storica a partire dal 1961 (tranne Legnaro che inizia nel 1964 e Castelnuovo Bariano che inizia nel 1967). I dati considerati in questo studio arrivano fino ad **aprile 2004**.

2.1 COS'È LO SPI

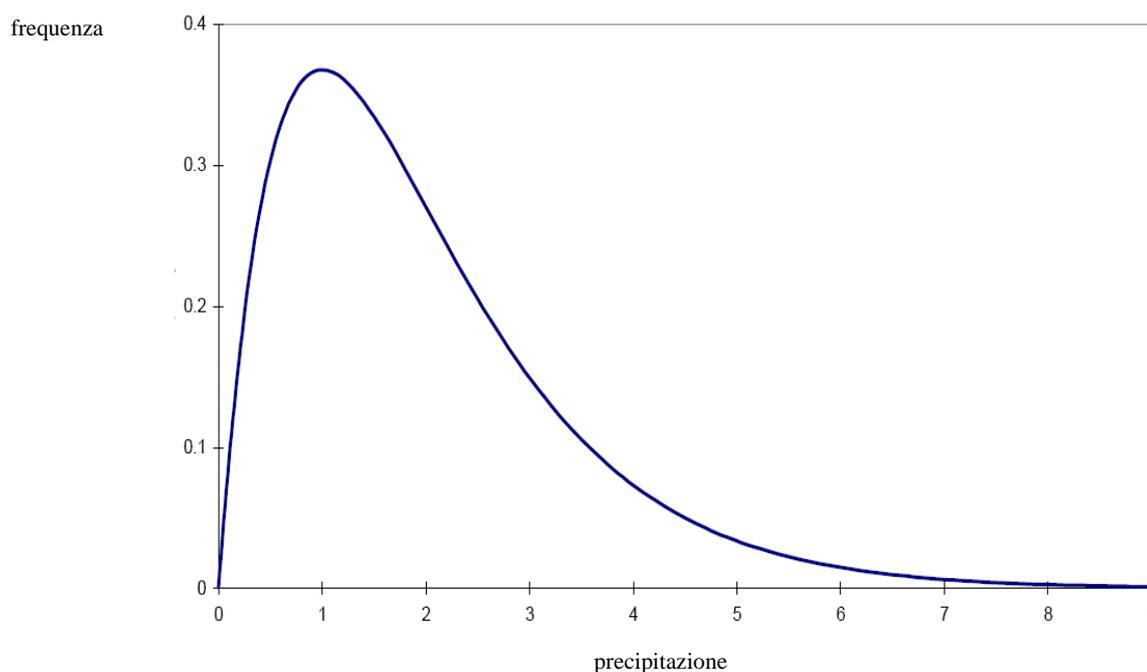
L'indice SPI deriva da una formulazione dovuta a McKee et al.(1993) allo scopo di determinare quantitativamente nella loro anomalia i fenomeni siccitosi o piovosi.

La serie di dati per ottenere una caratterizzazione della curva di precipitazione sufficientemente buona deve essere costituita da almeno una trentina d'anni.

Poiché le stazioni del centro meteo di Teolo risalgono solamente ai primi anni novanta, sono state associate alle stazioni dell' Arpav, quando possibile, delle serie di dati relative a stazioni provenienti da altra fonte che presentassero una forte correlazione con le prime.

Il fenomeno della precipitazione (cumulata) non presenta sicuramente una distribuzione gaussiana, essendo solamente positiva e asimmetrica, viene pertanto descritto attraverso altri tipi di distribuzione (Gumbel, etc).

Nel calcolo dello SPI la precipitazione viene associata ad una distribuzione di tipo $g(x)$ (Thom, 1996).



Densità di probabilità

$$g(x) = \frac{1}{\beta^\alpha \Gamma(\alpha)} x^{\alpha-1} e^{-x/\beta}$$

per $x > 0$

Distribuzione di probabilità

$$G(x) = \int_0^x g(x)dx = \frac{1}{\hat{\beta}^{\hat{\alpha}}\Gamma(\hat{\alpha})} \int_0^x x^{\hat{\alpha}-1} e^{-x/\hat{\beta}} dx$$

dove

$$\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} y^{\alpha-1} e^{-y} dy$$

è la funzione gamma

Questa curva è univocamente determinata da due parametri α e β , detti rispettivamente fattori di forma e di scala. Essi possono essere identificati mediante massima verosimiglianza (Thom, 1996) a partire dai dati rilevati secondo le formule:

$$\alpha = (1 + \text{sqr}(1 + 4 * A / 3)) / 4 * A$$

$$\beta = x_m / \alpha$$

Dove

$$A = \ln(x_m) - (\sum \ln(x)) / n$$

$$x_m = \sum x / n$$

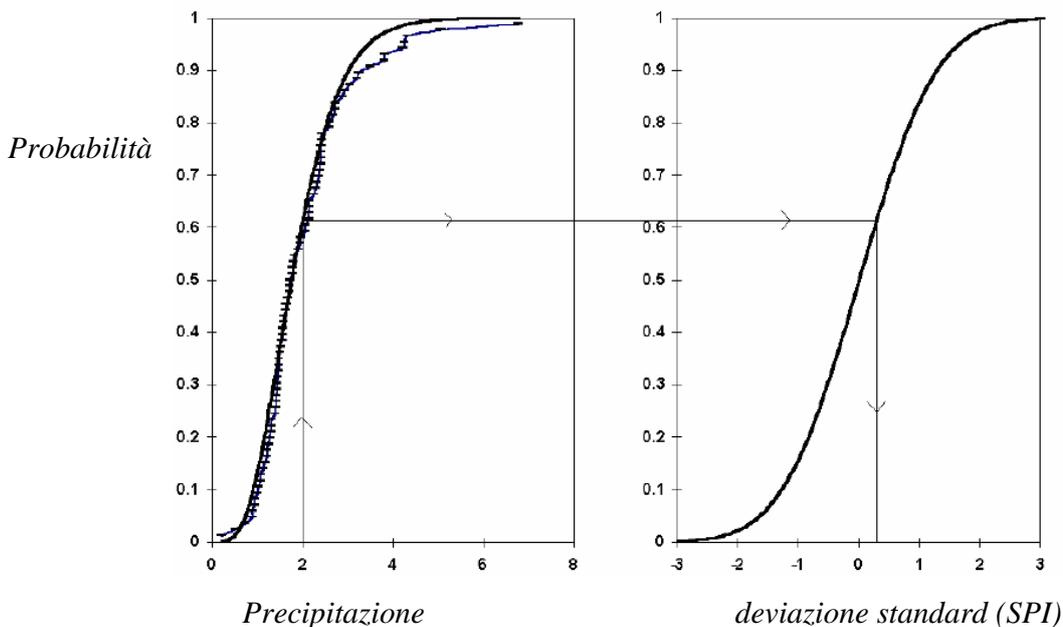
La particolarità dello SPI è di essere standardizzato, di essere quindi un metodo di valutazione indipendente dalle particolari condizioni climatiche della zona in esame.

Esaminando infatti i dati storici di due stazioni appartenenti a regioni differenti, ci si accorge che, dopo aver ottenuto le curve $g(x)$ relative a ciascuna stazione, esse differiscono sia in media che in varianza.

Come è possibile dunque confrontarle tra loro?

Si trasformano le funzioni $G(x)$ di distribuzione di probabilità in una variabile aleatoria zeta normale a media nulla e varianza unitaria.

A questo scopo la nuova variabile viene creata associando a ciascun valore nella vecchia curva $G(x)$ il corrispondente valore in probabilità nella curva di distribuzione normale.



Viene cioè imposto che la probabilità che la cumulata di pioggia sia inferiore o uguale ad un certo valore per la curva $g(x)$ risulti identica alla stessa probabilità calcolata con una curva gaussiana.

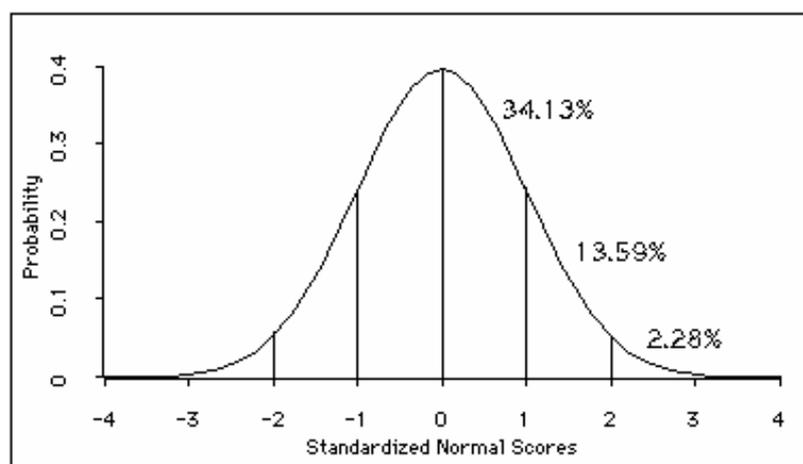
Con questa procedura le differenti curve $g(x)$ ottenute dai dati di diverse stazioni con le loro caratteristiche di media e varianza vengono trasformate in curve normali a media nulla e varianza unitaria tra loro confrontabili.

Praticamente i valori da analizzare, cioè le serie di cumulate mensili relative alle singole stazioni vengono standardizzati in due fasi:

- aggregandoli in cumulate a 3, 6, 12 e 24 mesi, a partire dal medesimo mese per tener conto della stagionalità.
- normalizzandoli a media nulla e varianza unitaria come già descritto.

Il valore risultante z , ciò che diventerà l'indice SPI, rappresenta il numero di deviazioni standard dalla media. L'unità di misura dello SPI sarà quindi la "deviazione standard, indicando così in maniera assoluta, quanto un evento risulta anomalo. Per dare un'indicazione di quanto l'indice sia al di fuori della norma, si riporta nella seguente tabella quanta parte degli eventi viene considerata al variare dell'intervallo coperto dai multipli della deviazione standard:

| intervallo | Intervallo con $\mu=0, \sigma=1$ | Probabilità sottesa |
|-------------------|----------------------------------|---------------------|
| $\mu \pm \sigma$ | $-1 < spi < 1$ | 68.27% |
| $\mu \pm 2\sigma$ | $-2 < spi < 2$ | 95.45% |
| $\mu \pm 3\sigma$ | $-3 < spi < 3$ | 99.73% |



Risulta dunque comprensibile la definizione di classi secondo il valore assunto dallo SPI tenendo appunto conto dei valori sopra riportati:

Nel caso dello SPI i valori di soglia sono stati scelti in $\pm \sigma$, $\pm 1.5\sigma$, $\pm 2\sigma$ (vedi tab.2).

2.2 INTERPOLAZIONE SPAZIALE

Una volta calcolati i valori di SPI nelle stazioni scelte, i risultati sono stati utilizzati per la creazione di cartine con il metodo del Kriging attraverso l'uso del software Surfer. Tale metodo di spazializzazione non tiene conto dell'orografia della Regione Veneto. In tal senso si ricorda che le caratteristiche dell'indice SPI permettono il confronto di stazioni climatologicamente diverse grazie alla normalizzazione insita nella sua elaborazione matematica, attenuando di fatto gli effetti di tale approssimazione spaziale.

Capitolo 3. RISULTATI

3.1 TREND DELLO SPI

ANDAMENTO MEDIO REGIONALE DELLO SPI

Avendo a disposizione la serie storica completa dal 1961 (1964 per Legnaro, 1967 per Castelnuovo Bariano) ad oggi, sono stati calcolati i valori mensili relativi allo SPI a diverse scale temporali, per ciascuna stazione.

Per avere un'idea dell'andamento dello SPI a livello regionale, è stata calcolata la media aritmetica dei valori afferenti alle 20 stazioni e rappresentata nella fig.3; questa figura mostra l'andamento temporale dello SPI nel Veneto a diverse scale temporali, e la linea di tendenza della serie di dati, ovvero il trend dello SPI dagli anni 60 ad oggi. In particolare si può notare un trend negativo per tutte le classi di SPI considerate; tale trend indica la tendenza all'aumento degli eventi siccitosi con il crescere delle classi temporali considerate.

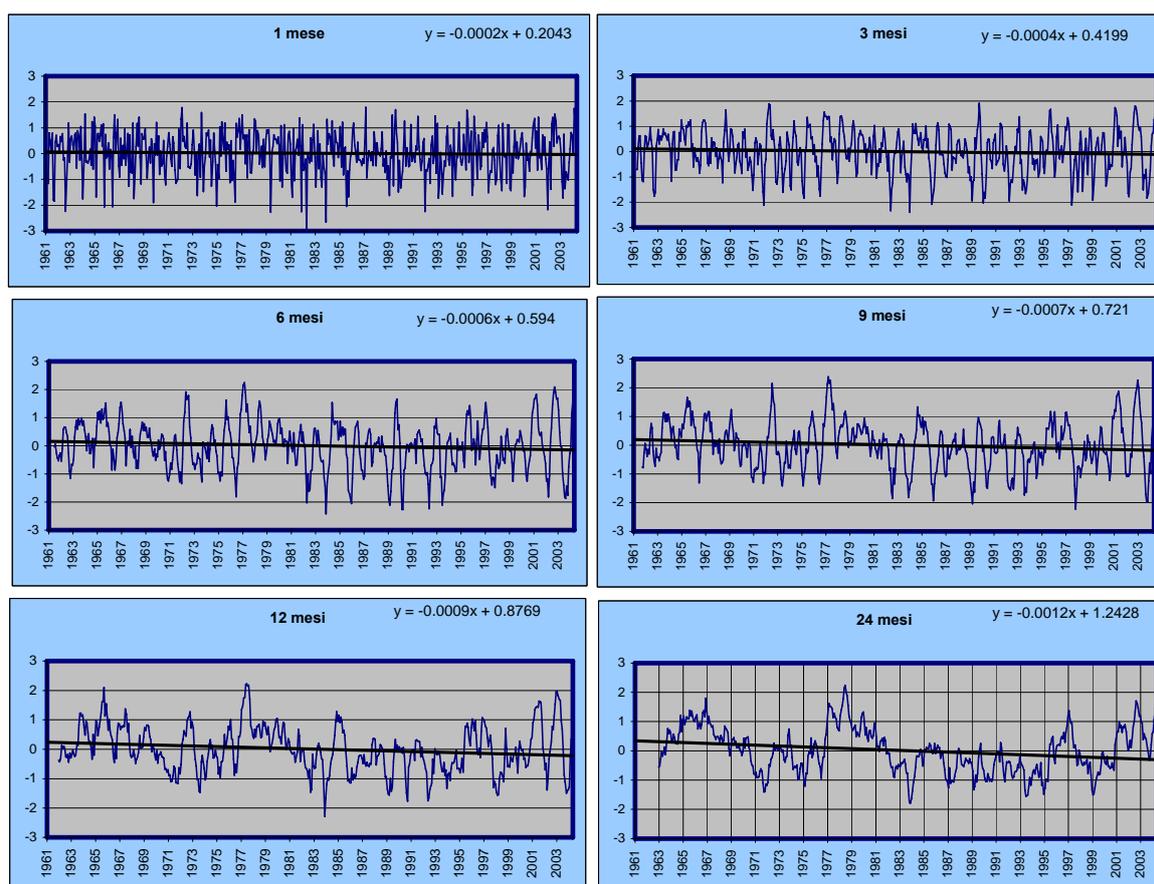


Fig. 3 – Andamento dell'indice SPI nella regione Veneto (media di 20 stazioni) dal 1961 al 2004.

