

PRINCIPALI EVIDENZE E CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

Michele Maggiore

Dipartimento di Geologia e Geofisica, Università di Bari

RIASSUNTO

L'IPCC, il Comitato Intergovernativo delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, nel suo ultimo rapporto reso noto a Parigi nel mese di febbraio del 2007, ha definito "molto probabile" l'influenza delle attività umane sulle variazioni climatiche in atto. In 100 anni, il Pianeta ha subito un aumento della temperatura di 0,74°C e ulteriori innalzamenti saranno inevitabili se non si ridurranno le emissioni dei gas che incrementano l'effetto serra naturale.

In Italia, il tasso di crescita delle temperature medie annue è risultato essere anche superiore a quello medio globale, con aumenti più rilevanti negli ultimi 50 anni. Tra le conseguenze più evidenti del cambiamento climatico in atto, vi è la riduzione dei ghiacciai montani e più in generale dell'innnevamento, l'innalzamento progressivo del livello del mare, l'arrivo nel Mediterraneo di specie tropicali, il verificarsi di condizioni meteorologiche estreme con inondazioni, ondate di calore o di freddo eccezionali.

In Puglia, gli effetti delle variazioni climatiche sono amplificati dalla scarsa disponibilità di risorse idriche, resa ancora più critica dall'uso non del tutto razionale delle stesse, e dalla elevata vulnerabilità del territorio nei confronti degli eventi meteorici più intensi, in grado di produrre gravi conseguenze anche quando non contrassegnati da un carattere di eccezionalità.

Anche se a scala regionale la piovosità media annua nell'ultimo ventennio non ha subito un considerevole decremento, come verificatosi ad es. per il bacino del fiume Po, una riduzione consistente si è registrata nelle aree del Tavoliere e dell'Arco ionico-tarantino; il calo delle precipitazioni annue, in uno con l'aumento delle temperature e dell'intensità dei fenomeni erosivi per le sempre più ricorrenti piogge brevi e intense, ha ancor più accentuato la tendenza alla desertificazione di tali aree. L'incremento degli eventi meteorici estremi ha altresì innescato, con sempre maggiore frequenza, fenomeni di dissesto idrogeologico ed eventi alluvionali, con effetti rilevanti anche in perdite di vite umane come nel caso dell'evento alluvionale che ha colpito l'entroterra barese la notte del 22-23 Ottobre 2005.

1. PREMESSA

Esiste oggi un consenso scientifico diffuso sulla circostanza che i cambiamenti climatici in atto siano la conseguenza dell'aumentato accumulo di gas serra nell'atmosfera a seguito delle attività dell'uomo e in particolare del consumo dei combustibili fossili. Gran parte delle emissioni che producono l'effetto serra sono infatti riconducibili alla combustione di carbone, petrolio e gas naturale con l'immissione nell'atmosfera di circa 6 miliardi di tonnellate l'anno di CO₂, circa il 60% delle emissioni che concorrono al surriscaldamento del pianeta; l'altro 40% è principalmente dovuto al metano, agli ossidi di azoto e ai clorofluorocarburi.

I livelli di biossido di carbonio in atmosfera sono passati da 280 ppm del 1750, inizio dell'epoca industriale, agli attuali 380 ppm, con un incremento del 30%. Nello stesso periodo, la concentrazione del metano è più che raddoppiata e i livelli di ossidi d'azoto aumentati del 15% (Tab.1). Il contributo della deforestazione alla produzione dei gas serra è

altresì consistente per il diminuito assorbimento naturale di CO₂ per fotosintesi e per l'immissione diretta di CO₂ causata dagli incendi.

L'IPCC, il Comitato Intergovernativo delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici, nel rapporto reso noto a Parigi nel mese di Febbraio del 2007, ha definito "molto probabile", e non più solo "probabile" come affermato precedentemente, l'influenza delle attività umane sulle variazioni climatiche in atto. Nello stesso documento si afferma inoltre, sulla base delle rilevazioni più recenti, che l'incremento della temperatura media della superficie terrestre alla fine del secolo sarà maggiore di quello previsto nel 2001 determinando un impatto significativo sul clima del pianeta e, di conseguenza, sugli ecosistemi naturali con gravi rischi per la sopravvivenza della vita sulla terra. Per i 2500 scienziati del Gruppo sui cambiamenti climatici delle Nazioni Unite, il riscaldamento globale, come ribadito nel documento di Valencia del Novembre 2007, è una realtà indiscutibile.



| Gas serra | 1750 | 2007 |
|--------------------|----------|----------|
| Anidride carbonica | 280 ppm | 380 ppm |
| Metano | 0,80 ppm | 1,77 ppm |
| Ossidi d'azoto | 0,27 ppm | 0,32 ppm |

