



Serie storiche e geostatistica per lo studio dei rischi e delle risorse naturali in Italia meridionale

Polemio M.
CNR - IRPI



1

Chi siamo?

IRPI (ISTITUTO DI RICERCA PER LA PROTEZIONE IDROGEOLOGICA)



•L'IRPI è organizzato in 5 sedi distribuite nel territorio nazionale, ognuna delle quali ha maturato particolari competenze nei temi propri della salvaguardia del territorio dai rischi naturali, idrogeologici, spesso dovuti a piene o frane nonché connessi alla tutela delle risorse naturali, quali quelle idriche

2

Di cosa si occupa il gruppo di ricerca IRPI di Idrogeologia

1. Chi siamo e di cosa ci occupiamo

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

3

Descrizione dei dati termopluviometrici utilizzati

- Sono state selezionate 124 stazioni di misura
- Dati annuali di pioggia rilevati dal 1821 al 2005 (Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale) anche se
 - le principali elaborazioni sono riferite al 1921-2001, chiamato **Periodo di Studio (PS)**, nel quale i dati mancanti sono trascurabili
 - successivamente, i risultati sono stati progressivamente aggiornati con scostamenti contenuti

2. Come cambia il clima al sud

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

4

Mappa delle stazioni termopluviometriche

**STAZIONI DI MISURA:
ANNO DI ATTIVAZIONE**

● PRIMA DEL 1900 ● DAL 1900 AL 1925



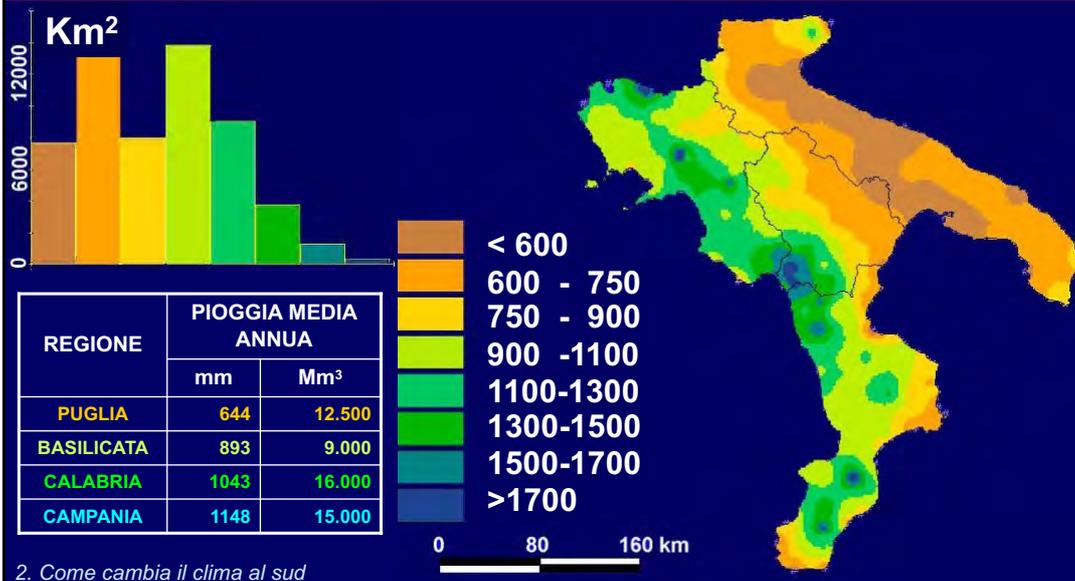
AREA DI STUDIO

REGIONE	STAZIONI
Puglia	26
Basilicata	20
Calabria	40
Campania	40

2. Come cambia il clima al sud

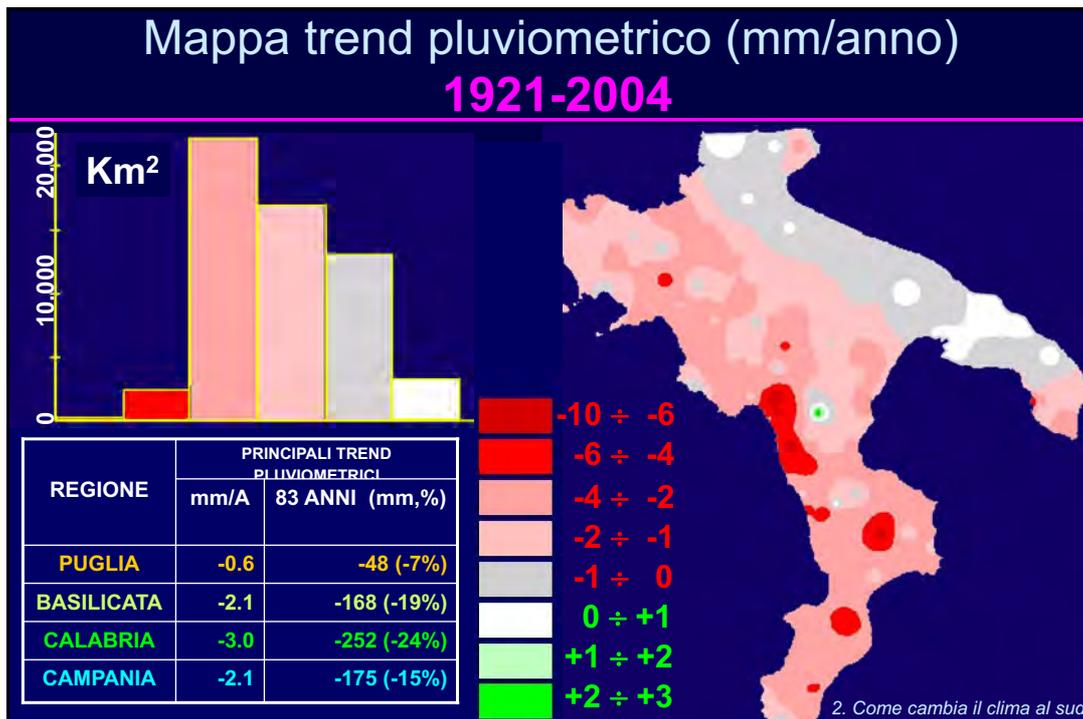
5

Mappa della piovosità media (1921-2001,mm)