Nel grafico sottostante (fig.4) è messa in evidenza a livello regionale, il tendenziale aumento dei fenomeni siccitosi, per la scala temporale di 24 mesi. Oltre al trend negativo dello SPI, si può notare la maggior concentrazione di periodi siccitosi (SPI <-1, in rosso) nel secondo ventennio rispetto al primo, e parallelamente la minore frequenza di periodi piovosi (SPI >1, in blu).

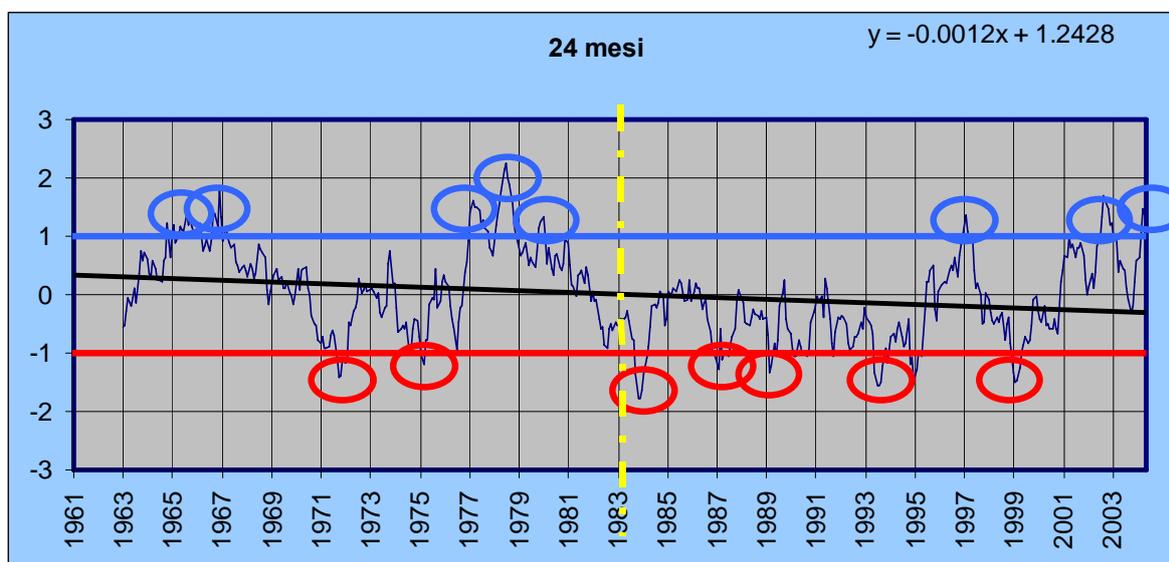


Fig. 4 –SPI 24 Regione Veneto (periodo 1961 – 2004).

Sono evidenziati gli eventi siccitosi con SPI <-1 e quelli piovosi con SPI >1

LINEE DI TENDENZA DELLE STAZIONI CONSIDERATE

Come si può notare nel grafico successivo (fig. 5), il trend negativo dello SPI per le diverse classi temporali considerate, indica un aumento dei fenomeni siccitosi e accomuna quasi tutte le stazioni considerate.

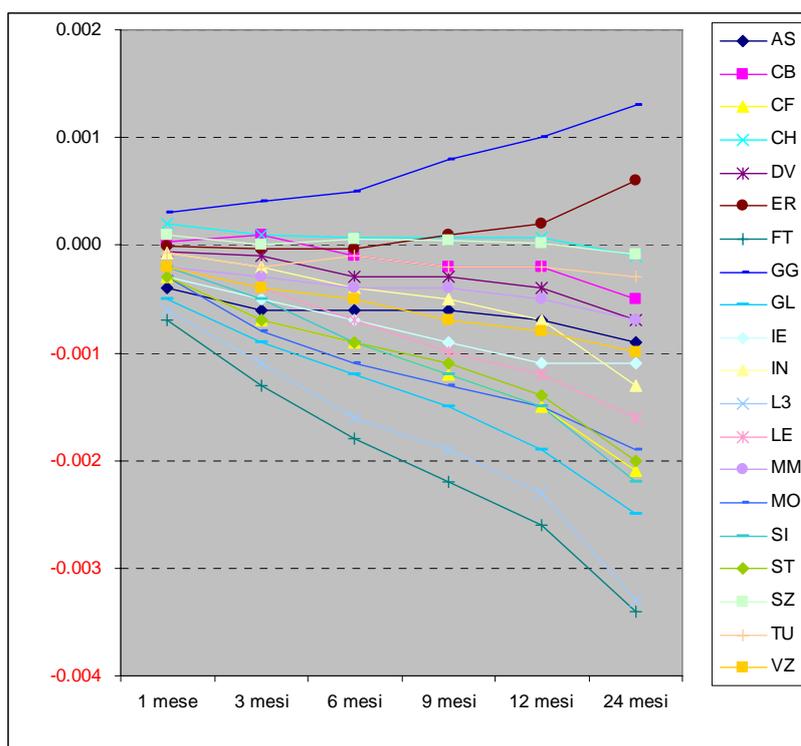


Fig. 5- Coefficiente angolare medio del trend dello SPI nelle 20 stazioni considerate, in funzione delle diverse classi temporali

Solo 4 stazioni presentano un trend nullo o positivo (Galzignano Terme, Salizzole, Eraclea e Chioggia); le restanti stazioni denotano una tendenza all'aumento dei fenomeni siccitosi a tutte le scale temporali ma soprattutto in quelle di lungo periodo. Tale andamento è descritto dai valori del coefficiente angolare e dall'aumento di inclinazione delle rette.

ANALISI DELLA SIGNIFICATIVITA' DEI TREND (risultati)

Dopo avere fatto l'analisi della significatività dei trend usando la regressione lineare per verificare quando la linea di tendenza risulta significativamente diversa da zero, si sono potuti considerare significativi solo parte dei dati delle stazioni considerate, aventi un livello di significatività del 95% (fig. 6). Per i dettagli relativi all'analisi si rimanda all'appendice.

| Stazione | SCALA TEMPORALE | | | | | |
|----------|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| | 1 mese | 3 mesi | 6 mesi | 9 mesi | 12 mesi | 24 mesi |
| FT | -0,0007 | -0,0013 | -0,0018 | -0,0022 | -0,0026 | -0,0034 |
| L3 | -0,0006 | -0,0011 | -0,0016 | -0,0019 | -0,0023 | -0,0033 |
| GL | -0,0005 | -0,0009 | -0,0012 | -0,0015 | -0,0019 | -0,0025 |
| AS | -0,0004 | -0,0006 | -0,0006 | -0,0006 | -0,0007 | -0,0009 |
| MO | -0,0003 | -0,0008 | -0,0011 | -0,0013 | -0,0015 | -0,0019 |
| ST | -0,0003 | -0,0007 | -0,0009 | -0,0011 | -0,0014 | -0,0020 |
| CF | -0,0003 | -0,0007 | -0,0009 | -0,0012 | -0,0015 | -0,0021 |
| IE | -0,0003 | -0,0005 | -0,0007 | -0,0009 | -0,0011 | -0,0017 |
| VZ | -0,0002 | -0,0004 | -0,0005 | -0,0007 | -0,0008 | -0,0010 |
| SI | -0,0002 | -0,0005 | -0,0009 | -0,0012 | -0,0015 | -0,0022 |
| MM | -0,0002 | -0,0003 | -0,0004 | -0,0004 | -0,0005 | -0,0007 |
| LE | -0,0002 | -0,0004 | -0,0007 | -0,0010 | -0,0012 | -0,0016 |
| IN | -0,0001 | -0,0002 | -0,0004 | -0,0005 | -0,0007 | -0,0013 |
| TU | -0,0001 | -0,0002 | -0,0001 | -0,0002 | -0,0002 | -0,0003 |
| DV | -0,0001 | -0,0001 | -0,0003 | -0,0003 | -0,0004 | -0,0007 |
| ER | -0,0000 | -0,0000 | -0,0000 | 0,0001 | 0,0002 | 0,0006 |
| CB | 0,0000 | 0,0001 | -0,0001 | -0,0002 | -0,0002 | -0,0005 |
| SZ | 0,0001 | 0,0000 | 0,0001 | 0,0000 | 0,0000 | -0,0001 |
| CH | 0,0002 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | 0,0001 | -0,0001 |
| GG | 0,0003 | 0,0004 | 0,0005 | 0,0008 | 0,0010 | 0,0013 |



Fig. 6- Significatività del trend dello SPI alle diverse classi temporali

Considerando solo i valori dei trend risultati significativi in base a tale analisi, la fig. 5 viene quindi modificata come segue (fig. 5bis):

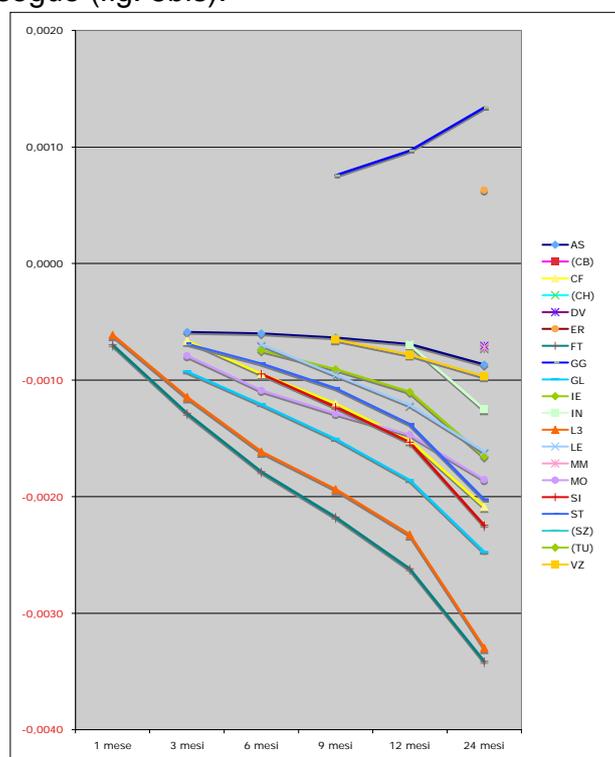


Fig. 5bis- Coefficiente angolare medio del trend dello SPI nelle 20 stazioni considerate, in funzione delle diverse classi temporali. Sono stati rappresentati solo i trend significativi ($\alpha = 5\%$). Le stazioni tra parentesi non compaiono nel grafico in quanto il trend è non significativo per tutte le scale temporali.

SPAZIALIZZAZIONE REGIONALE DEI TREND

Spazializzando i dati di SPI relativi alle classi temporali con maggiore significatività, e senza tenere conto dell'orografia regionale (fig. 6), si evidenzia territorialmente la tendenza all'incremento o diminuzione dei fenomeni siccitosi.

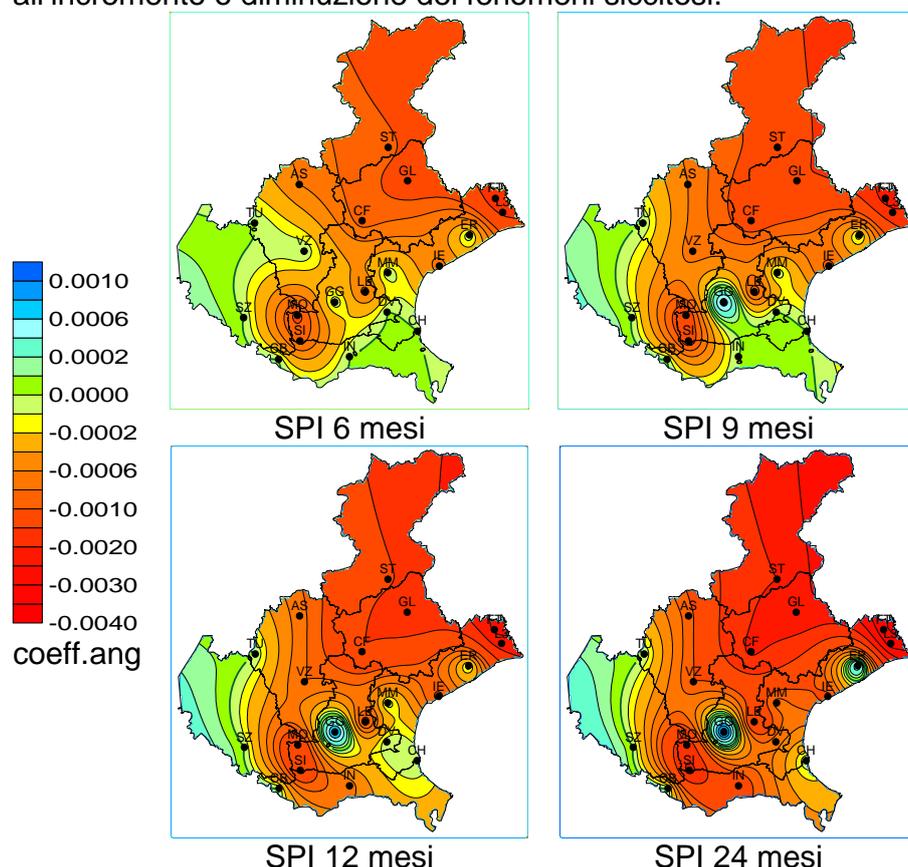


Fig. 6- Trend medio dello SPI nella Regione Veneto dal 1961 al 2004

Per produrre le cartine si è scelto di tenere conto dei valori dei trend di tutte e venti le stazioni che altrimenti avrebbero generato una rappresentazione territoriale falsata delle stazioni non significative (ad esempio escludendo la stazione di Chioggia, si sarebbe ottenuta una spazializzazione con trend negativo indotta dalle stazioni significative circostanti, mentre il trend a Chioggia è comunque tendente allo zero).

In verde sono rappresentate le zone nelle quali il trend dello SPI è nullo. Le cartine mettono bene in evidenza il trend negativo dello SPI nella Regione, ovvero la tendenza all'aumento dei fenomeni siccitosi. Le zone in cui tale tendenza è più accentuata sono la parte nord-orientale della Regione (Fossalta e Lugugnana di Portogruaro), quella settentrionale (Sant'Antonio di Tortal, Conegliano) e la parte sud-occidentale della provincia di Padova (Masi e Montagnana). Al centro della Regione l'unica stazione caratterizzata da un trend sempre positivo per tutte le scale temporale di SPI è Galzignano Terme che ha sostituito la stazione di Battaglia Terme. Entrambi sono località termali che si trova all'interno dei Colli Euganei in una situazione microclimatica particolare.

3.2 DISTRIBUZIONE ANNUALE DELLE CLASSI DI FREQUENZA DELLO SPI NELLA REGIONE VENETO NEL PERIODO 1961-2004

Essendo soprattutto interessati a descrivere l'incidenza della siccità nella stagione agraria, SPI<-1, per lo studio della frequenza degli eventi siccitosi si è calcolato tale classe di SPI mensile solo per il mese di luglio, lo SPI trimestrale nei mesi di luglio, agosto e settembre; mentre lo SPI semestrale è stato calcolato durante la stagione invernale e quella estiva.

SPI <-1: MESE DI LUGLIO E TRIMESTRE LUGLIO-AGOSTO-SETTEMBRE

Il grafico di fig. 7 rappresenta la frequenza media dei valori di SPI<-1, nel mese di luglio, espresso in % sul totale dei dati mensili di luglio afferenti alle 20 stazioni. In fig. 8 sono stati considerati i valori di SPI trimestrali di luglio, agosto e settembre.

Dai due grafici si può notare come la frequenza degli eventi siccitosi sia piuttosto variabile anno per anno e non sia possibile individuare un trend lineare significativo. Si mette in evidenza che nel 2003 la % dello SPI<-1 per luglio è risultata superiore al 45%, mentre lo SPI trimestrale di luglio-agosto-settembre è risultato essere superiore all'80%. Ovvero nel 45% delle stazioni monitorate nel mese di luglio si è avuta una situazione di SPI<-1. Nel trimestre considerato, tale percentuale sale a circa l'80% evidenziando come nel medio periodo l'effetto siccitoso sia stato indubbiamente più marcato che nel singolo mese di luglio.

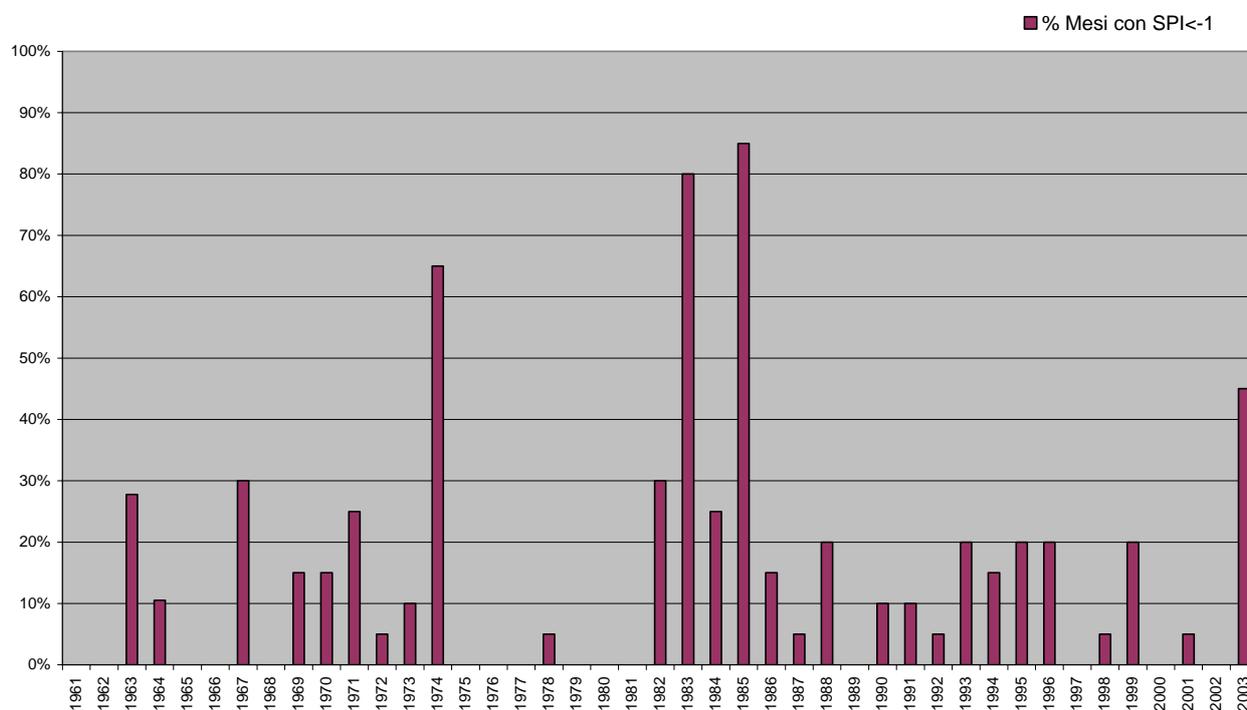


Fig. 7 – Frequenza dello SPI <-1 nel mese di luglio

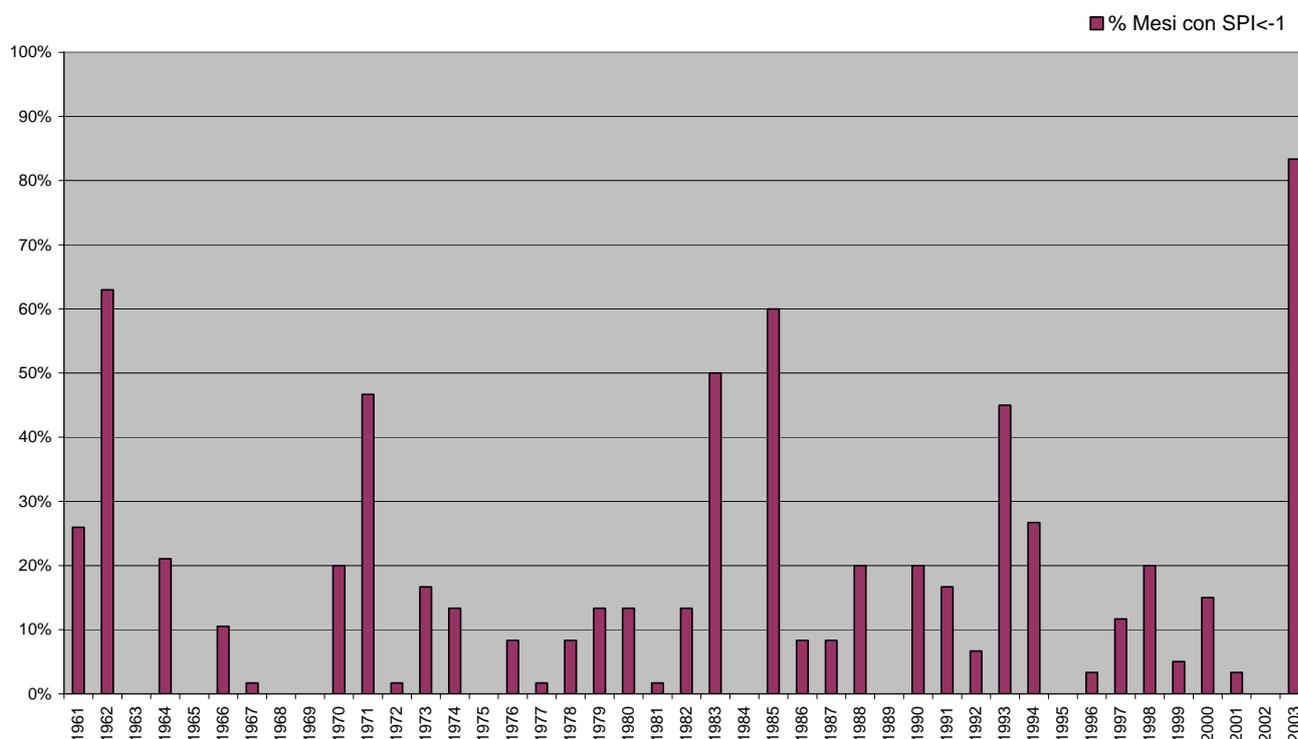


Fig. 8 – frequenza dello SPI <-1 nel trimestre luglio-agosto-settembre

FREQUENZE DELLE CLASSI DI SPI MENSILE DI LUGLIO E DELLO SPI TRIMESTRALE DI LUGLIO, AGOSTO E SETTEMBRE

In fig. 9 e 10 è stata rappresentata la frequenza, espressa in %, di tutte le classi di SPI. In questo modo è possibile visualizzare l'andamento di ciascuna annata, per le 20 stazioni considerate. Si individuano in modo più immediato l'estati più siccitose o più piovose e la variabilità dei valori dello SPI all'interno dello stesso anno.

Per lo SPI a scala mensile tale variabilità è dovuta alla differenza esistente tra le stazioni; ovvero, per ogni singolo anno, la percentuale di valori di una classe corrisponde alla percentuale di stazioni che in quell'anno hanno avuto un mese di luglio siccitoso. P.es nel 1985 il 45% delle stazioni ha monitorato uno SPI<-2 per il mese di luglio che è quindi risultato essere estremamente siccitoso in 9 casi su 20.

Per lo SPI a scala trimestrale invece la variabilità all'interno di un'annata dipende, oltre che dalla variabilità tra le stazioni del Veneto, anche dalla variabilità dello SPI nei mesi di luglio, agosto e settembre.

Considerando nuovamente il 1985, le frequenze estremamente siccitose risultano essere pari al 22%. Questo indica che nei tre mesi considerati, su 60 valori disponibili (20 staz x 3 mesi), 13 hanno registrato uno SPI<-2. Questi 13 valori possono essere riferiti a 13 stazioni diverse che in questo caso avrebbero avuto un solo trimestre siccitoso, oppure su un numero minore di stazioni che al massimo possono avere registrato tutti i tre trimestri siccitosi (p.es al minimo le stazioni avrebbero potuto essere cinque, delle quali quattro con tutti e tre i trimestri con SPI<-1, ed una stazione con un solo SPI trimestrale <-1)

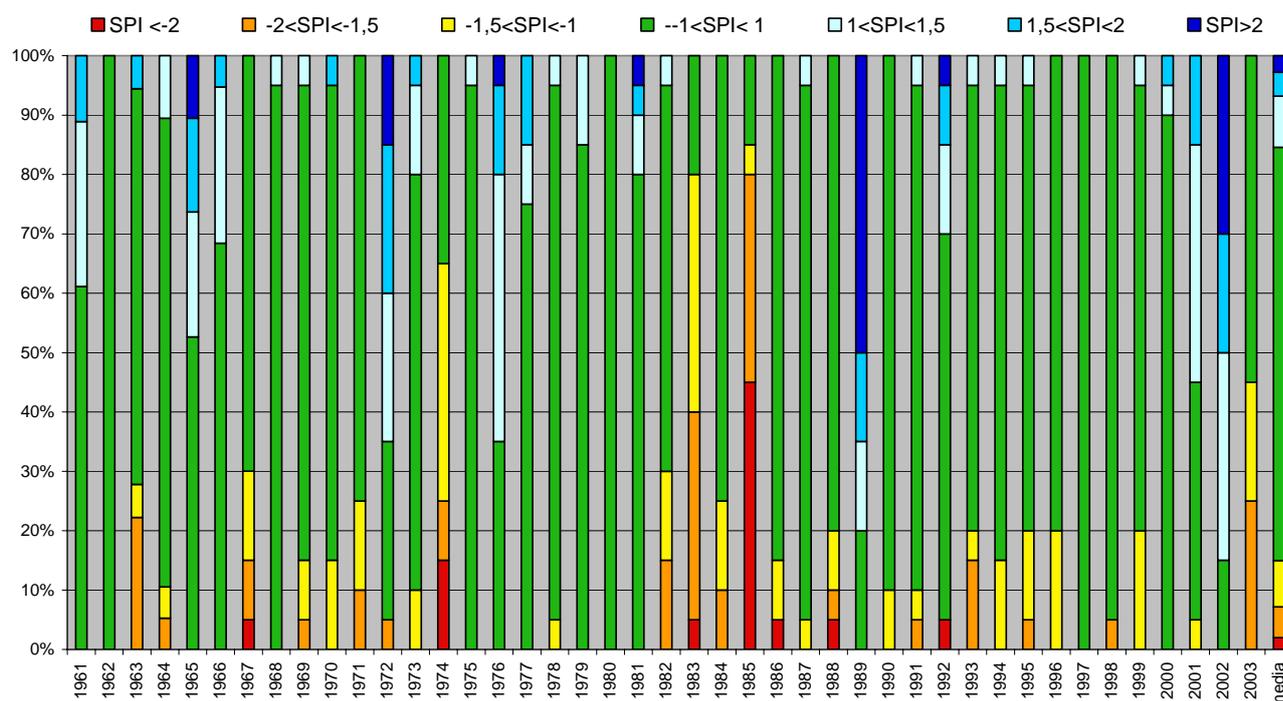


Fig. 9 – Frequenza diverse classi di SPI mensile di luglio, e valore medio del periodo e valore medio del periodo

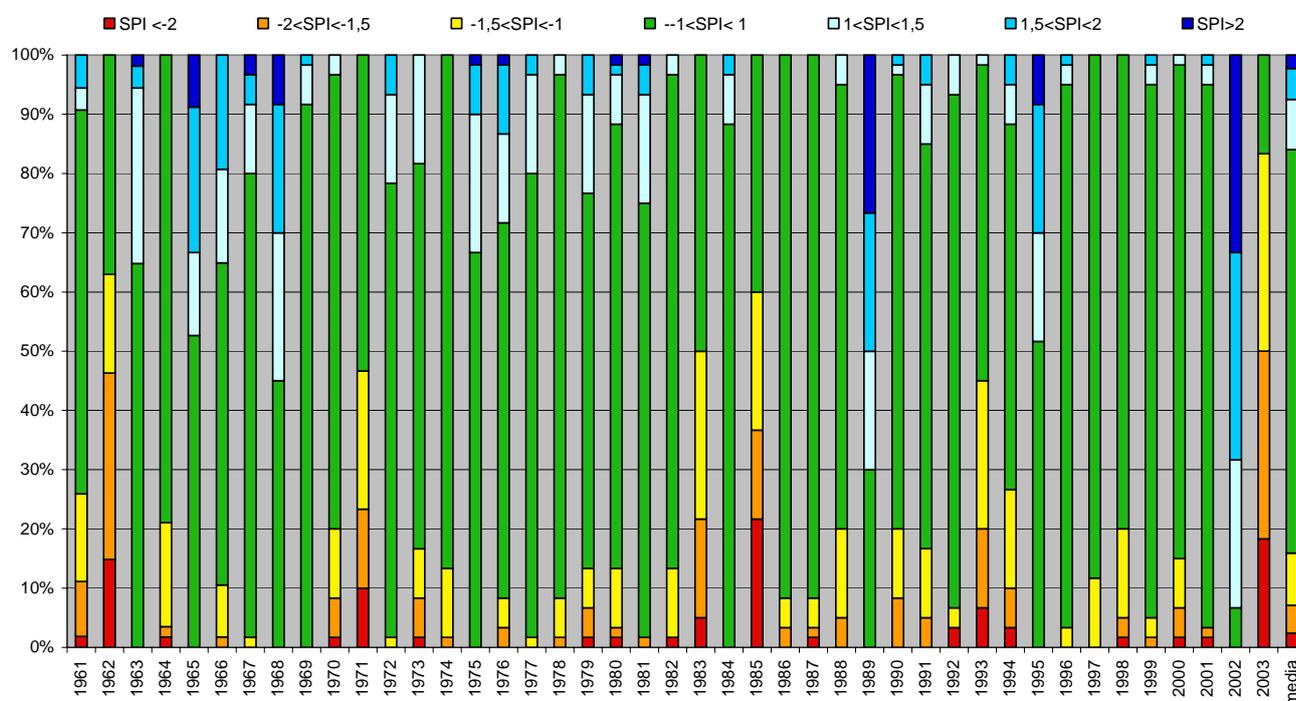


Fig. 10 – Frequenza diverse classi di SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre, e valore medio del periodo

In fig. 9 e 10 sono messe in evidenza, come detto sopra, tutte le classi di SPI con le relative frequenze.