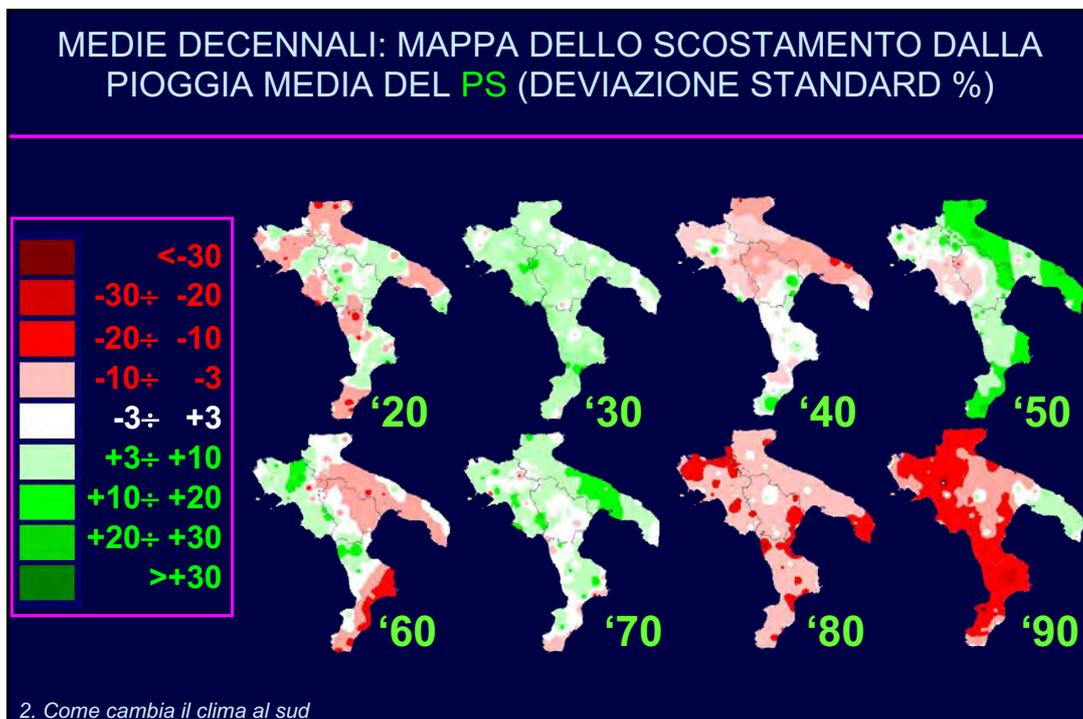


2. Come cambia il clima al sud

6



7

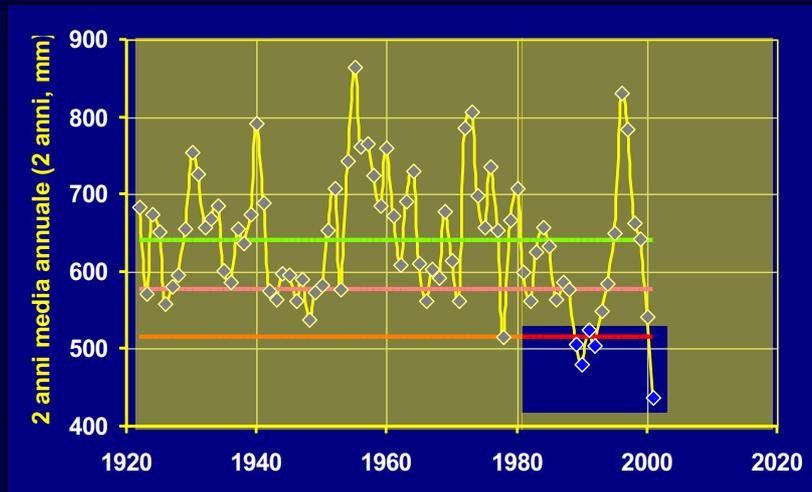


8

Medie Mobili 2-anni (2-MM) Puglia



2. Come cambia il clima al sud



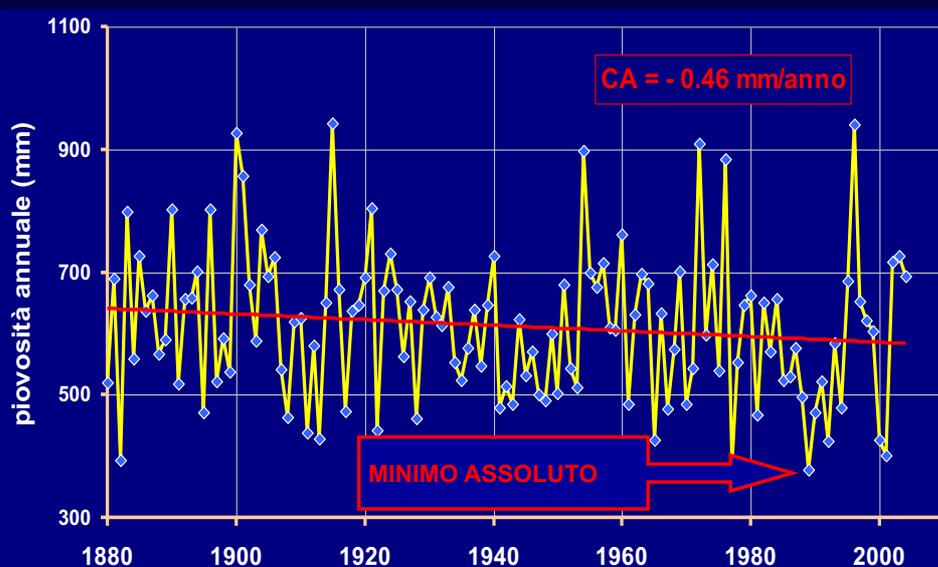
— media — 25° percentile — 5° percentile

9

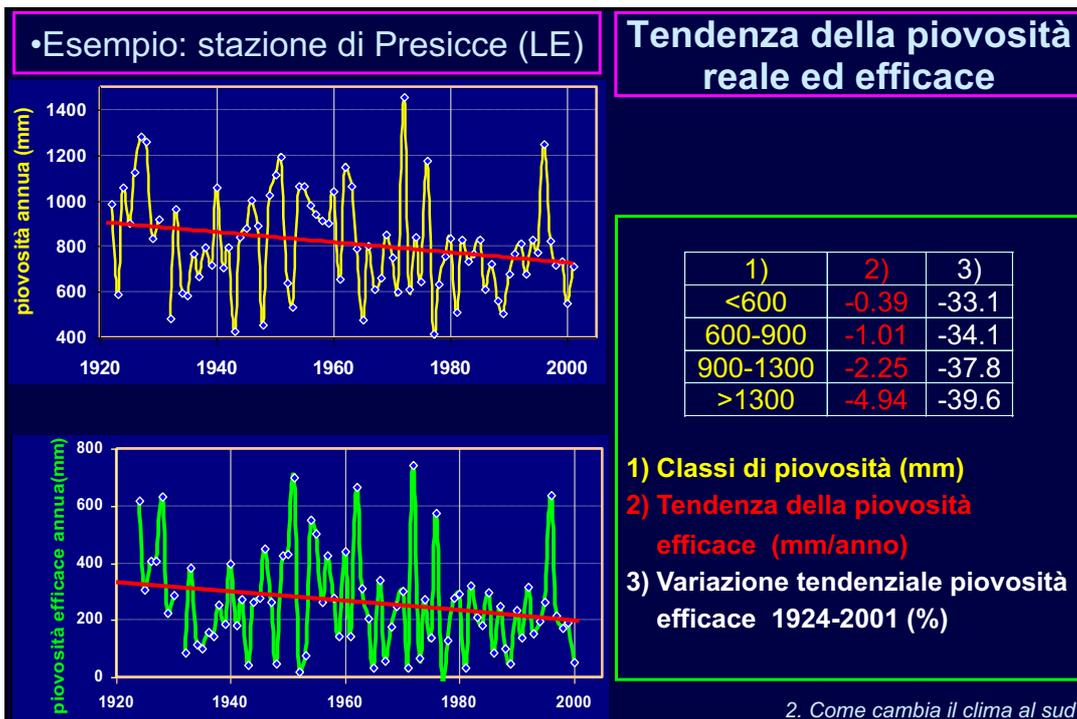
Puglia: piovosità annuale 1880-2004



2. Come cambia il clima al sud



10



11

Principali lavori pubblicati sul tema di questa sezione



Casarano, D., Dragone, V., & Polemio, M. (2019). Groundwater resources at salinisation risk: Effects of climate and utilisation changes in the case of Apulian coastal aquifers (Southeastern Italy). *Acque Sotterranee - Italian Journal of Groundwater*, 8(1), 53–57. <https://doi.org/10.7343/as-2019-374>.

Ducci, D., & Polemio, M. (2017). Quantitative Impact of Climate Variations on Groundwater in Southern Italy. In M. Calvache, C. Duque, & Pulido-Velazquez D (A c. Di), *Groundwater and Global Change in the Western Mediterranean Area* (pagg. 101–107). Springer, Cham. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-69356-9_12.

Polemio, M., & Casarano, D. (2008). Climate change, drought and groundwater availability in southern Italy. *Geological Society Special Publication*, 288, 39–51. <https://doi.org/10.1144/SP288.4>