Per quanto riguarda lo SPI mensile di luglio, le annate in cui c'è stata la maggiore frequenza di eventi siccitosi con SPI <-1 sono, in ordine decrescente, il 1985 (85%), il 1973 (80%), il 1974 (65%) e il 2003 (45%). Nelle prime tre annate (1985, 1973 e 1974) ci sono stati fenomeni moderatamente, severamente ed estremamente siccitosi mentre nel 2003 ci sono stati solo eventi moderatamente e severamente siccitosi.

La media regionale di eventi siccitosi con SPI <-1, per il periodo considerato 1961-2003 è pari al 15%.

Considerando lo SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre, la media regionale di eventi siccitosi con SPI <-1, per il periodo considerato 1961-2003, è pari al 16%. Le annate in cui c'è stata la maggiore frequenza di eventi siccitosi con SPI <-1 sono, in ordine decrescente, il 2003 (83%), il 1962 (63%), il 1985 (60%), il 1983 (50%) e il 1971 (47%). Come si può notare gli anni in cui lo SPI trimestrale e quello mensile sono contemporaneamente frequenti sono il 1985 e 2003.

FREQUENZE DELLE CLASSI DI SPI SEMESTRALE DI MARZO E DI SETTEMBRE

La fig. 11 rappresenta la frequenza dei valori per ogni classe di SPI semestrale di marzo. Lo SPI semestrale descrive territorialmente i corsi d'acqua per cui si è ritenuto interessante tenere in considerazione lo SPI semestrale di marzo per analizzare la stagione autunno-invernale comprensiva della piovosità da ottobre a marzo, e quella di settembre per valutare la siccità della stagione primaverile-estiva successiva.

Dei 5 anni più siccitosi nei mesi estivi (ovvero 1962, 1971, 1983, 1985 e 2003 – vedi fig. 8), solo il 1971 è stato preceduto da una stagione autunno-invernale con una frequenza di eventi siccitosi abbastanza significativa (20%).

L'autunno-inverno del 1990 sono risultati essere estremamente siccitosi mentre lo SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre, è risultato essere <-1 nel 20% dei casi e comunque mai <-2.

Posso notare che gli eventi siccitosi semestrali autunno-invernali si sono verificati in 18 annate su 43; di queste, solo 4 annate hanno presentato fenomeni estremamente siccitosi (1990, 2002, 1989 e 1982). In particolare nel 1990 tutte le stazioni sono state caratterizzate da uno SPI semestrale di marzo in classe estremamente o severamente siccitosa, mentre nel 2002 solo *una stazione* ha avuto uno SPI nella norma (compreso tra -1 e 1), mentre le restanti hanno avuto tutte uno SPI<-1.

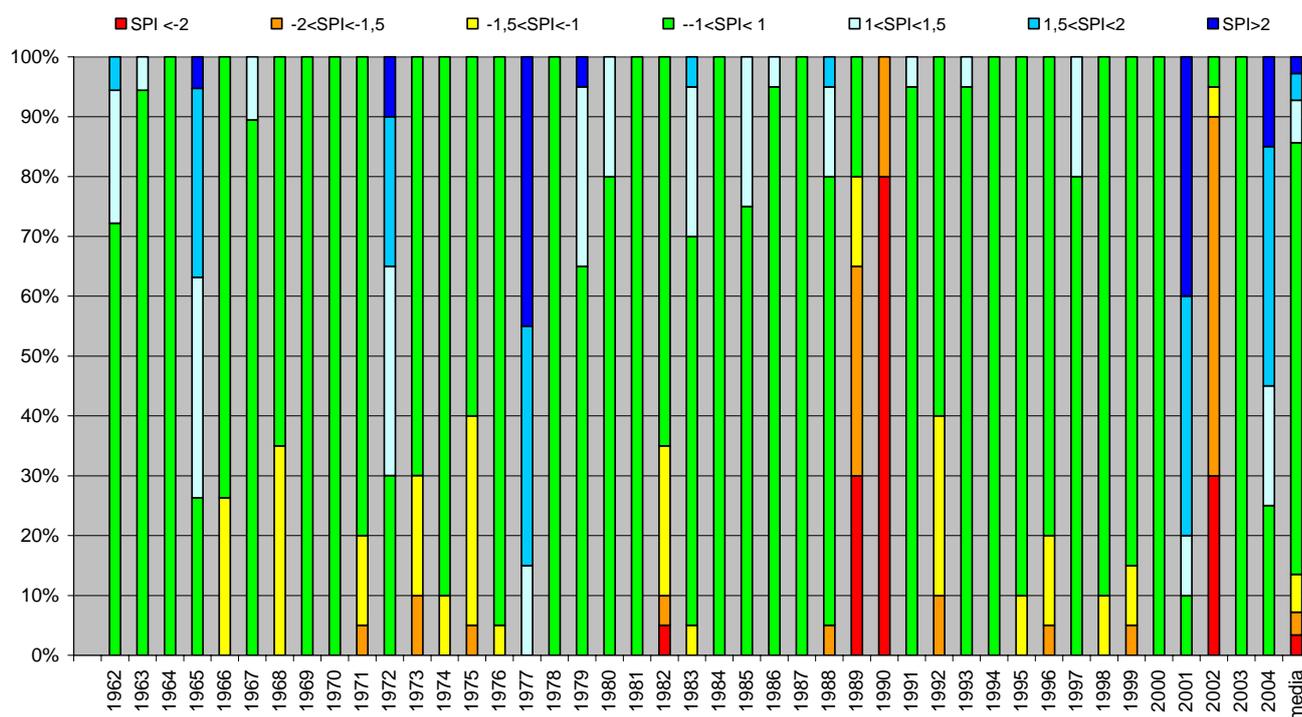


Fig. 11 – Frequenza diverse classi di SPI semestrale di marzo, e valore medio del periodo

La fig. 12 rappresenta la frequenza dei valori per ogni classe di SPI per il semestre di settembre; tale classe temporale si riferisce alla piovosità complessiva della stagione primaverile - estiva compresa tra aprile e settembre. Gli anni in cui si è registrata la maggior frequenza di fenomeni siccitosi, con $SPI < -1$, sono il 1985 (90% - ovvero 18 stazioni su 20) e il 2003 (80%).

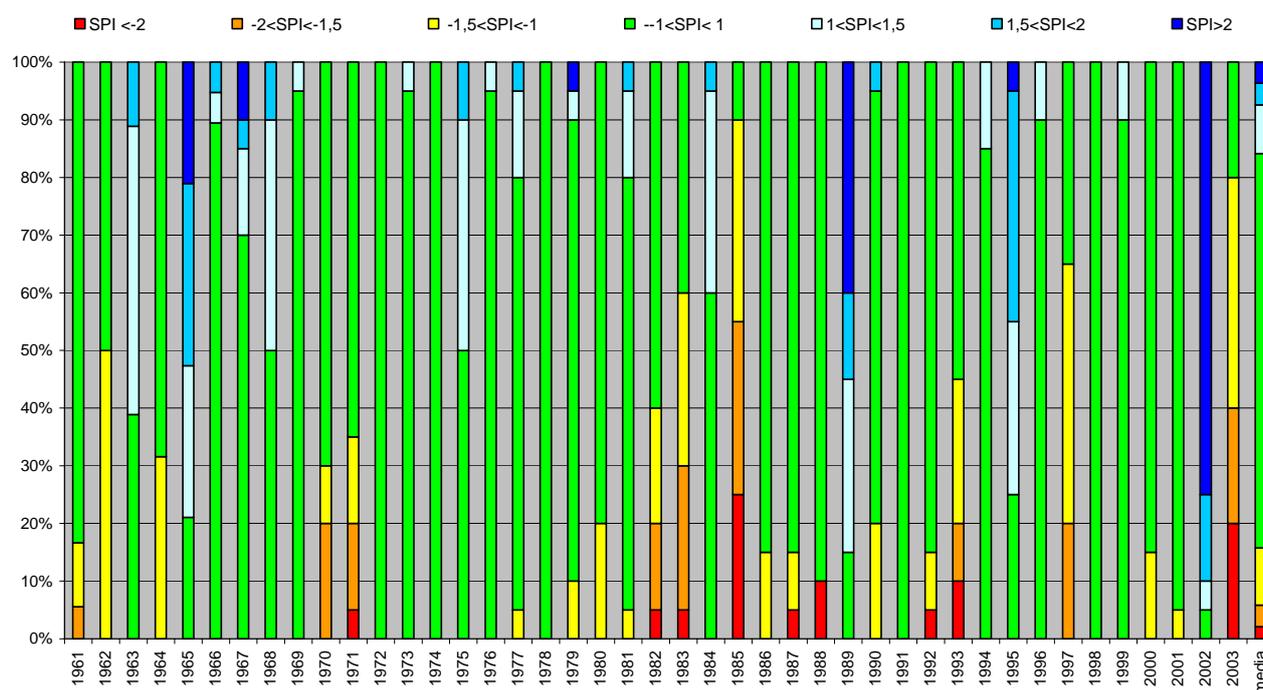


Fig. 12 – Frequenza diverse classi di SPI semestrale di settembre, e valore medio del periodo

CONSIDERAZIONI FINALI

Osservando i dati sugli SPI relativi ai mesi estivi (SPI mensile di luglio; SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre e SPI semestrale di settembre), posso notare che le annate 1985 e 2003 sono quelle che presentano la maggior frequenza di fenomeni di siccità considerando lo SPI <-1 . Per contro né lo SPI semestrale di marzo 1985 né quello di marzo 2003 presentano valori <-1 ; ovvero nessuna stazione è stata siccitosa considerando lo SPI <-1 , nel semestre invernale ottobre-marzo 1984-1985 e in quello ottobre-marzo 2002-2003.

Il periodo invernale ottobre-marzo, invece, è stato particolarmente siccitoso nelle annate 1989, 1990 e 2002. Posso osservare che sia il 1989 che il 2002 sono stati seguiti da un semestre aprile-settembre con SPI sempre >-1 , mentre il semestre aprile-settembre del 1990 è stato moderatamente siccitoso nel 20% dei casi (ovvero in 4 stazioni).

Lo SPI semestrale di marzo (che rappresenta l'impatto della siccità sui corsi d'acqua) costituisce uno dei dati che potrebbero essere presi in considerazione nel valutare la siccità dei mesi estivi; un insufficiente ricarico dei corsi d'acqua potrebbe rendere infatti ancora più grave, in campo, una situazione di deficit pluviometrico nei mesi estivi. Si ritiene dunque interessante fare questo tipo di confronto anche se non è oggetto specifico di questo lavoro, per cui si lascia al lettore libertà di trarre le proprie osservazioni in base ai dati riportati nei grafici.

3.3 VARIAZIONE FREQUENZA SPI CLASSI SICCILOSE TRA 1991-2003 E 1961-1990

Per vedere se c'è stato un cambiamento nella frequenza degli eventi siccitosi con $SPI < -1$, nel corso del quarantennio preso in considerazione, si è scelto di dividere il periodo 1961-2003 in due sottoperiodi, uno compreso tra il 1961 e il 1990 e uno tra il 1991 e il 2003 e di confrontare i valori di SPI nei due periodi. Tale confronto è stato realizzato sottraendo dalle frequenze di eventi con $SPI < -1$ verificatesi nel secondo periodo temporale, quelle verificatesi nel primo; ne risulta che la differenza positiva di frequenza di eventi con $SPI < -1$ tra i due periodi, indica un aumento nel tempo di eventi siccitosi e negativa nel caso opposto.

Le cartine seguenti rappresentano la spazializzazione dei risultati ottenuti con tale analisi (fig. 13, 14, 15 e 16).

SPI MENSILE DI LUGLIO

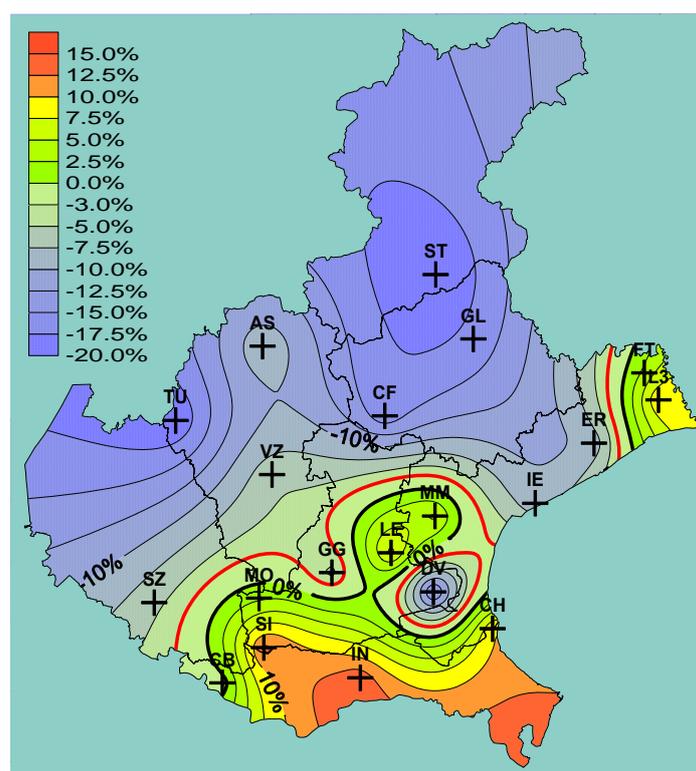


Fig. 13 – SPI mensile di luglio: variazione frequenza SPI classi siccitose (< -1) nei periodi 1991-2003 e 1961-1990

Per quanto riguarda lo SPI mensile di luglio, nel periodo 1990-2003 si evidenzia una diminuzione media della frequenza dei fenomeni siccitosi nel Veneto pari al 3% nella

maggioranza del territorio regionale ed indicata dalla isolina rossa. Nella parte meridionale della Regione e nella zona intorno a Portogruaro i fenomeni siccitosi sono aumentati in frequenza fino ad un massimo del 14% a Rovigo.

SPI TRIMESTRALE DI LUGLIO, AGOSTO E SETTEMBRE

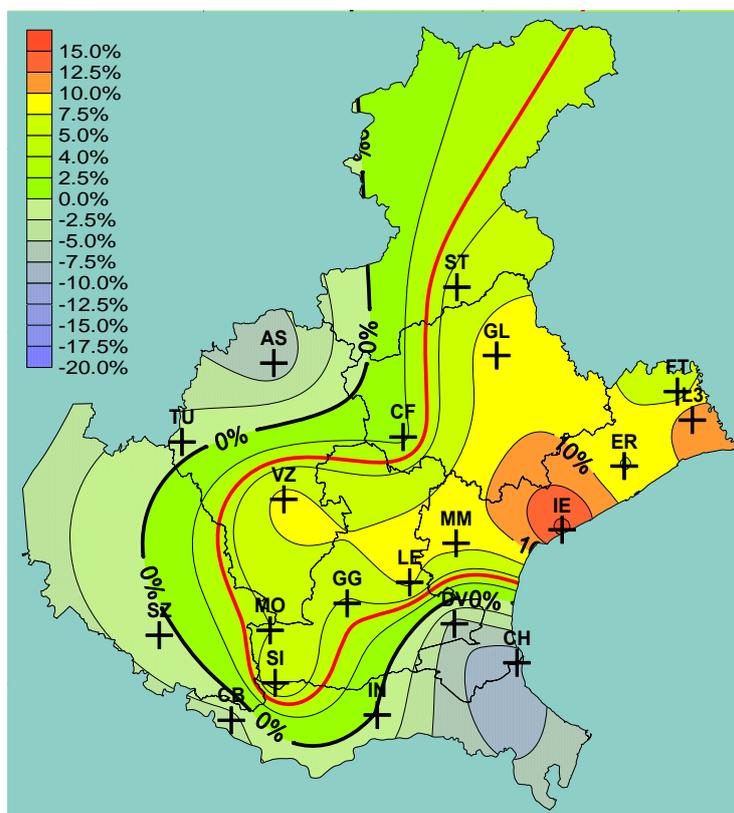


Fig. 14 – SPI trimestrale di luglio: variazione frequenza SPI classi siccitose (<-1) nei periodi 1991-2003 e 1961-1990

Per lo SPI trimestrale la frequenza delle classi siccitose è aumentata mediamente del +4% come indicato dalla isolinea rossa. Nella parte occidentale della regione e nella parte sud orientale gli eventi siccitosi trimestrali con $SPI < -1$, sono diminuiti. In specifico le stazioni per le quali la frequenza di SPI appartenenti alla classe siccitosa è diminuita sono risultate essere Asiago, Turcati, Salizzole, Caselnovo Bariano, Chioggia e Codevigo. Per la stazione di Rovigo inoltre la frequenza non è variata.

SPI SEMESTRALE DI MARZO

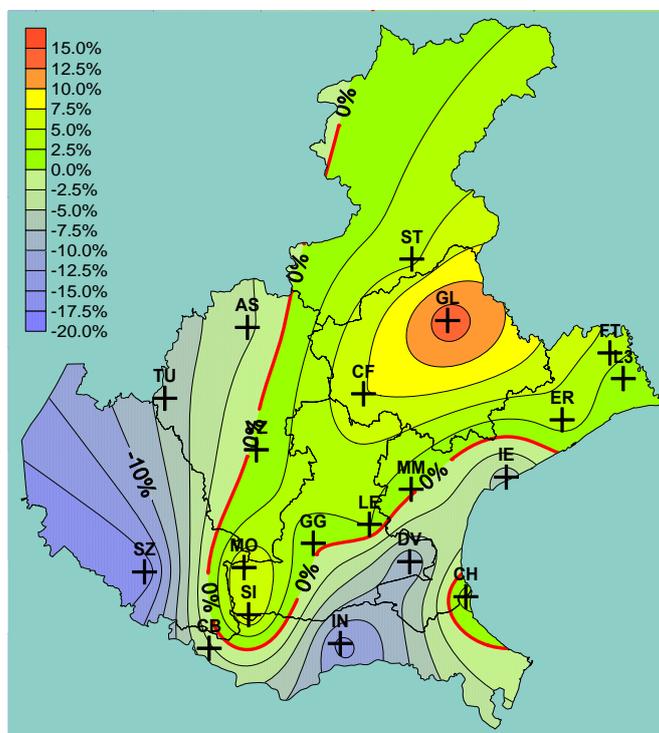


Fig. 15 – SPI semestrale di marzo: variazione frequenza SPI classi siccitose (<math><-1</math>) nei periodi 1991-2003 e 1961-1990

Se il mediamente nel Veneto la frequenza di eventi siccitosi semestrali non è variata nei due periodi storici, osservando la cartina di fig. 15 si può notare una lieve tendenza all'aumento dei fenomeni siccitosi in gran parte del territorio regionale ed un aumento più consistente nella zona pedemontana orientale (+15% a Conegliano e +7% a Castelfranco). Nella parte occidentale e sud-orientale della regione, invece, i fenomeni siccitosi sono diminuiti nel periodo 1990-2003 rispetto al trentennio precedente.

SPI SEMESTRALE DI SETTEMBRE

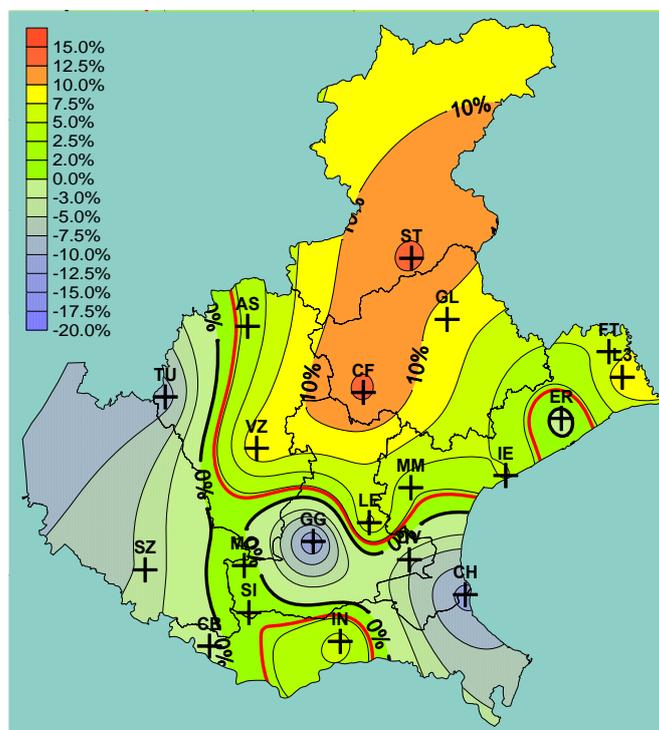


Fig. 16 – SPI semestrale di settembre: variazione frequenza SPI classi siccitose (<-1) nei periodi 1991-2003 e 1961-1990

In generale, per quanto riguarda lo SPI semestrale di settembre, la frequenza di eventi siccitosi è stata maggiore negli anni tra il 1990 e il 2003 rispetto al periodo precedente, in quanto la variazione media (isolinea in rosso) è del + 2%. L'aumento maggiore di fenomeni siccitosi si è osservato a Sant'Antonio di Tortal e a Castelfranco (+13%). I fenomeni siccitosi sono diminuiti, invece, nella parte orientale della Regione, sui Colli Euganei e nella zona costiera sud-orientale.

3.4 FREQUENZA DEGLI EVENTI SICCIOSI NEL PERIODO 1961-2004 NELLE DIVERSE STAZIONI

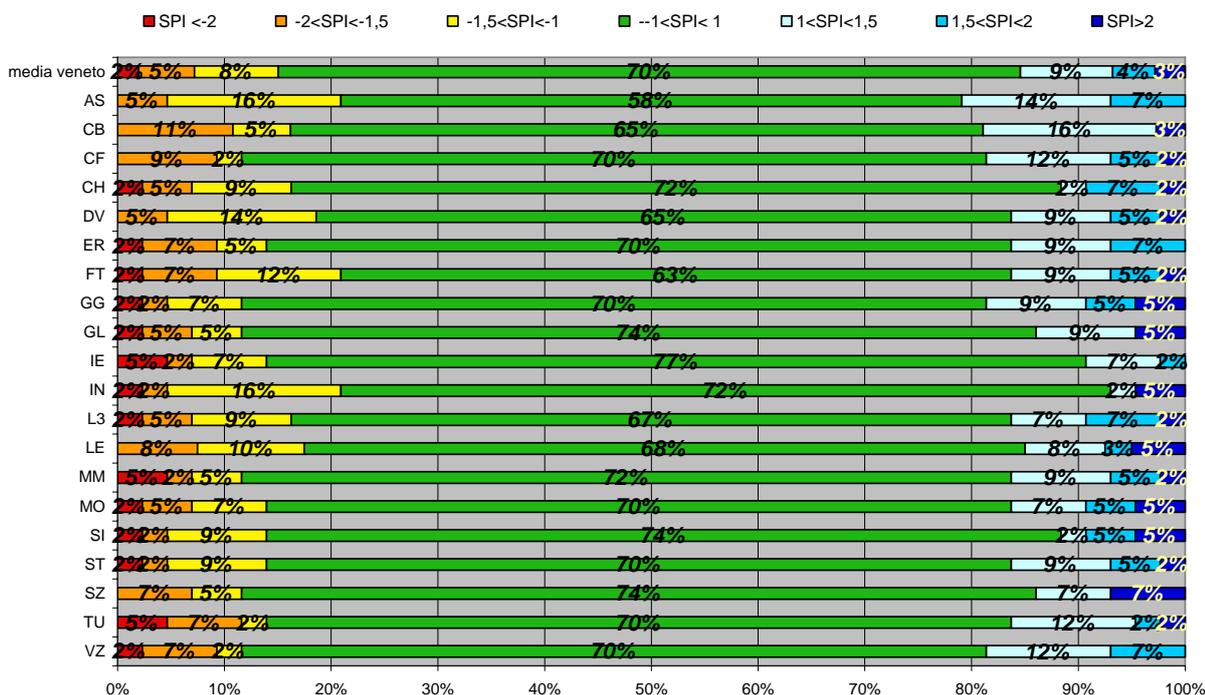
Per ogni stazione, sono stati calcolati i valori di SPI mensile, trimestrale, semestrale, annuale e biennale nel periodo 1961-2004.

Essendo soprattutto interessati a descrivere l'incidenza della siccità nella stagione agraria, si è calcolato lo SPI mensile solo per il mese di luglio e lo SPI trimestrale nei mesi di luglio, agosto e settembre; lo SPI semestrale è stato calcolato durante la stagione invernale e quella estiva.

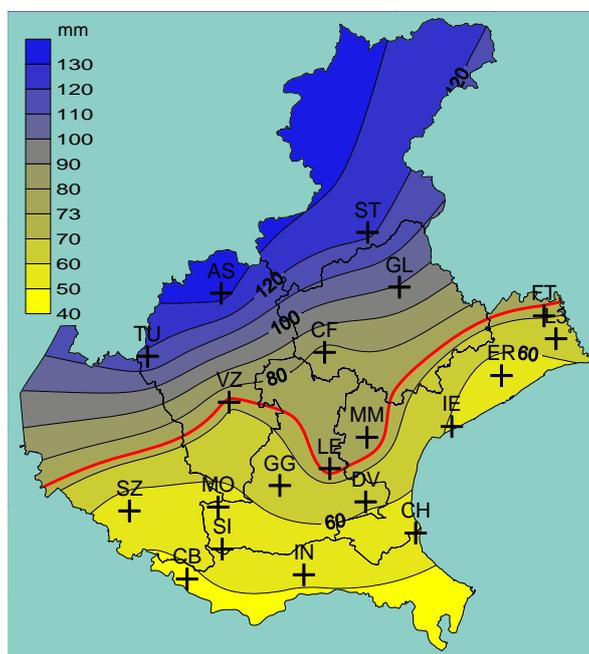
SPI MENSILE DI LUGLIO

In Veneto, nei 43 anni considerati, per i 20 siti monitorati, la frequenza media degli eventi siccitosi, $SPI < -1$ comprendenti quelli moderatamente siccitosi, severamente siccitosi ed estremamente siccitosi, è stata pari al 15%, con frequenze massime del 21% a Fossalta di Portogruaro, Rovigo ed Asiago e frequenze minime degli eventi siccitosi pari al 12% a Mira, Castelfranco, Galzignano, Conegliano, Salizzole e Vicenza (fig. 1).

Un'osservazione più accurata del grafico permette di tener conto anche della gravità degli eventi siccitosi stazione per stazione: ad esempio nella stazione di Asiago il mese di luglio è stato moderatamente siccitoso per il 5% dei casi ($-1 < SPI < -1,49$), e severamente siccitoso nel 16% dei casi ($-1,5 < SPI < -1,99$), mentre non si sono mai verificati casi di siccità estrema con $SPI < -2$. E' bene però notare come ad Asiago i periodi con $SPI > 1$, ovvero quelli moderatamente, severamente ed estremamente umidi sono il 21% dei casi totali. Questo indica che il mese di Luglio ad Asiago è caratterizzato da una piovosità molto variabile di anno in anno; si può affermare che nel mese considerato si sono avuti più frequentemente eventi siccitosi ma anche piovosi. Infatti lo SPI nella norma, compreso tra 1 e -1 , è quello più basso per le 20 stazioni monitorate, e pari al 58% contro una media regionale del 70%.



Graf.1- Frequenza dello SPI mensile di luglio nelle 20 stazioni e nel Veneto (ottenuto come media delle 20 stazioni) dal 1961 al 2003.



**Fig. 17 – Piovosità media nel mese di luglio tra il 1961 e il 2003
Media regionale del Veneto = 73 mm (isolinea rossa)**

SPI<-1

Distribuendo territorialmente i valori di frequenza dell'indice SPI<-1, otteniamo una mappa in grado di indicare le zone soggette con maggiore frequenza ad eventi siccitosi nel periodo 1961-2003 (fig,18). Mediamente nella Regione nei 43 anni considerati, nel mese di luglio, si è avuta una frequenza di eventi siccitosi pari al 15%; quindi in questo periodo 6,5 anni hanno registrato a luglio uno SPI <-1, e quindi ogni 6.7 anni si è avuto un mese di luglio siccitoso.

A Portogruaro, Rovigo ed Asiago gli eventi siccitosi sono avvenuti con una frequenza del 21% nei 43 anni considerati contro una frequenza media regionale del 15% indicata dalla isolina rossa. Questo significa che in queste tre stazioni in 43 anni nel mese di luglio, 9 anni sono stati siccitosi, e che quindi ogni 5 anni circa (fig.19) si è avuto un mese siccitoso.

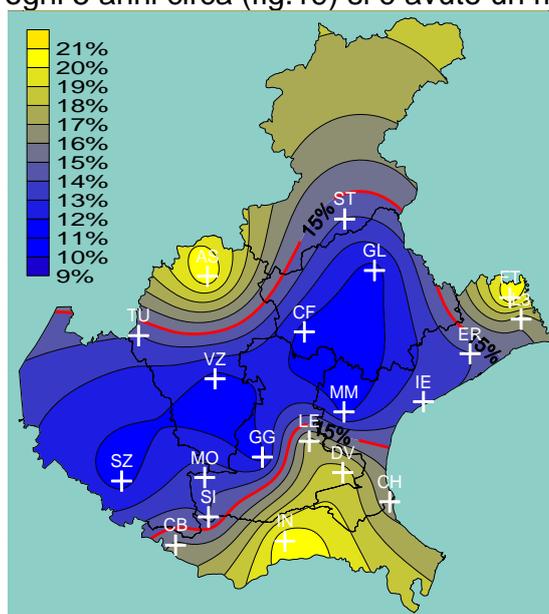


Fig. 18 – Luglio, frequenza dello SPI<-1 nel periodo 1961-2003

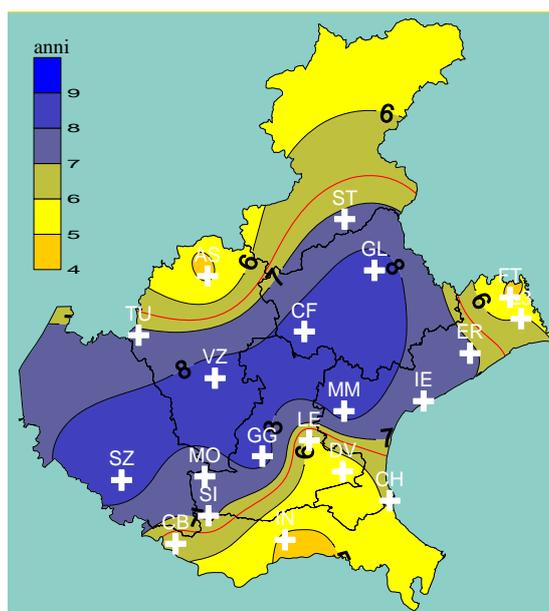


Fig. 19 – Luglio, tempo di ritorno degli eventi siccitosi (SPI><-1) nel periodo 1961-2003

Considerando le zone di maggiore interesse agrario, il mese di luglio in condizioni siccitose si ripropone più frequentemente soprattutto nella parte meridionale della pianura regionale, ed in misura minore nella pianura nord-orientale. E' bene ricordare che lo SPI permette di confrontare stazioni climatologicamente diverse come nel caso di Rovigo e Portogruaro, che nonostante presentino una piovosità media molto diversa tra loro (rispettivamente 51.2 e 70.5 mm medi di pioggia a luglio), registrano un tempo di ritorno ed una frequenza degli eventi siccitosi analoghi.