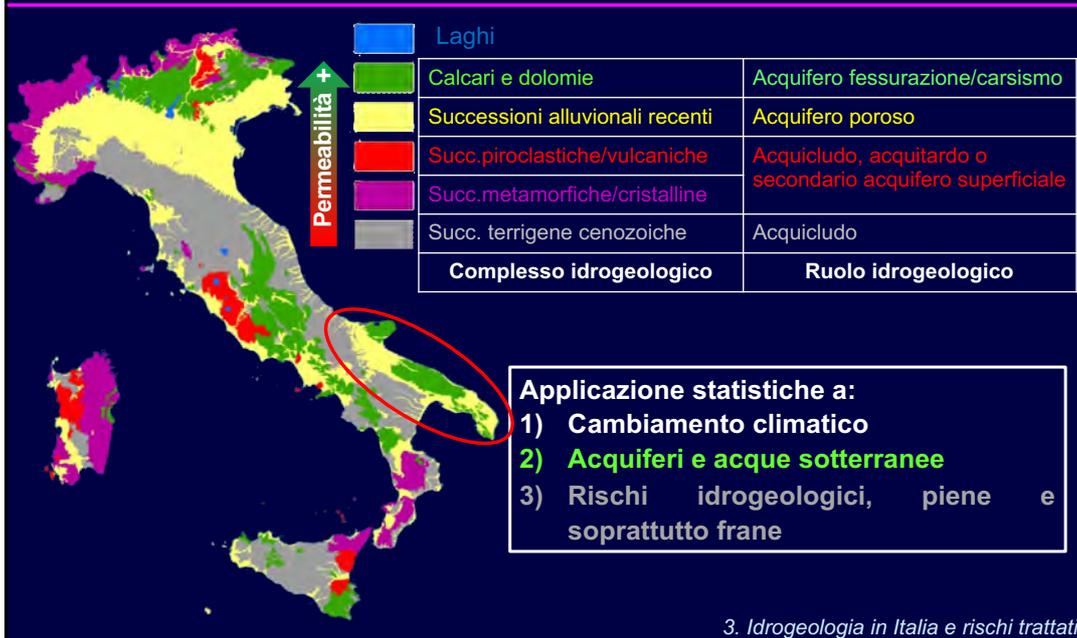
Polemio, M., & Casarano, D. (2004). Rainfall and drought in southern Italy (1821–2001). In J. C. Rodda & L. Ubertini (A c. Di), *The Basis of Civilization—Water Science?* (Vol. 286, pagg. 217–227). IAHS. http://iahs.info/uploads/dms/iahs_286_0217.pdf.

2. Come cambia il clima al sud

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

12

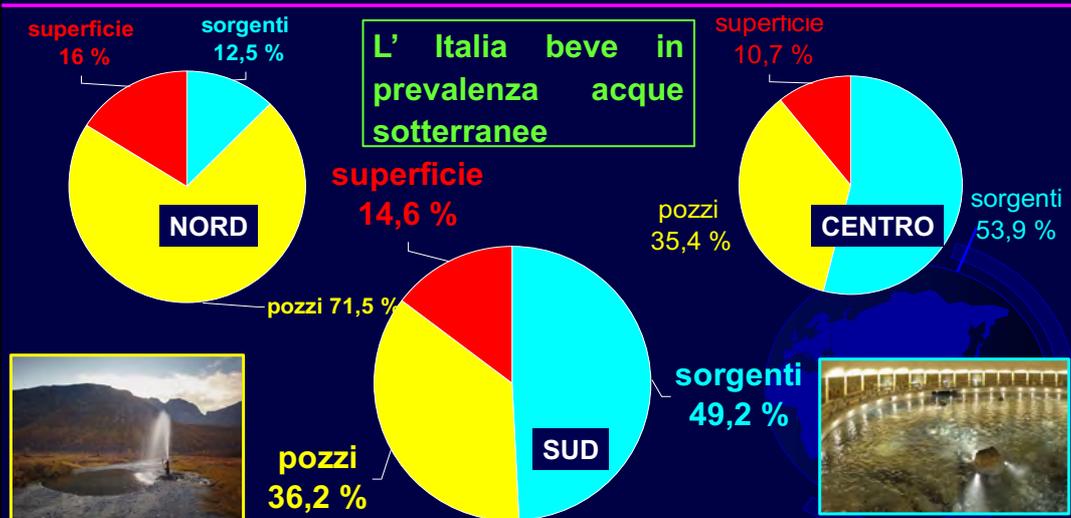
Carta idrogeologica schematica d'Italia



13

Italia: uso potabile da pozzi, sorgenti e acque superficiali

(dati ISTAT, 1999)

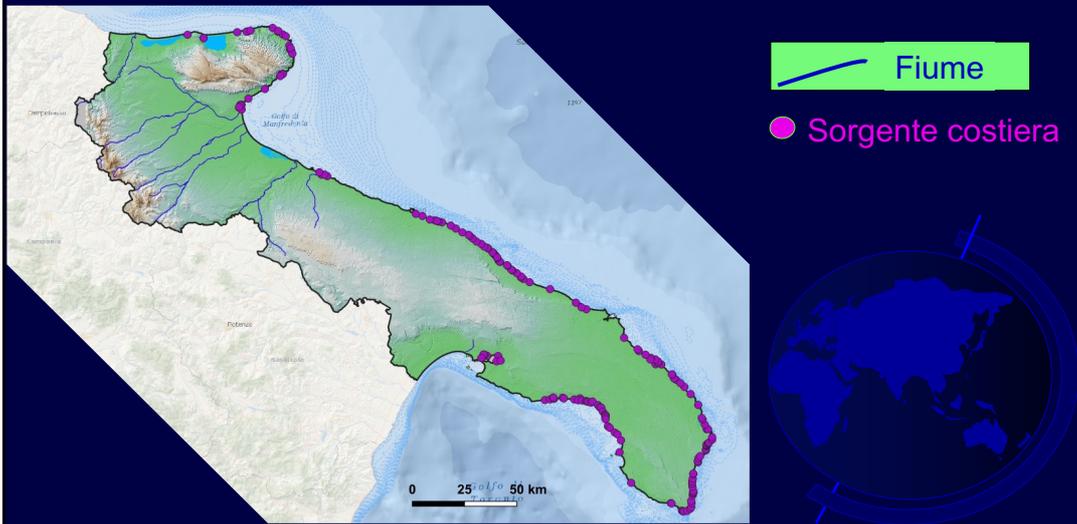


4. L'importanza delle acque sotterranee

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

14

Sorgenti e fiumi in Puglia



4.1 L'importanza delle acque sotterranee in Puglia

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

15

Carta e sezione idrogeologica schematica della Puglia



16

Principali lavori pubblicati sul tema di questa sezione

Polemio, M. (2016). Monitoring and Management of Karstic Coastal Groundwater in a Changing Environment (Southern Italy): A Review of a Regional Experience. *Water*, 8 (4)(148), 1–16. <https://doi.org/10.3390/w8040148>

Polemio, M., Dragone, V., & Romanazzi, A. (2013). La risorsa idrica. Sfruttamento, depauperamento dei serbatoi sotterranei e utilizzo razionale nel caso della Calabria. In F. Dramis & A. Mottana (A c. Di), *L'acqua in Calabria: Risorsa o problema?* (pagg. 2–29). Aracne. <https://doi.org/10.4399/97888548613812>

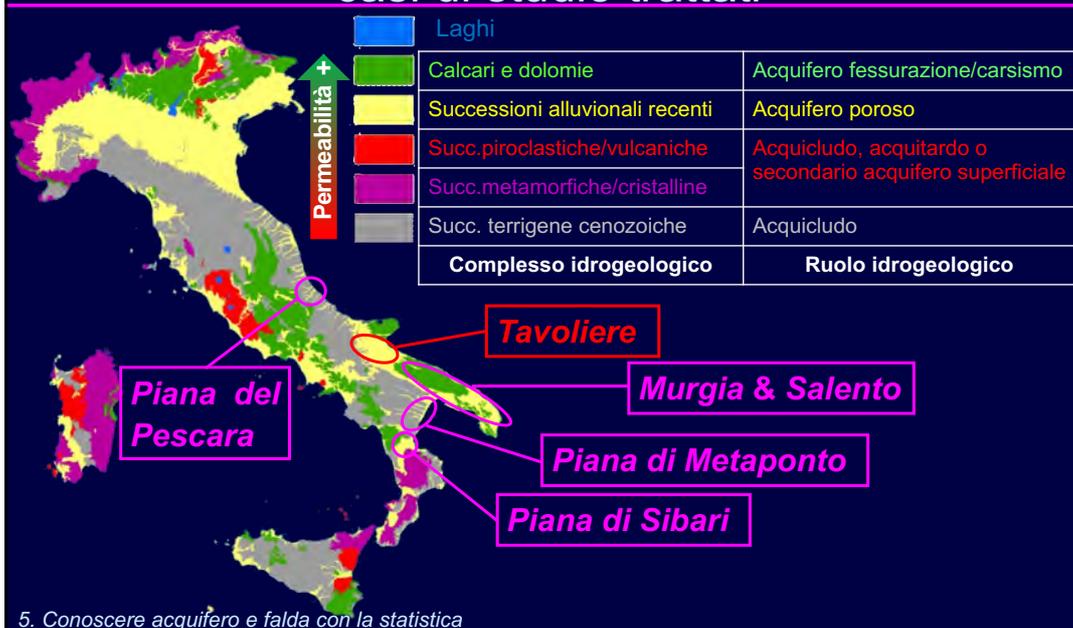


4. L'importanza delle acque sotterranee

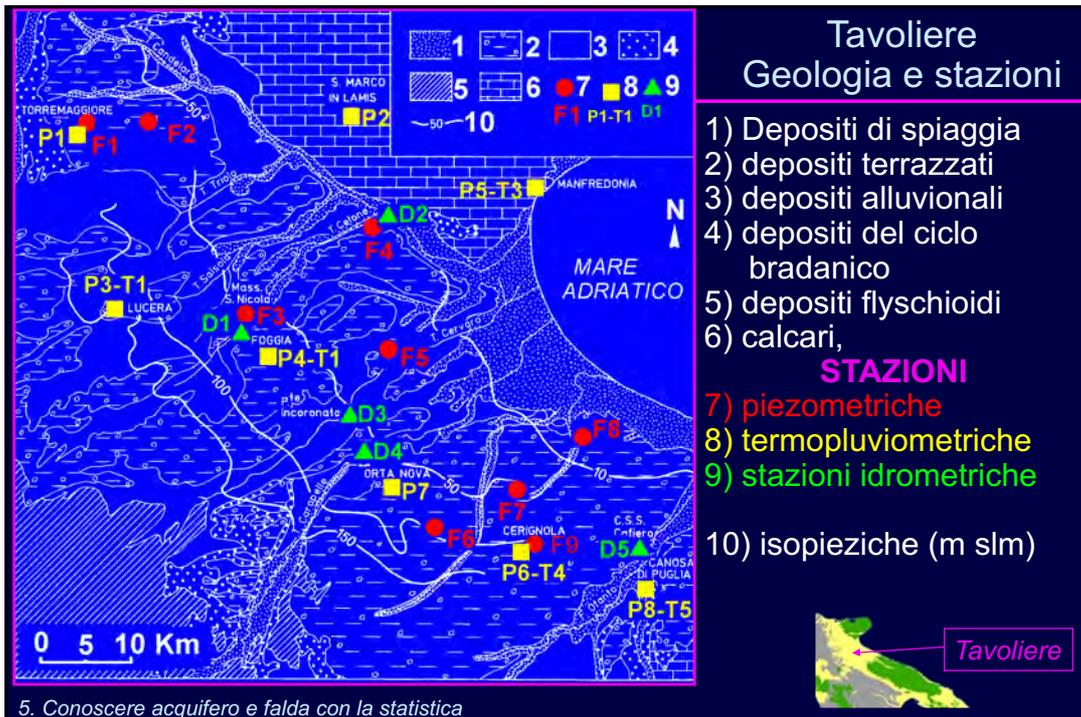
CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

17

Acquiferi, falde e serie storiche: casi di studio trattati



18



19

Lo studio delle serie storiche idro-climatiche: metodi usati

- Trend
 - validati con Mann-Kendall, quantificati con coef. angolare della retta di regressione
- Autocorrelazione
 - ciascuna serie si confronta con se stessa, con ritardo crescente
- Cross-correlazione
 - serie piezometrica in correlazione con le serie termopluviometriche e idrometriche idrogeologicamente significative, con ritardo variabile
- Componenti e analisi spettrale
 - serie scomposte in 4 componenti: trend, stagionale, ciclica e accidentale o irregolare., mediante Analisi spettrale della serie ciclo-accidentale (studio della densità spettrale)

5. Conoscere acquifero e falda con la statistica

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

20

Trend piezometrico, termopluviometrico e di deflusso fluviale

- Trend piezometrici generalmente decrescenti nel tempo (max 20 m in 50 anni nel Tavoliere)
- Trend pluviometrico leggermente decrescente
- Trend termometrico ovunque positivo o crescente
- Trend del deflusso fluviale fortemente negativo



Le 9 stazioni piezometriche del Tavoliere

4 POZZI IN AREA URBANA

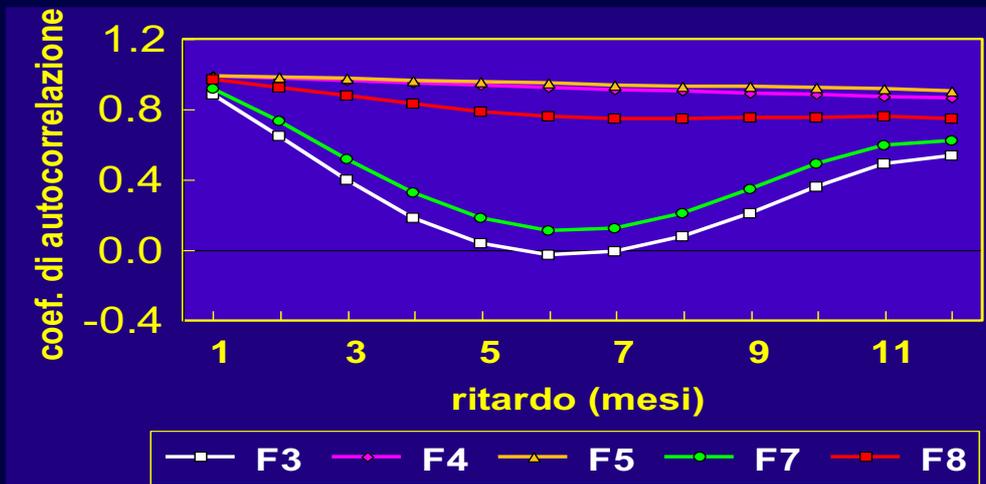
- falda idrica freatica
- regime piezometrico irregolare
- massima escursione piezometrica mensile contenuta

5 POZZI IN AREA AGRICOLA

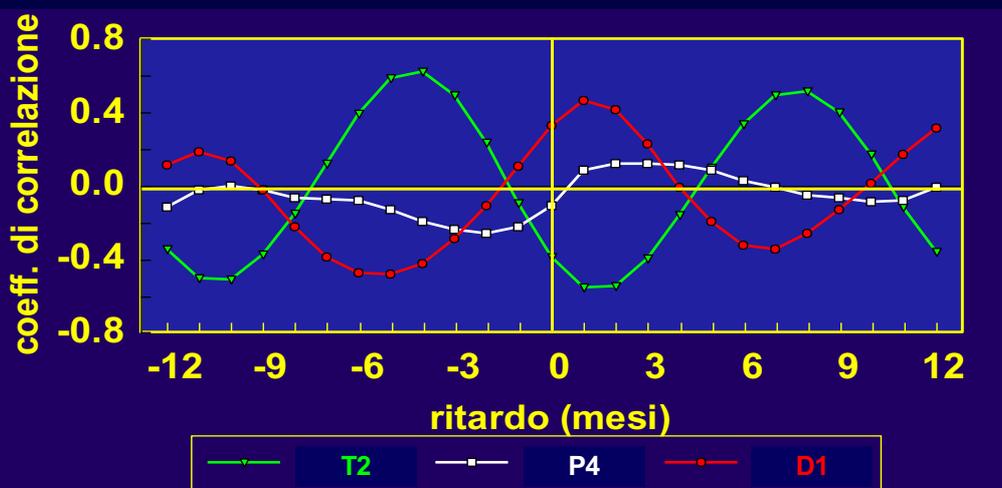
- falda idrica in pressione
- regime piezometrico regolare
- massima escursione piezometrica mensile elevata



Correlogramma della quota piezometrica dei pozzi in area agricola



Cross-correlazione: piezometria, piovosità, deflussi e temperatura (pozzo f3, area agricola)



Cross-correlazione

4 POZZI IN AREA URBANA

- debole influenza del deflusso fluviale sulla piezometria
- maggiore influenza deflussi fluviale rispetto piogge
- **piezometria poco correlata con le variabili naturali**

5 POZZI IN AREA AGRICOLA

- maggiore influenza deflussi fluviali rispetto piogge
- rapidità della risposta piezometrica al deflusso superficiale e alla piovosità in relazione alla soggiacenza
- **buona correlazione negativa con la temperatura**

ANALISI SPETTRALE

4 POZZI IN AREA URBANA

- numerosi picchi di densità spettrale comportano che la componente accidentale sia del tutto casuale e imputabile all'influenza antropica
- forte condizionamento nel campo delle alte frequenze