SPI < -1.5 e SPI < -2

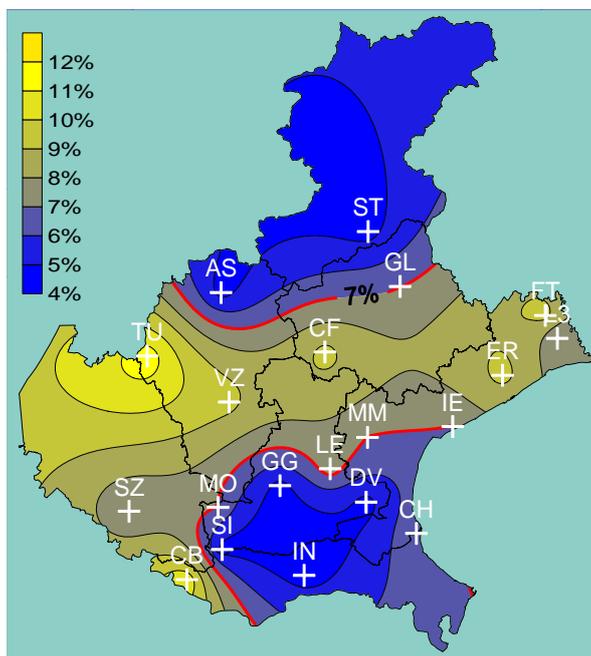


Fig. 20 – Luglio, frequenza dello SPI<-1,5 nel periodo 1961-2003

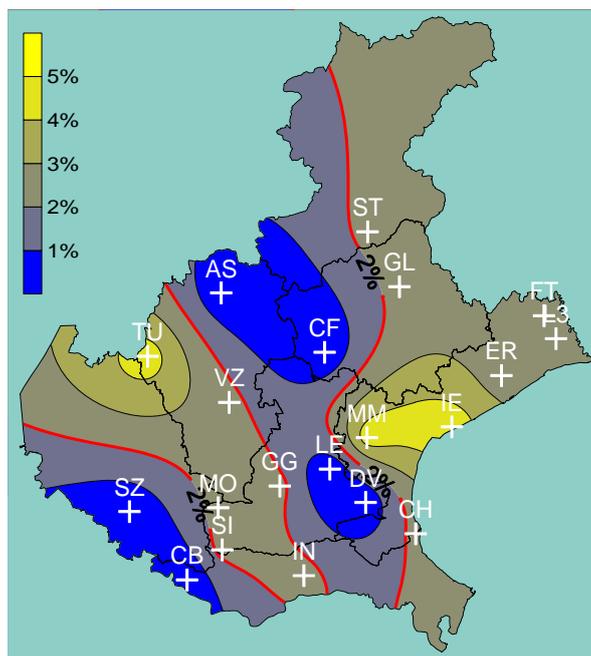


Fig. 21 – Luglio, frequenza dello SPI< -2 nel periodo 1961-2003

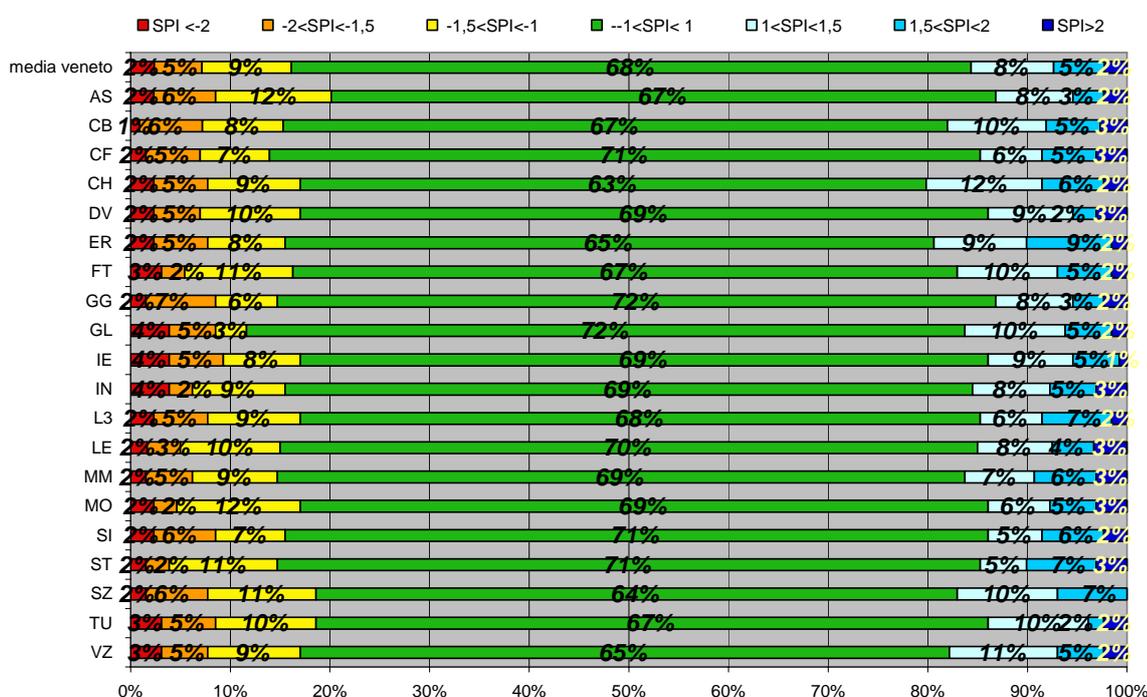
Le cartine, che bene integrano il Graf.1, mettono in evidenza che gli eventi di siccità severi ($-2 < SPI < -1.5$) ed estremi ($SPI < -2$) sono meno frequenti a Rovigo, Asiago e Fossalta che quelli di siccità moderata; inoltre si individuano le località più soggette ad eventi di siccità estrema come ad esempio Mira, lesolo e Turcati.

SPI TRIMESTRALE LUGLIO, AGOSTO, SETTEMBRE

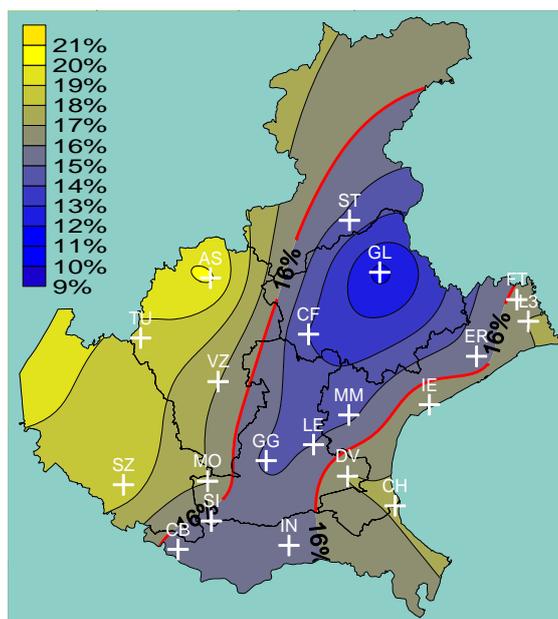
Si ricorda che il calcolo dello SPI trimestrale da luglio a settembre è funzione della piovosità cumulata del periodo maggio-giugno-luglio, del periodo giugno-luglio-agosto, e del periodo luglio-agosto-settembre.

In Veneto, nel quarantennio considerato per i 20 siti monitorati, la frequenza degli eventi siccitosi, SPI < -1 comprendenti eventi moderatamente siccitosi, severamente siccitosi ed estremamente siccitosi, è stata mediamente pari al 16% del totale, con frequenze massime del 20% monitorate ad Asiago, e frequenze minime degli eventi siccitosi pari al 12% monitorati a Conegliano (graf. 2).

Un'osservazione più accurata del grafico permette di tener conto anche della gravità degli eventi siccitosi stazione per stazione. Si può notare che tutte le stazioni presentano eventi estremamente siccitosi a differenza dello SPI mensile.



Graf. 2- Frequenza dello SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre nelle diverse stazioni e nel Veneto dal 1961 al 2003.



**Fig. 22- SPI trimestrale di luglio, di agosto e di settembre
frequenza di SPI < -1 nel periodo 1961-2003**

Le località soggette con maggiore frequenza ad eventi siccitosi per il trimestre luglio-agosto-settembre nei 43 anni considerati (fig. 22), sono Asiago (20%), Turcati e Salizzole (19%), contro una frequenza media regionale del 16% indicata dalla isolinea rossa.

La frequenza dello SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre, viene calcolata tenendo in considerazione il valore di SPI verificatosi in 3 trimestri all'anno (appunto, quello di maggio-giugno-luglio, di giugno-luglio-agosto e di luglio-agosto-settembre), per i 43 anni su cui è stata svolta l'analisi. La frequenza degli eventi siccitosi, con $SPI < -1$, rappresenta quindi la media della frequenza degli eventi siccitosi verificatasi in tutti i 3 trimestri maggio-giugno-luglio, giugno-luglio-agosto e luglio-agosto-settembre.

Se la frequenza media regionale di eventi trimestrali con $SPI < -1$ è del 16%, ciò equivale a dire che, mediamente dei 129 trimestri presenti nei 43 anni, il 16%, ovvero 20,5 trimestri è stato siccitoso. Si può affermare che ogni 6,3 anni si è verificato un trimestre maggio-giugno-luglio con $SPI < -1$, che analogamente il tempo di ritorno dei trimestri giugno-luglio-agosto e luglio-agosto-settembre è di 6,3 anni. Per cui, mediamente, posso affermare che ogni 6,3 anni si presenta un trimestre maggio-giugno-luglio siccitoso, un trimestre giugno-luglio-agosto siccitoso e un trimestre luglio-agosto-settembre siccitoso, ovvero nell'arco di 6,3 anni si verifica che tre trimestri sono siccitosi (fig. 23). Ricordo che può succedere che i tre trimestri che ogni 6,3 anni presentano $SPI < -1$, coincidano; ovvero nell'arco di 6,3 anni il trimestre risultato siccitoso può essere stato per tre volte luglio-agosto-settembre.

Se invece voglio considerare il tempo di ritorno di un "singolo" trimestre siccitoso, il valore medio del tempo di ritorno sarà diviso per tre, dato che il valore del tempo di ritorno a cui si riferisce fig. 23 rappresenta il tempo di ritorno di 3 trimestri siccitosi. Ne risulta un tempo di ritorno medio regionale degli eventi siccitosi, con $SPI < -1$, di circa 2,1 anni. Ciò significa che, mediamente, ogni 2,1 anni, uno dei tre trimestri considerati, maggio-giugno-luglio, giugno-luglio-agosto o luglio-agosto-settembre, è stato siccitoso.

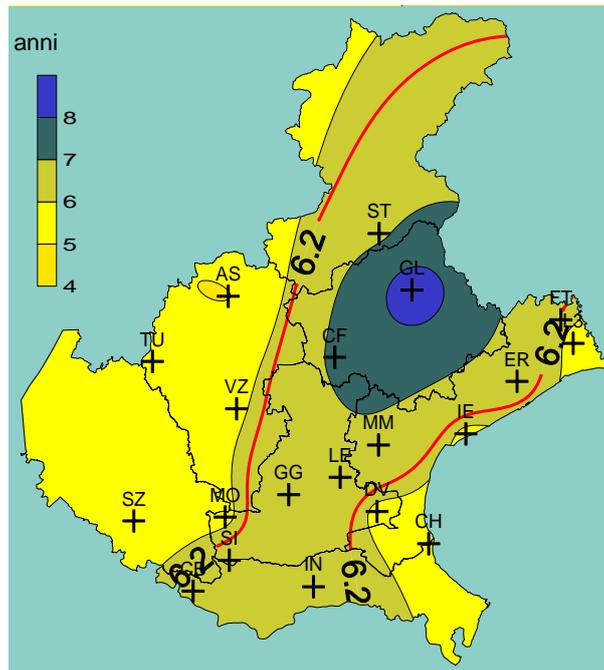


Fig. 23 - SPI trimestrale di luglio, di agosto e di settembre: tempo di ritorno di tre trimestri siccitosi nel periodo 1961-2003

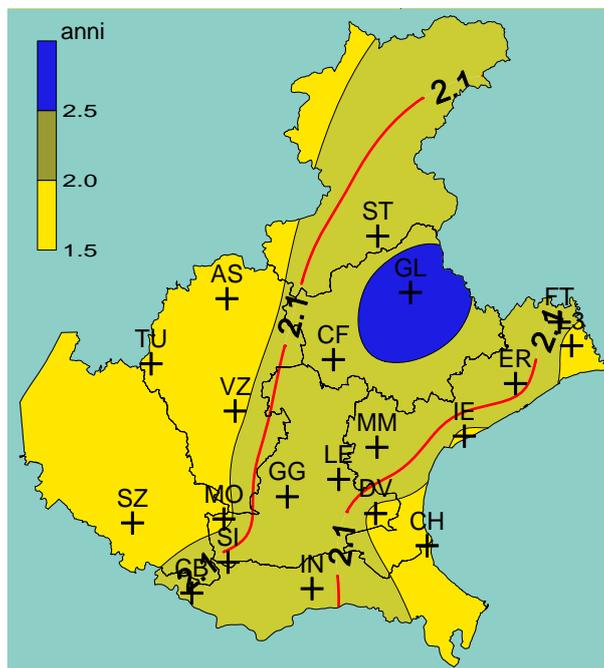


Fig. 24 - SPI trimestrale di luglio, di agosto e di settembre: tempo di ritorno di un trimestre siccitoso nel periodo 1961-2003

Inoltre bisogna ricordare che spesso i trimestri siccitosi non sono fenomeni isolati ma in una stessa annata si susseguono più trimestri siccitosi. Un esempio è dato dalla tab. 3 relativa ai valori di SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre registrati a Salizzole tra il 1961 e il 2003.