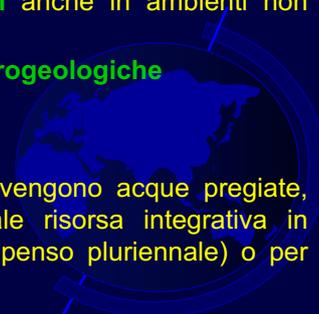
5 POZZI IN AREA AGRICOLA

- componente semestrale prevalente conferma il ruolo dell'alternarsi delle stagioni umide e secche anche nella componente accidentale
- maggiore influenza nel campo delle basse frequenze => buona capacità modulatore dell'acquifero

Conclusioni aspetti metodologici e gestionali

- Le metodologie di studio delle serie storiche sviluppate sviluppano **a basso costo**, valorizzando le banche-dati esistenti, conoscenze sui caratteri tendenziali del degrado qualitativo delle RIS
- analisi facilmente **aggiornabili** nel tempo, a seguito di acquisizione di nuovi dati
- l'approccio fornisce strumenti per **procedure di gestione** delle RIS
- le procedure statistiche risultano **facilmente replicabili** anche in ambienti non scientifici
- le procedure statistiche forniscono **nuove conoscenze idrogeologiche**

- necessità di una **migliore politica gestionale** delle RIS
- gli acquiferi studiati, almeno nelle porzioni in cui si rinvenivano acque pregiate, potrebbero costituire **riserve idrica** da utilizzare quale risorsa integrativa in condizioni di emergenza ambientale (siccità, come compenso pluriennale) o per inquinamento



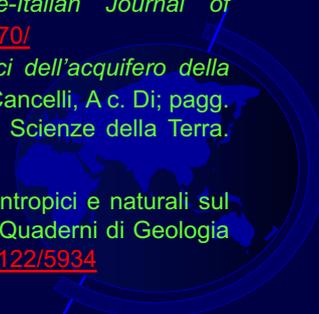
Principali lavori pubblicati sul tema di questa sezione

Chiaudani, A., Di Curzio, D., Palmucci, W., Pasculli, A., Polemio, M., & Rusi, S. (2017). Statistical and Fractal Approaches on Long Time-Series to Surface-Water/Groundwater Relationship Assessment: A Central Italy Alluvial Plain Case Study. *Water*, 9(11), 28. <https://doi.org/10.3390/w9110850>

Polemio, M., Dragone, V., Limoni, P. P., Mitolo, D., & Santaloia, F. (2003). Caratterizzazione idrogeologica della piana di Metaponto, qualità e rischi di degrado delle acque sotterranee. *Acque Sotterranee-Italian Journal of Groundwater*, 83(83), 35–49. <http://eprints.bice.rm.cnr.it/19070/>

Polemio, M., & Ricchetti, E. (1991). *Caratteri idrogeologici dell'acquifero della piana costiera di Metaponto (Basilicata): Vol. Suppl. 93* (A. Cancelli, A. c. Di; pagg. 417–426). Università degli studi di Milano, Dipartimento di Scienze della Terra. <http://www.earth-prints.org/handle/2122/5980>

Polemio, M., Dragone, V., & Di Cagno, M. (1999). Effetti antropici e naturali sul degrado quantitativo delle acque sotterranee del Tavoliere. *Quaderni di Geologia Applicata*, 4, 143–152. <https://www.earth-prints.org/handle/2122/5934>



La vulnerabilità e il degrado quali-quantitativo per gli acquiferi costieri

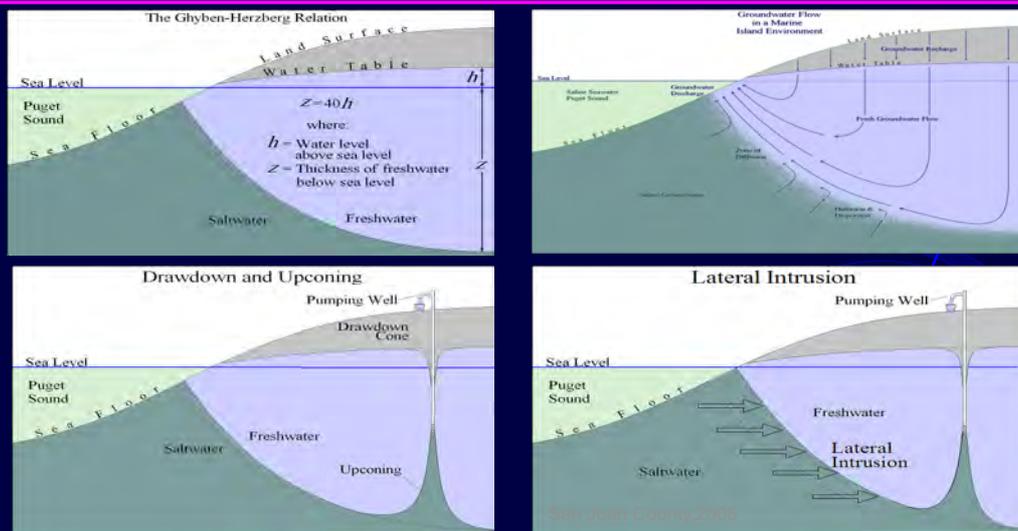


6. Dal degrado quantitativo a quello qualitativo

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

29

Il fenomeno: l'intrusione marina



6. Dal degrado quantitativo a quello qualitativo

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

30

Gli approcci

- Approccio **“Serie cronologiche” (SC)** per i dati a bassa densità spaziale e elevata frequenza
- Approccio **“Spaziale e multi-temporale” (SMT)**, con strumenti geostatistici, per dati a bassa frequenza e elevata densità

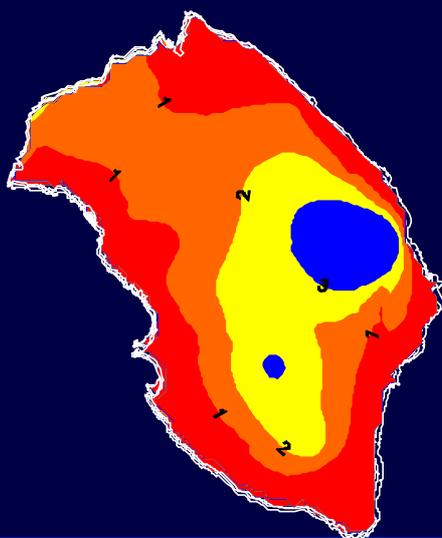


6. Dal degrado quantitativo a quello qualitativo

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

31

Approccio SMT: degrado quantitativo in Salento superficie piezometrica (m slm)



1930
1976
1996
2003
2010

Nel 1930 i prelievi erano molto bassi o minimi: tale superficie si può ritenere alquanto naturale

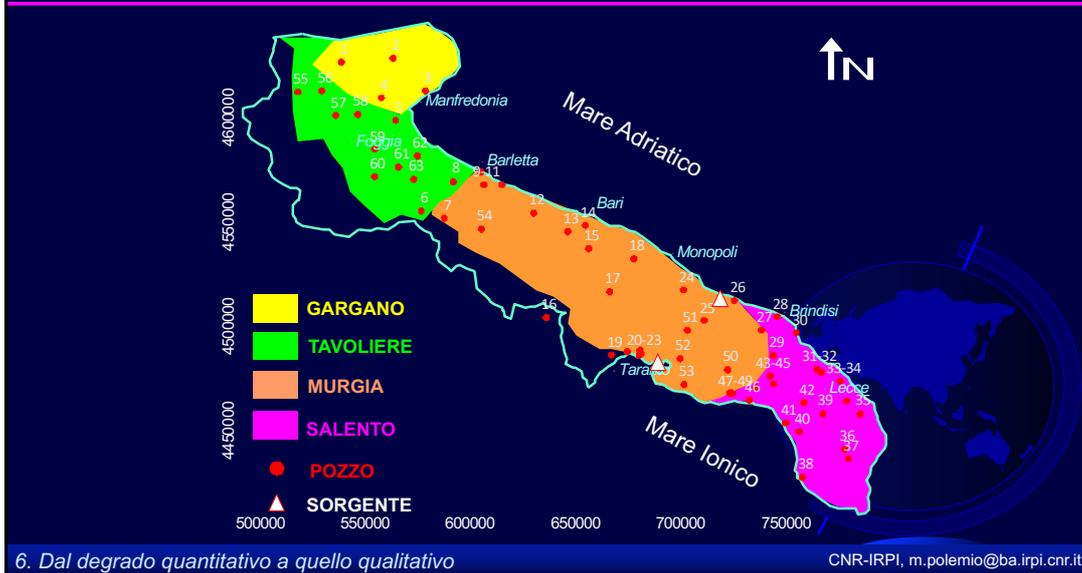


6. Dal degrado quantitativo a quello qualitativo

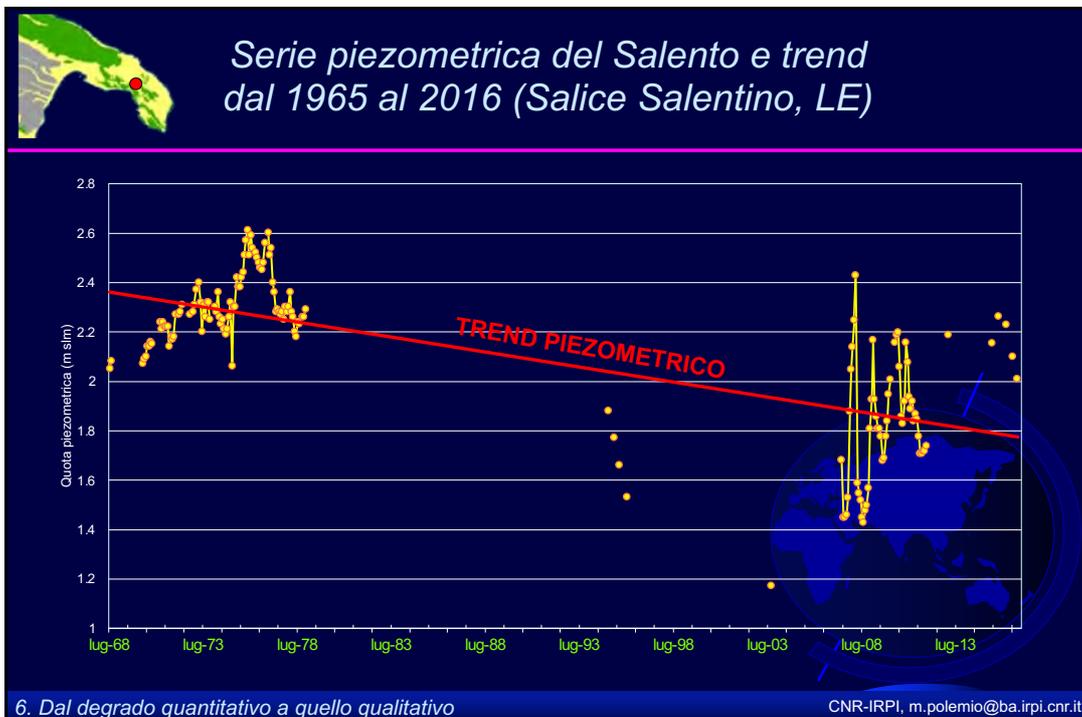
CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

32

Approccio SC: pozzi e sorgenti per l'analisi del trend quantitative in Puglia (1924-2016)

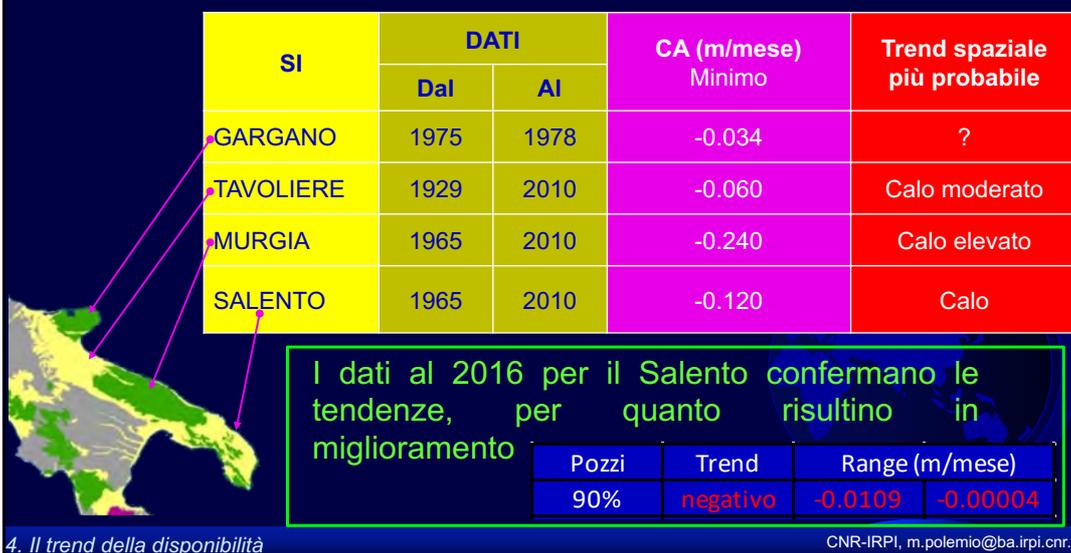


33



34

Sintesi dei trend piezometrici al 2010



35

La caratterizzazione spazio-temporale dell'inquinamento salino: dati e approcci

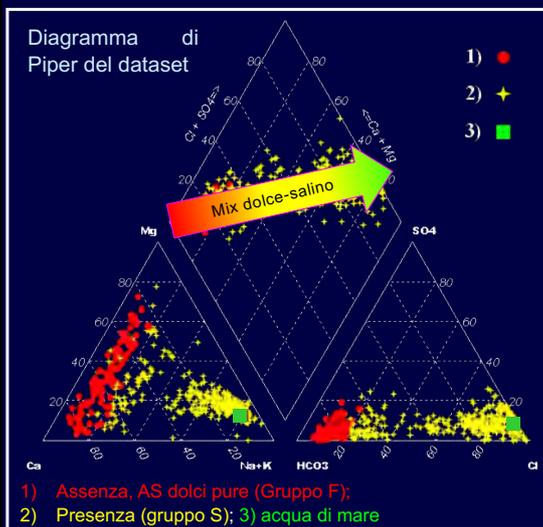
- Utilizzati dati censiti da oltre 200 pozzi
- Periodo di rilevamento dal 1975 al 2003
- Dati mensili se disponibili
- Variabili considerate:
 - salinità (TDS), Concentrazione dello ione Cloruro (CC), Piovosità (P) e Temperatura atmosferica (T)
- Approccio spaziale multitemporale (geostatistico) per dati a minore frequenza ed alta densità
- Approccio "serie temporali" per dati a minore densità e alta frequenza

6. Dal degrado quantitativo a quello qualitativo

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

36

Vulnerabilità all'intrusione marina e rischi di salinizzazione: dalla complessità alla semplicità del criterio a soglia



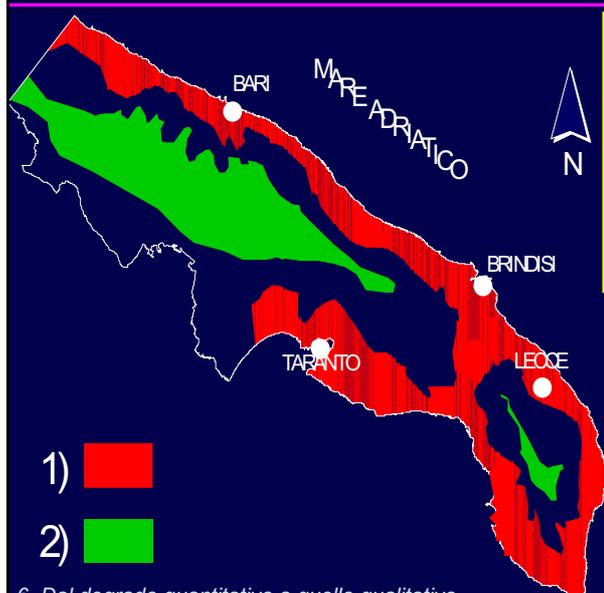
- Necessità di un modello semplice, del tipo a soglia, “dolce-salmastro” o “assenza-presenza” del mixing con acqua salina
- Discussi i dati di oltre 500 analisi complete di tutte le SI carbonatiche
 - Acq. Sott. dolci o pure, gruppo D, “dolci”, che include le facies Ca-HCO₃, Ca-Mg-HCO₃ e Mg-Ca-HCO₃, per le quali media, deviazione standard e 75% percentile del TDS sono rispettivamente pari a 0.41, 0.13, and 0.47 g/L. 75% percentile o la media più la deviazione standard sono= TDS≤0.5 g/L
 - presenza per tutti le restanti facies, (gruppo S, “salino”), AS dolci con variabile contenuto di acqua di intrusione= TDS>0.5 g/L