| | SPI trimestrale | | SPI trimestrale | | SPI trimestrale |
|--------|-----------------|--------|-----------------|--------|-----------------|
| lug 61 | 0.46 | lug 76 | 0.08 | lug 91 | 0.4 |
| ago 61 | -0.52 | ago 76 | 0.67 | ago 91 | -1.02 |
| set 61 | -0.61 | set 76 | 1.69 | set 91 | -0.77 |
| lug 62 | -0.29 | lug 77 | -0.23 | lug 92 | 0.52 |
| ago 62 | -1.96 | ago 77 | -0.01 | ago 92 | 0.26 |
| set 62 | -1.81 | set 77 | 0.2 | set 92 | 0.29 |
| lug 63 | 1.35 | lug 78 | 0.64 | lug 93 | -1.69 |
| ago 63 | 0.11 | ago 78 | 0.81 | ago 93 | -1.1 |
| set 63 | 0.37 | set 78 | 0.41 | set 93 | 0.19 |
| lug 64 | -0.76 | lug 79 | 0.12 | lug 94 | -1.42 |
| ago 64 | -1.21 | ago 79 | 1.1 | ago 94 | -0.98 |
| set 64 | -1.33 | set 79 | 0.86 | set 94 | 0.58 |
| lug 65 | 1.75 | lug 80 | 1.5 | lug 95 | 1.85 |
| ago 65 | 1.03 | ago 80 | 1.11 | ago 95 | 1.31 |
| set 65 | 0.74 | set 80 | -0.65 | set 95 | 0.09 |
| lug 66 | -1.36 | lug 81 | -0.6 | lug 96 | -0.97 |
| ago 66 | -0.08 | ago 81 | -0.29 | ago 96 | -0.04 |
| set 66 | 1.04 | set 81 | 0.18 | set 96 | 0.56 |
| lug 67 | -0.53 | lug 82 | -2.13 | lug 97 | -0.26 |
| ago 67 | 1.32 | ago 82 | -1.35 | ago 97 | -0.14 |
| set 67 | 1.36 | set 82 | -0.88 | set 97 | -0.58 |
| lug 68 | 1.38 | lug 83 | -1.58 | lug 98 | -0.29 |
| ago 68 | 1.97 | ago 83 | -1.16 | ago 98 | -0.73 |
| set 68 | 0.72 | set 83 | -1.16 | set 98 | 0.27 |
| lug 69 | 0.16 | lug 84 | -0.29 | lug 99 | 0.95 |
| ago 69 | 0.5 | ago 84 | 0.08 | ago 99 | 0.87 |
| set 69 | 0.69 | set 84 | 0.25 | set 99 | 0.7 |
| lug 70 | -0.49 | lug 85 | -0.29 | lug 00 | -0.67 |
| ago 70 | -0.4 | ago 85 | -1.03 | ago 00 | -0.73 |
| set 70 | -0.61 | set 85 | -1.99 | set 00 | -0.31 |
| lug 71 | 0.63 | lug 86 | 0.51 | lug 01 | -0.51 |
| ago 71 | -1.16 | ago 86 | 0.67 | ago 01 | -0.42 |
| set 71 | -1.62 | set 86 | 0.09 | set 01 | 0.53 |
| lug 72 | 1.89 | lug 87 | -0.12 | lug 02 | 0.91 |
| ago 72 | 1.48 | ago 87 | 0.26 | ago 02 | 1.23 |
| set 72 | 0.94 | set 87 | -0.49 | set 02 | 1.62 |
| lug 73 | -0.65 | lug 88 | 0.39 | lug 03 | -1.22 |
| ago 73 | 0.04 | ago 88 | -0.08 | ago 03 | -1.25 |
| set 73 | 0.9 | set 88 | -1.11 | set 03 | -2.14 |
| lug 74 | -0.97 | lug 89 | 1.52 | | |
| ago 74 | -1.53 | ago 89 | 1.98 | | |
| set 74 | -0.26 | set 89 | 1.95 | | |
| lug 75 | 0.77 | lug 90 | -0.49 | | |
| ago 75 | 1.18 | ago 90 | -0.78 | | |
| set 75 | 0.65 | set 90 | -1.51 | | |

Tab. 3 – Andamento dello SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre
SPI<-1, nella stazione di Salizzole.

Il totale dei trimestri siccitosi, con $SPI < -1$, è 24. Mediamente ho avuto una frequenza di eventi siccitosi del 19% (24 trimestri/129 trimestri), che corrisponde ad un tempo di ritorno per tre trimestri siccitosi di 5,4 anni circa, e ad un tempo medio di ritorno di un trimestre siccitoso di 1,8 anni, valore piuttosto elevato.

Come si può notare, le annate in cui si è avuto almeno un trimestre siccitoso sono 14, di cui 6 hanno avuto 2 trimestri siccitosi e 2 (1983 e 2003) tutti e tre i trimestri siccitosi

Se considero solo il numero di anni in cui ho avuto eventi siccitosi (14), indipendentemente dal numero dei trimestri siccitosi verificatisi nell'anno, ho una frequenza del 33% (14 anni siccitosi su 43), che corrisponde ad un tempo di ritorno di un'annata siccitosa (annata in cui si siano verificato almeno un fenomeno di siccità trimestrale dei tre trimestri estivi presi in considerazione) di circa 3 anni.

Tale risultato è empirico ma serve di esempio per *far notare* che i valori rappresentati in fig. 24 sono medi e vanno letti in quanto tali, soprattutto in quanto, come si è detto, spesso i trimestri siccitosi si susseguono, data anche la "sovrapposizione" tra i tre trimestri.

Analizzando separatamente i tre trimestri utilizzati per il calcolo dello SPI trimestrale nella stazione di Salizzole, è interessante notare come il trimestre più frequentemente siccitoso è risultato essere quello di agosto (giugno-luglio-agosto) che si è ripresentato 10 volte con un tempo di ritorno pari a 4.3 anni.

Questo tipo di analisi dettagliata permette di meglio descrivere un evento siccitoso: oltre all'entità della siccità individuata dal valore dello SPI, è infatti utile leggere l'andamento dello SPI mese per mese, confrontando lo SPI alle diverse scale temporali, in modo da avere un'informazione più completa. E' quindi interessante, in aggiunta ai dati medi descritti dai grafici che rappresentano la distribuzione della frequenza delle varie classi di SPI e alle cartine che rappresentano la distribuzione territoriale dello SPI nelle classi siccitose, leggere i dati stazione per stazione, ed analizzare nel dettaglio le situazioni che si discostano dalla norma.

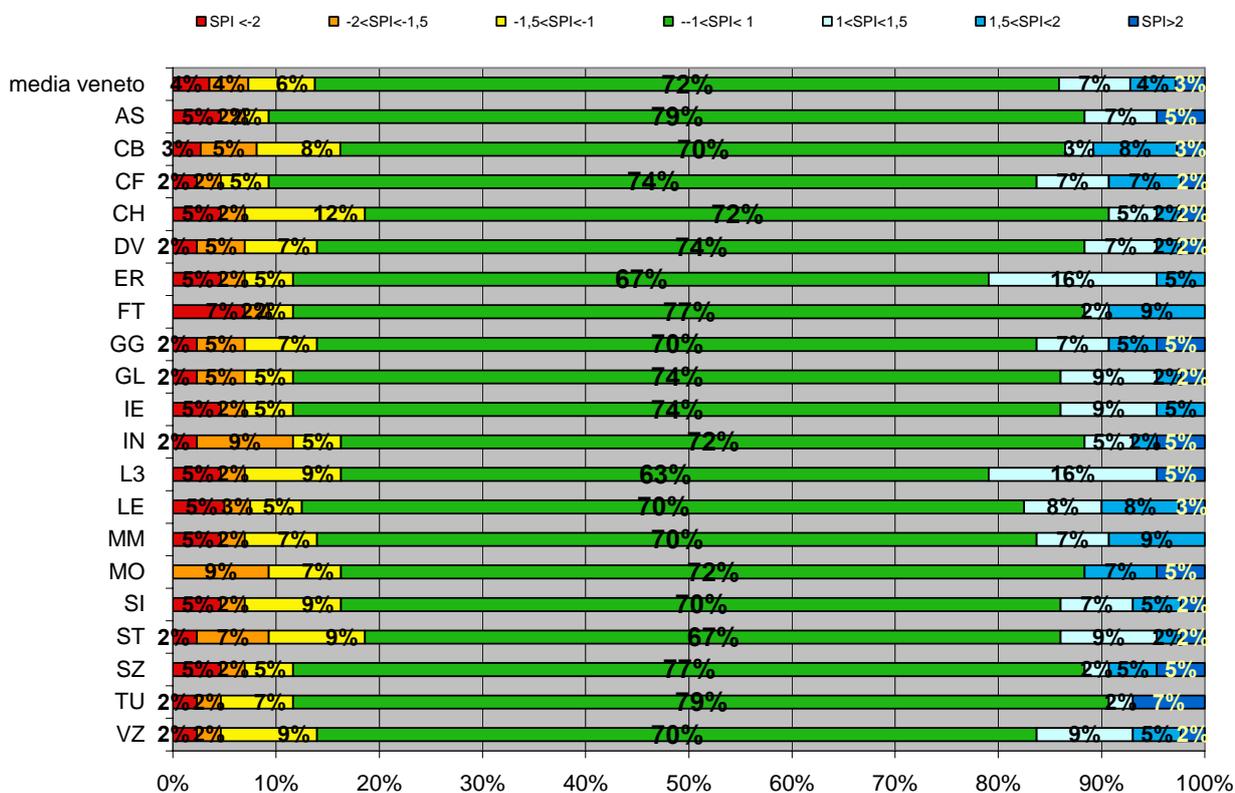
Un esempio a proposito è fornito dalla stazione di Fossalta di Portogruaro: il mese di luglio dell'anno 1986 è stato il più siccitoso nella storia di questa stazione, ma è stato preceduto e seguito da 2 mesi nella norma (giugno ed agosto '86 hanno SPI vicino a zero). Di conseguenza, lo SPI trimestrale di agosto 86 è risultato essere nella norma. Il mese di luglio 2003, caratterizzato da uno SPI poco inferiore alla norma (SPI mensile=-1,04), quando accostato a giugno e agosto, mesi particolarmente siccitosi, determina invece uno SPI trimestrale agosto 2003 molto negativo (-2,68). Bisogna quindi stare attenti nel considerare le diverse scale temporali di SPI, e, se si desidera un'informazione precisa, è sempre utile leggere lo SPI a diverse scale temporali, a seconda dello scopo per il quale si svolge l'analisi.

SPI SEMESTRALE DI MARZO

Si ricorda che lo SPI semestrale di marzo si riferisce alla piovosità cumulata del periodo autunno-invernale di ottobre-marzo.

In Veneto, nei 43 anni considerati, per i 20 siti monitorati, la frequenza media degli eventi siccitosi, SPI<-1 comprendenti quelli moderatamente siccitosi, severamente siccitosi ed estremamente siccitosi, è stata pari al 14%, che corrisponde ad un tempo di ritorno di 7,3 anni. La frequenza massima di eventi siccitosi, pari al 19%, è stata rilevata a Chioggia con un tempo di ritorno di circa 5,4 anni. Gli eventi meno frequenti di siccità si sono avuti ad Asiago e Castelfranco Veneto nel 9% dei casi, con un tempo di ritorno di 10,7 anni (Graf.3).

Un'osservazione più accurata del grafico permette di tener conto anche della gravità degli eventi siccitosi stazione per stazione: ad esempio nella stazione Fossalta il semestre ottobre-marzo è stato estremamente siccitoso per il 7% dei casi (SPI< -2), contro una media regionale del 4%.



Graf. 3- Frequenza dello SPI semestrale di marzo nelle 20 stazioni e nel Veneto dal 1961 al 2004

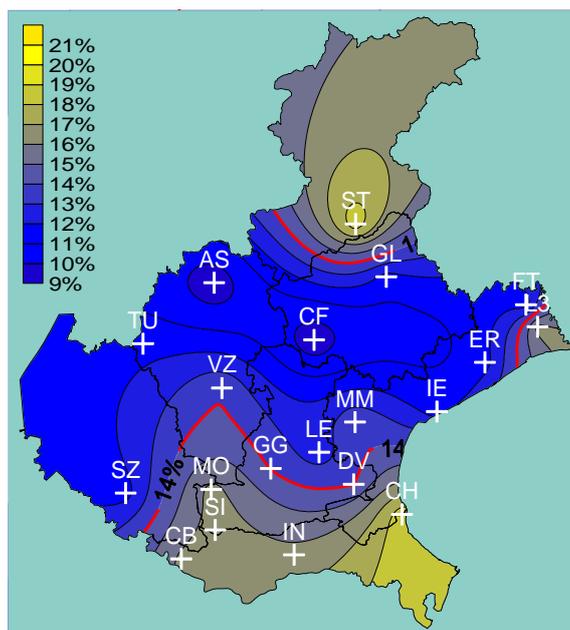


Fig. 25- SPI semestrale di marzo: frequenza di SPI < -1 dal 1961 al 2004

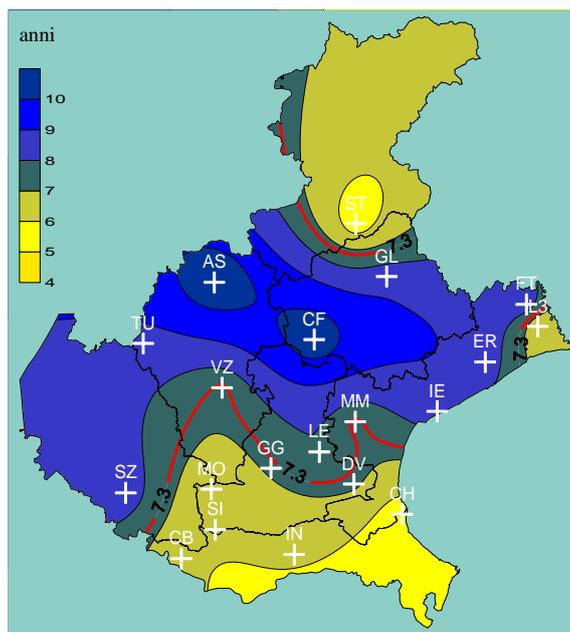


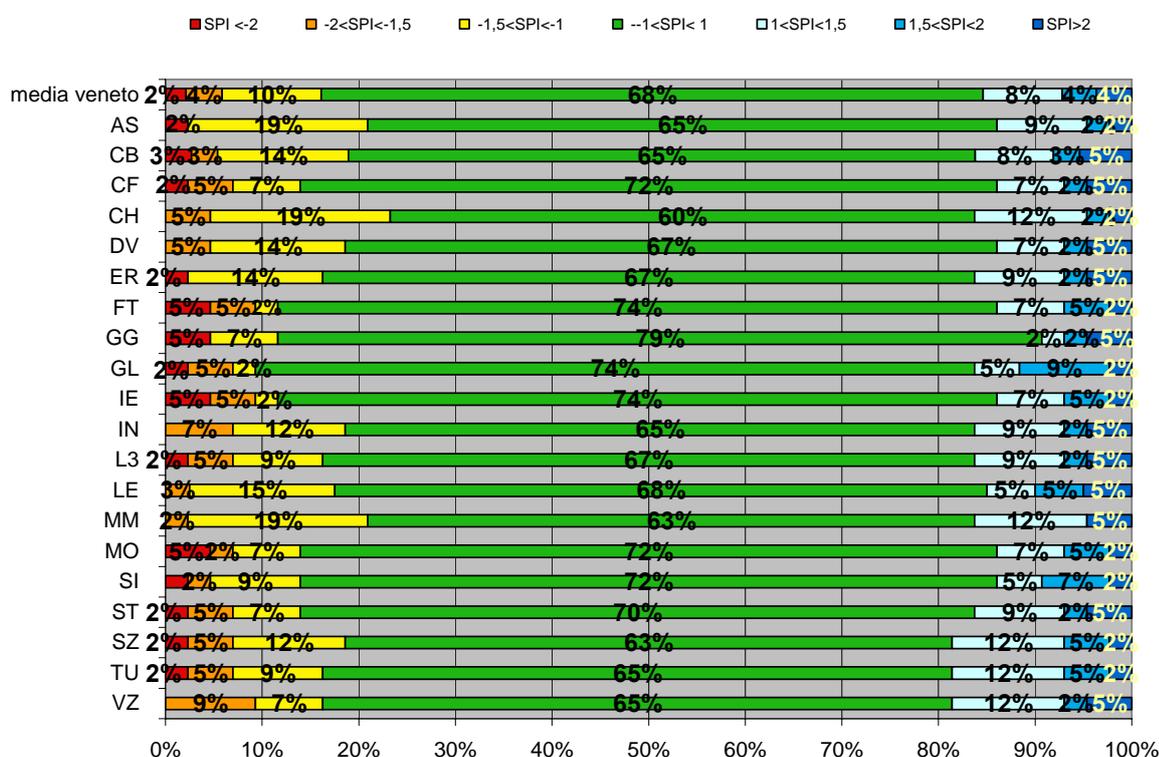
Fig. 26 - SPI semestrale di marzo: tempo di ritorno degli eventi siccitosi nel periodo 1961-2004

Si può notare in Fig. 25 come le zone maggiormente interessate da fenomeni siccitosi semestrali nel periodo considerato siano concentrate nella parte sud-orientale della regione, nel bellunese e a Lugugnana di Portogruaro.