6. Dal degrado quantitativo a quello qualitativo

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

37

Approccio SMT: spostamenti della isovalina di riferimento (0,5 g/l)



In tutto il periodo

1) TDS sempre >0,5 g/l

2) TDS sempre <0,5 g/l

6. Dal degrado quantitativo a quello qualitativo

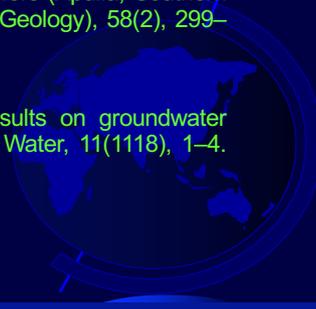
38

Principali lavori pubblicati sul tema di questa sezione

Polemio, M. (2016). Monitoring and Management of Karstic Coastal Groundwater in a Changing Environment (Southern Italy): A Review of a Regional Experience. *Water*, 8 (4)(148), 1–16. <https://doi.org/10.3390/w8040148>

Polemio, M., Dragone, V., & Limoni, P. P. (2009). Monitoring and methods to analyse the groundwater quality degradation risk in coastal karstic aquifers (Apulia, Southern Italy). *Environmental Earth Sciences (Formerly Environmental Geology)*, 58(2), 299–312. <https://doi.org/10.1007/s00254-008-1582-8>

Polemio, M., & Walraevens, K. (2019). Recent research results on groundwater resources and saltwater intrusion in a changing environment. *Water*, 11(1118), 1–4. <https://doi.org/10.3390/w11061118>



6. Dal degrado quantitativo a quello qualitativo

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

39

In media piove meno ma ci sono più eventi brevi e molto intensi? ...



7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

40

Obiettivo e schema generale della ricerca

- **dissesto in Puglia (frane e piene)**
- **Variabilità climatica del territorio**
- **Uso del suolo e delle coperture boschive**



Database dissesti idrogeologici

- **Progetto AVI (1918-1996)**
- **Pubblicazioni, relazioni tecniche e rapporti tecnici da archivio CNR-IRPI Bari (fino al 2006)**
- **Ricerca e consultazione di documenti storici (1876-1951)**



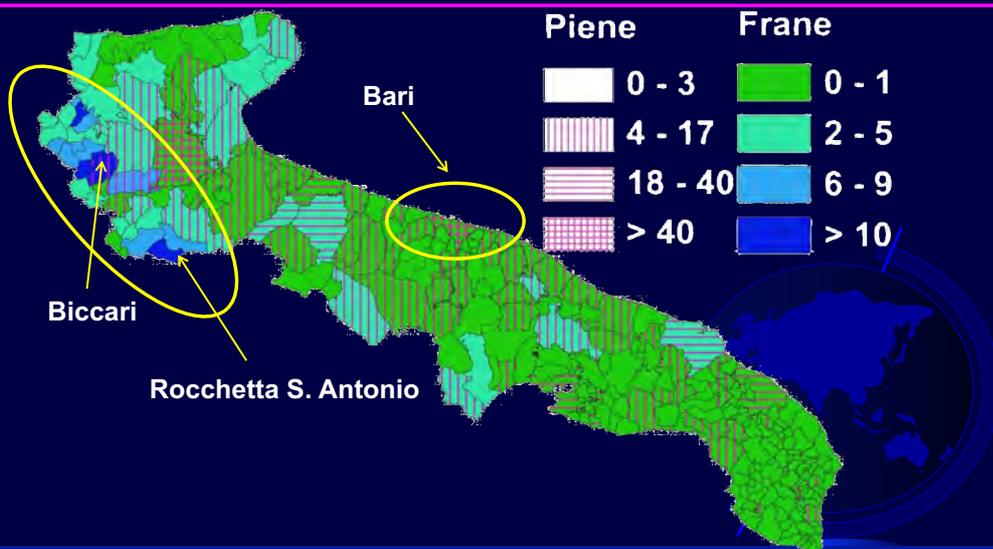
Ricerca storica degli eventi (1876-1951)

7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche



43

Totale comunale: occorrenze degli eventi

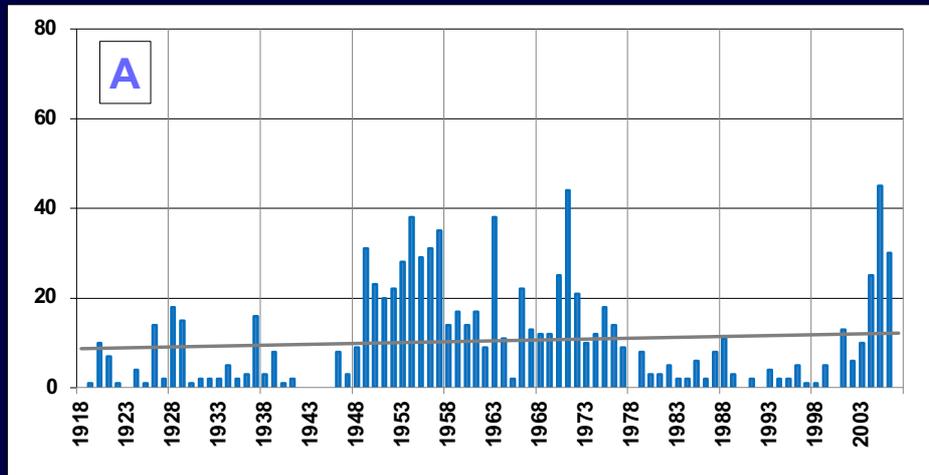


7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

44

A: serie temporale alluvioni (1918-2006)

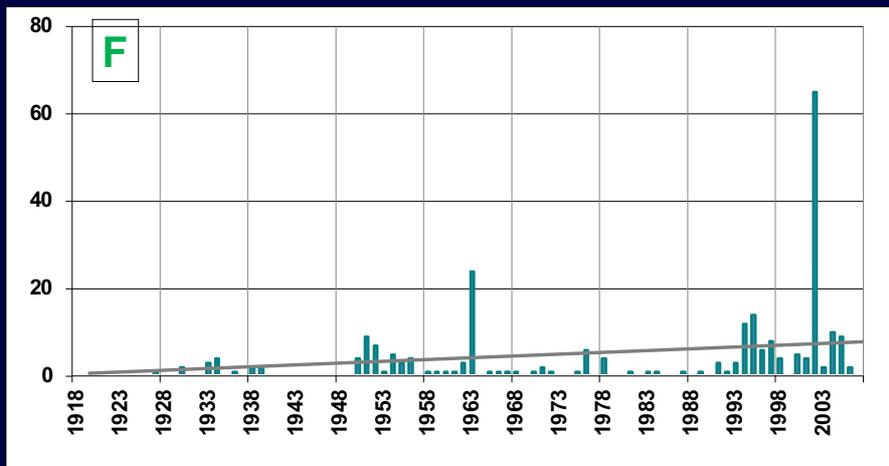


7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

45

F: serie temporale frane (1918-2006)



7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

46

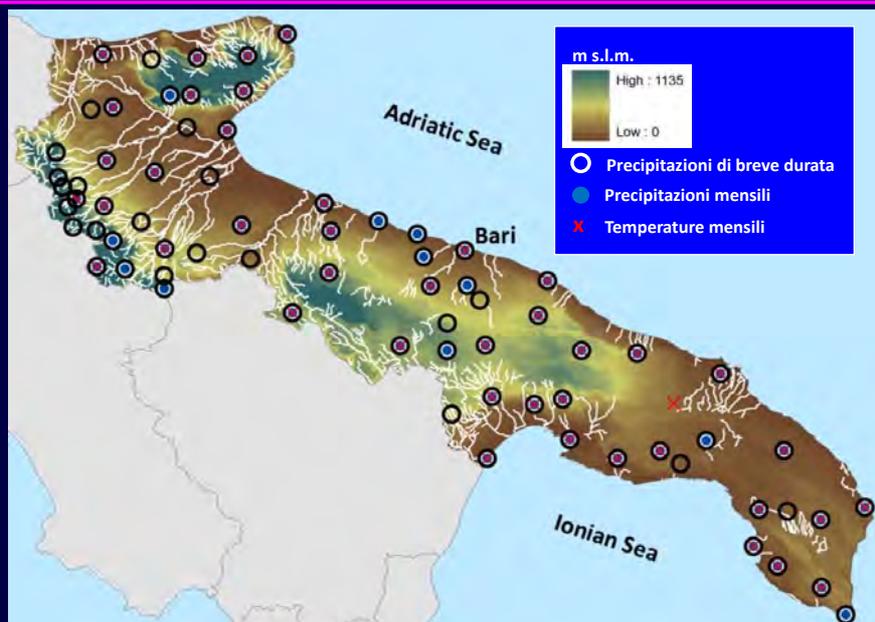
Il database climatico

Le fonti utilizzate sono:

- Pubblicazioni Prof. Eredia (1877-1918)
- Annali Idrologici (1919-2006; dal 1997 da Protezione Civile della Regione Puglia)

TIPO DI DATO	SERIE UTILIZZATE
pioggia (P)	Dati mensili 60 stazioni pluviometriche 47 stazioni termometriche
giorni piovosi (GP; pioggia > 1mm)	
intensità di piogge (I)	
temperatura (T)	Massimi annuali 68 stazioni con max da 1 a 24 ore 87 stazioni con max da 1 a 5 giorni
piogge di breve durata (da 1 ora a 5 giorni)	

Stazioni pluvio-termometriche



Individuazione delle sub-aree



La discussione eventi/clima/uso del suolo è stata realizzata prima a scala regionale e poi per ciascuna delle 6 sub-aree

7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

49

Indici climatici sintetici

- Per semplificare l'analisi, passando da un approccio spazio-temporale a quello dell'analisi incrociata di serie cronologiche, sono stati definiti specifici indici
- L'indice di piovosità mensile $IP_m(z)$ è per ogni mese

$$IP_m(z) = \frac{\sum_{j=z-m}^z \sum_{i=1}^n PM_{i,j}(z)}{\sum_{j=z-m}^z \sum_{i=1}^n PMM_{i,j}(x)} 100 - 100$$

dove x è il mese dell'anno idrologico medio (a partire da settembre), z rappresenta il numero di posizione del mese considerato, PM_i è la pioggia mensile alla stazione i e PMM_i è la pioggia mensile media della stazione i , con $i=1,2,\dots,n$, dove n è il numero delle stazioni disponibili nel mese z .

- Usando questo indice adimensionale, una sola serie storica pluviometrica può essere applicata alla regione.

7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

50

IP: indice delle piogge; serie e trend



7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

51

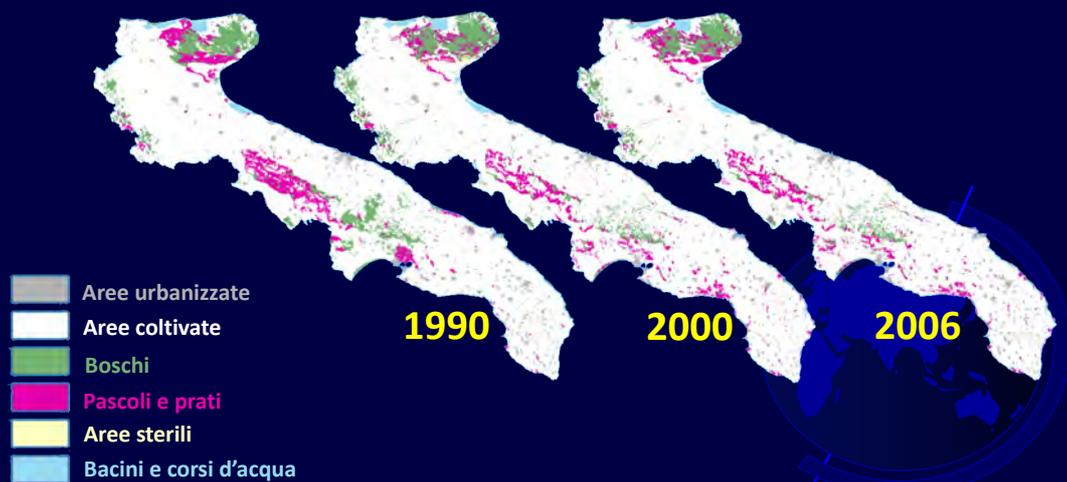
Trend dei massimi delle piogge di breve durata in Puglia (1h-5gg)

Periodo e n.stazioni	Trend % stazioni	1h	3h	6h	12h	24h	1g	2g	3g	4g	5g
1921-2005 68 stazioni 87 da 1 a 5 gg	positivo	10.3	2.9	4.4	1.5	1.5	1.2	1.2	1.2	0.0	0.0
	Negativo	1.5	0.0	1.5	7.4	4.4	23.0	33.3	37.9	42.5	40.2
1932-2002 60 stazioni 80 da 1 a 5 gg	Positivo	5.0	1.7	3.3	3.3	3.3	1.3	0.0	1.3	0.0	0.0
	Negativo	0.0	0.0	0.0	3.3	5.0	11.3	16.3	25.0	32.5	36.3
1952-2002 65 stazioni 82 da 1 a 5 gg	positivo	4.6	4.6	3.1	1.5	1.5	1.2	0.0	0.0	1.2	1.2
	negativo	0.0	0.0	3.1	6.2	4.6	2.4	3.6	1.2	6.1	7.3

7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

52

Uso del suolo 1990, 2000, 2006

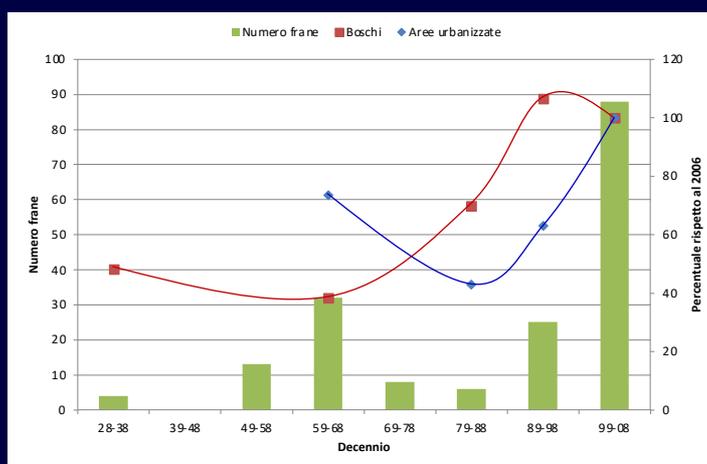


7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

53

Frane, boschi e aree urbanizzate nel Subappennino Dauno



7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

54

Principali lavori pubblicati sul tema di questa sezione

Lonigro, T., Gentile, F., & Polemio, M. (2015). The influence of climate variability and land use variations on the occurrence of landslide events (Subappennino Dauno, Southern Italy). *Rendiconti Online Società Geologica Italiana*, 35, 192–195. <https://doi.org/10.3301/ROL.2015.98>

Polemio, M., & Lonigro, T. (2015). Trends in climate, short-duration rainfall, and damaging hydrogeological events (Apulia, Southern Italy). *Natural Hazards*, 75(1), 515–540. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1333-y>

Petrucci, O., & Polemio, M. (2007). Flood risk mitigation and anthropogenic modifications of a coastal plain in southern Italy: Combined effects over the past 150 years. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 7(3), 361–373. <https://doi.org/10.5194/nhess-7-361-2007>

Polemio, M., & Petrucci, O. (2012). The occurrence of floods and the role of climate variations from 1880 in Calabria (Southern Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 12(1), 129–142. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-129-2012>

Polemio, M., & Sdao, F. (1999). The role of rainfall in the landslide hazard: The case of the Avigliano urban area (Southern Apennines, Italy). *Engineering Geology*, 56(3–4), 297–309. [https://doi.org/10.1016/S0013-7952\(98\)00083-0](https://doi.org/10.1016/S0013-7952(98)00083-0)

7. Dell'occorrenza delle catastrofi idrogeologiche

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

55



Ulteriori informazioni, dati, dettagli e news sulle attività del Gruppo di ricerca di Idrogeologia sono disponibili su:

<http://hydrogeology.ba.irpi.cnr.it>



<https://www.facebook.com/Gruppo-di-Idrogeologia-CNR-IRPI-2086046021640188/>

Grazie per l'attenzione!

CNR-IRPI, m.polemio@ba.irpi.cnr.it

56