SPI SEMESTRALE DI SETTEMBRE

Si ricorda che lo SPI semestrale di settembre si riferisce alla piovosità cumulata del periodo primaverile-estivo di aprile-settembre.

In Veneto, nei 43 anni considerati, per i 20 siti monitorati, la frequenza media degli eventi siccitosi, SPI<-1 comprendenti quelli moderatamente siccitosi, severamente siccitosi ed estremamente siccitosi, è stata pari al 16%, che corrisponde ad un tempo di ritorno di 6,5 anni. La frequenza massima di eventi siccitosi, pari al 24%, è stata rilevata a Chioggia con un tempo di ritorno di circa 4,3 anni. Gli eventi meno frequenti di siccità si sono avuti a Conegliano nel 10% dei casi, con un tempo di ritorno di 10,8 anni (Graf.4). Un'osservazione più accurata del grafico permette di tener conto anche della gravità degli eventi siccitosi stazione per stazione: ad esempio nella stazione di Mira, Chioggia, e Asiago il semestre di aprile-settembre è stato moderatamente siccitoso per il 19% dei casi (-1.5<SPI<-1), contro una media regionale del 10%.



Graf. 4- Frequenza dello SPI semestrale di settembre nelle 20 stazioni e nel Veneto dal 1961 al 2003.

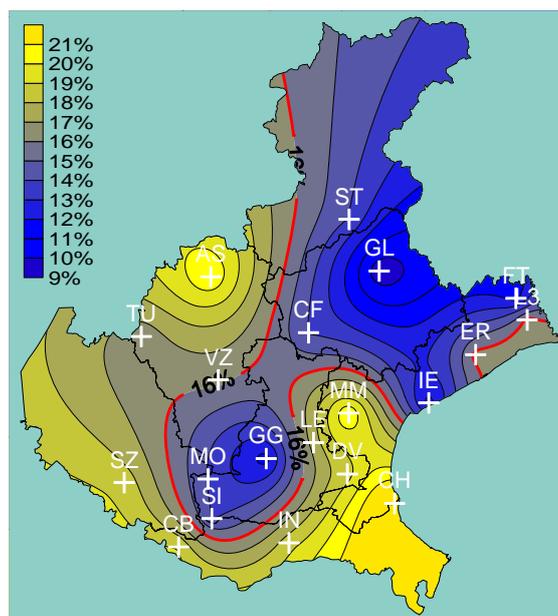


Fig. 27- SPI semestrale di settembre: frequenza di SPI < -1 dal 1961 al 2003

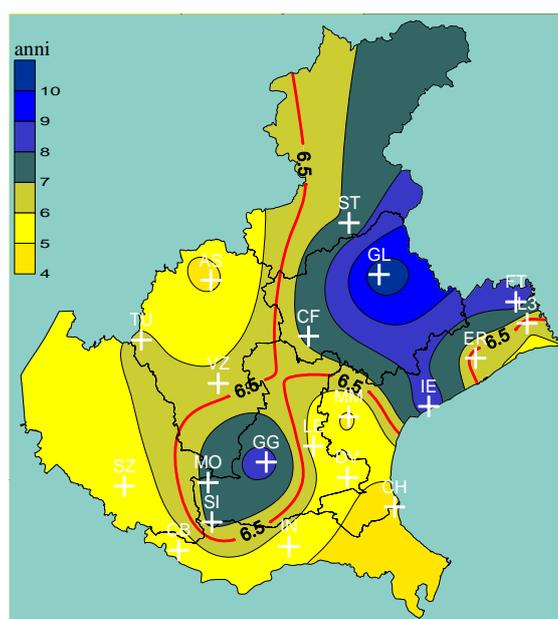


Fig. 28 - SPI semestrale di settembre: tempo di ritorno degli eventi siccitosi nel periodo 1961-2003

Si può notare in fig. 27 come le zone maggiormente interessate da fenomeni siccitosi semestrali nel periodo considerato siano concentrate nella parte centro-orientale e sud-orientale della regione, nell'alto vicentino e in misura più attenuata nel veronese.

Capitolo 4. CONCLUSIONI

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva relativa alla distribuzione media delle diverse classi di SPI nella regione Veneto nel periodo 1961-2004, per le scale temporali ed i periodi considerati (Tab. 4). In particolare è stata evidenziata una frequenza complessiva di eventi siccitosi, descritti dallo $SPI < -1$, abbastanza costante e compresa tra il 14% e il 16%. Analizzando nel dettaglio le diverse classi di SPI, la frequenza degli eventi estremamente siccitosi ($SPI < -2$) è del 2%, eccetto che per lo SPI semestrale di marzo, dove la frequenza sale al 4%. Lo SPI semestrale di marzo ha avuto invece una frequenza di eventi moderatamente siccitosi pari al 6% ed inferiore agli altri SPI considerati. Lo SPI semestrale di settembre è quello che presenta la maggiore frequenza di eventi moderatamente siccitosi con una frequenza pari al 10% degli eventi esaminati.

| | SPI<-2 | -2<SPI<-1,5 | -1,5<SPI<-1 | tot eventi siccitosi (SPI<-1) | -1<SPI<1 | 1<SPI<1,5 | 1,5<SPI<2 | SPI>2 |
|--|--------|-------------|-------------|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-------|
| SPI mensile luglio | 2% | 5% | 8% | 15% | 70% | 9% | 4% | 3% |
| SPI trimestrale luglio, agosto e settembre | 2% | 5% | 9% | 16% | 68% | 8% | 5% | 2% |
| SPI semestrale marzo | 4% | 4% | 6% | 14% | 72% | 7% | 4% | 3% |
| SPI semestrale settembre | 2% | 4% | 10% | 16% | 68% | 8% | 4% | 4% |

Tab. 4 – Frequenza delle diverse classi di SPI nella regione Veneto (media delle 20 stazioni)

Gli stessi valori possono essere espressi anche come tempo di ritorno (Tab.5). Per i valori di SPI considerati, il tempo di ritorno degli eventi "normali" ($-1 < SPI < 1$) è di circa 1,4-1,5 anni; tale valore aumenta considerando sia le classi più siccitose che quelle più umide di SPI. Considerando il totale degli eventi siccitosi ($SPI < -1$), nella regione Veneto mediamente, si ha un tempo di ritorno che va dai 6,2 ai 7,3 anni per i valori di SPI considerati. Il tempo di ritorno degli eventi estremamente siccitosi più basso è, per analogia alla tabella 4, quello relativo allo SPI semestrale di marzo che indica un semestre ottobre-marzo estremamente siccitoso ogni 28 anni circa. Lo SPI semestrale di settembre indica che ogni 10 anni circa, il periodo aprile-settembre risulta essere moderatamente siccitoso.

| | SPI<-2 | -2<SPI<-1,5 | -1,5<SPI<-1 | tot eventi siccitosi (SPI<-1) | -1<SPI<1 | 1<SPI<1,5 | 1,5<SPI<2 | SPI>2 |
|--|--------|-------------|-------------|-------------------------------|----------|-----------|-----------|-------|
| SPI mensile luglio | 50.6 | 19.2 | 12.7 | 6.6 | 1.4 | 11.6 | 25.2 | 35.4 |
| SPI trimestrale luglio, agosto e settembre | 42.1 | 20.9 | 11.2 | 6.2 | 1.5 | 12.1 | 19.6 | 43.9 |
| SPI semestrale marzo | 28.4 | 26.5 | 15.5 | 7.3 | 1.4 | 14.5 | 22.8 | 35.5 |
| SPI semestrale settembre | 47.4 | 26.7 | 9.7 | 6.2 | 1.5 | 12.2 | 28.4 | 27.3 |

Tab. 5 – Tempo di ritorno per le diverse classi di SPI nella regione Veneto (media delle 20 stazioni)

Se analizziamo lo SPI trimestrale di luglio agosto e settembre, ricordando che esso è calcolato sui tre trimestri maggio-giugno-luglio, giugno-luglio-agosto, e luglio-agosto-settembre, e sviscerando l'informazione in esso contenuta relativamente allo $SPI < -1$, possiamo concludere che ogni 6.2 anni i tre trimestri risultano essere "siccitosi" (Tab.5), e che quindi ogni 2.1 anni mediamente si può verificare uno dei tre trimestri siccitoso (Tab. 6).

| | SPI<-2 | -2<SPI<-1,5 | -1,5<SPI<-1 | tot eventi siccitosi (SPI<-1) | -1<SPI<-1 | 1<SPI<1,5 | 1,5<SPI<2 | SPI>2 |
|--|--------|-------------|-------------|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|-------|
| SPI trimestrale luglio, agosto e settembre | 14.0 | 7.0 | 3.7 | 2.1 | 0.5 | 4.0 | 6.5 | 14.6 |

Tab. 6 – Tempo di ritorno di un singolo trimestre siccitoso tra quelli di maggio-giugno-luglio, giugno-luglio-agosto, e luglio-agosto- settembre

In fig. 15 si riportano in piccolo le mappe relative alla distribuzione territoriale della frequenza di SPI < -1 nel Veneto descritte sopra (fig.18, fig. 22, fig. 25 e fig. 27) in modo da permettere alcune osservazioni globali sulla distribuzione dei fenomeni siccitosi (considerando il totale degli eventi moderatamente, severamente ed estremamente siccitosi) per la regione Veneto.

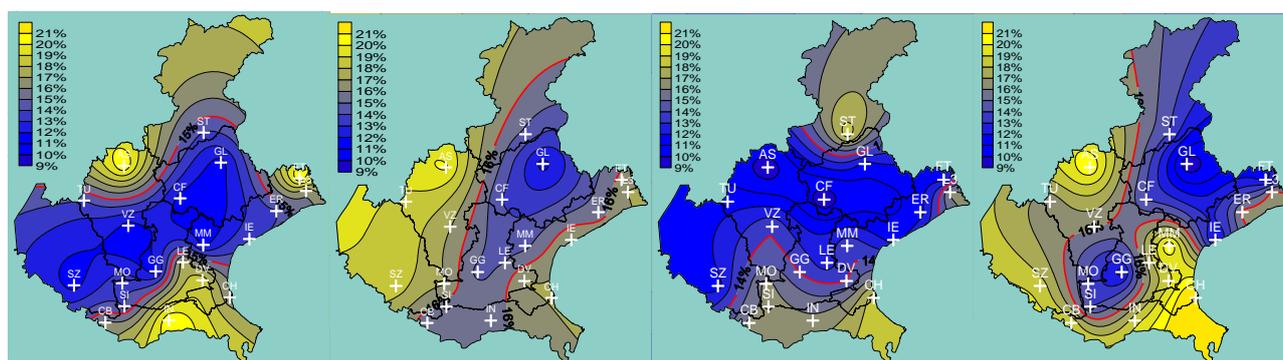


Fig. 29 – Frequenza SPI <-1 nella Regione Veneto (da sinistra: SPI mensile di luglio; SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre; SPI semestrale di marzo; SPI semestrale di settembre)

Come possiamo notare si evidenziano tre zone più frequentemente soggette a fenomeni siccitosi in corrispondenza delle stazioni di Asiago, Chioggia e Rovigo. Ricordando che lo SPI permette l'analisi dei fenomeni siccitosi ed il confronto di stazioni climatologicamente diverse come Asiago e Chioggia (piovosità media annua di 1445 mm ad Asiago, 711 mm a Chioggia nel periodo 1961-2004), possiamo dedurre che la stazione di Chioggia è caratterizzata da un'alta frequenza di eventi siccitosi per tutti gli SPI presi in considerazione (SPI mensile di luglio, SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre, SPI semestrale di marzo e di settembre). La stazione di Asiago invece presenta un'elevata frequenza di fenomeni siccitosi solo per gli SPI che si riferiscono ai mesi estivi considerati (SPI mensile di luglio, SPI trimestrale di luglio, agosto e settembre, SPI semestrale di settembre), mentre lo SPI semestrale invernale di marzo ha una frequenza dello SPI<-1, tra le più basse della regione.

Conegliano e Castelfranco Veneto invece sono caratterizzate da una frequenza di eventi siccitosi piuttosto bassa e sempre inferiore alla media regionale per tutti gli SPI, per cui si può affermare che la zona centro-settentrionale della regione è caratterizzata da una bassa frequenza di eventi siccitosi.

Questo studio preliminare dell'indice SPI ha voluto considerare un lungo periodo di 43 anni ed i dati storici utilizzabili in 20 stazioni. Sarà interessante utilizzare il numero più importante di stazioni disponibili dal 1994 per effettuare un'analisi simile, con la possibilità di confrontare i dati e verificare eventuali convergenze. Inoltre sarà oggetto di studio la realizzazione di un sistema informativo in tempo reale disponibile anche sul web, in grado di descrivere l'andamento della siccità nella stagione utilizzando le scale temporali e le diverse classi di SPI, per cercare di integrare altri indici agrometeorologici e potere così descrivere in maniera più approfondita l'andamento agroclimatico di diversi periodi dell'anno.

BIBLIOGRAFIA

- (1): M. Sciortino, F. Giordano: "La vulnerabilità della Sicilia alla desertificazione". Congresso Regionale "Sicilia a Rischio". Agrigento 13-16 Settembre 2001
- (2): McKee, T., N. Doesken, and J. Kleist. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. 8th Conference on Applied Climatology, January 17–22, 1993, Anaheim, California, Amer. Meteor. Soc., 179-184.
- (3): F. Giordano: "Gli indici climatici nel progetto DesertNet": FESR-Fondo Europeo di Sviluppo Regionale per contribuire a ridurre il divario tra i livelli di sviluppo delle varie regioni e il ritardo delle regioni meno favorite. PROGRAMMA EUROPEO INTERREG III MEDOCC. Bologna, 15 Settembre 2004
- (4): A. Morgillo, A. Brunetti, L. Salvati. 2002. "La siccità in Italia: spunti di discussione sul clima, sugli aspetti pedoclimatici e sul bilancio idrico". Convegno AIAM 2002, "L'Agrometeorologia nel Mediterraneo", 6-7 giugno 2002 Acireale.
- (5): Thom, H.C.S., 1966: Some Methods of Climatological Analysis. WMO Technical Number N° 8, 81 16-22.
- (6): Annali del MAV, Ufficio Mareografico e Idrografico delle Venezie.