Tabella 1 - Confronto tra le concentrazioni attuali dei principali gas serra e quelle del periodo preindustriale (Fonte IPCC)

2. PRINCIPALI EVIDENZE DEL RISCALDAMENTO GLOBALE

Negli ultimi cento anni, la temperatura media della Terra è aumentata di circa $0,74^{\circ}\text{C}$, con un più elevato tasso di crescita dal 1980 ad oggi (Fig. 1). L'aumento, in gran parte imputabile ai gas serra di origine antropica, è stato maggiore ai poli e minore all'equatore. Uno studio del Cnr-Isac di Bologna, relativo ai cambiamenti climatici in atto in Italia, segnala una crescita delle temperature medie annue, negli ultimi due secoli, di $1,7^{\circ}\text{C}$ con un aumento di $1,4^{\circ}\text{C}$ solo negli ultimi 50 anni. L'indagine è stata svolta utilizzando i dati relativi alle medie mensili di 46 stazioni distribuite uniformemente sul territorio italiano (Nanni *et al.*, 2007).

Al pari della temperatura, la percentuale dei gas serra in atmosfera, in particolare di CO_2 e CH_4 , ha raggiunto livelli mai conosciuti negli ultimi 650.000 anni come emerso dallo studio delle carote di ghiaccio prelevate in Antartide fino a 3270 m di profondità (Fig. 2). La storia del clima documentata dai ghiacci ci dice altresì che nel corso dei millenni l'an-

damento delle concentrazioni di anidride carbonica e di metano è stato pressoché simile con un incremento consistente dei valori negli ultimi 200 anni associato all'aumento della temperatura media del pianeta (Fig. 3). Le tracce climatiche evidenziano altresì l'esistenza in passato di lunghi cicli, della durata di circa 100.000 anni, in cui la concentrazione di anidride carbonica e di metano, anche se inferiore a quella d'oggi (almeno del 30% per il biossido di carbonio e di una volta e mezzo per il metano), è oscillata per cause non antropiche ma verosimilmente geologiche o astronomiche.

I risultati del Progetto Antartide confermano il rapido cambiamento del clima planetario. Il riscaldamento globale sta influenzando il pianeta su larga scala colpendo particolarmente le zone polari e l'impatto più evidente è lo scioglimento delle calotte di ghiaccio e il loro ritiro con il distacco sempre più frequente di iceberg di notevoli dimensioni. A rilevarlo sono le immagini da satellite; quelle riprese nel 2007 dal satellite Envisat dell'Agenzia Spaziale Europea evidenziano lo scioglimento dei ghiacci a un livello mai raggiunto prima con l'apertura del "passaggio a nord-ovest", la rotta navale più diretta tra l'Oceano Pacifico e l'Oceano Atlantico (Fig. 4). Una consistente riduzione si registra per i ghiacciai delle più alte catene montuose, come quelle dell'Himalaya, del Kilimangiaro, del monte Kenia e per le nevi perenni del Ruwenzori, la cui superficie complessiva, in un secolo, si è ridotta da $6,5 \text{ km}^2$ a meno di un chilometro quadrato. Per i ghiacciai alpini, i dati sono

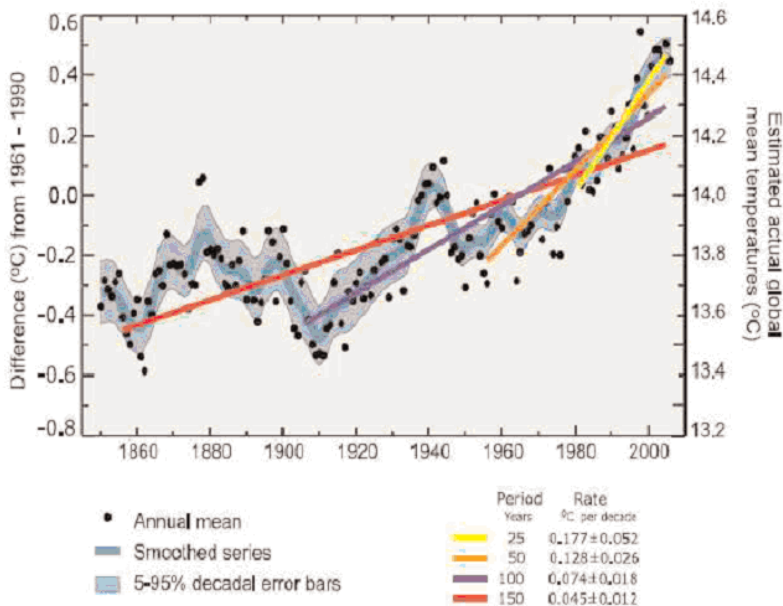


Figura 1 – Andamento annuale della temperatura media della Terra dal 1850 ad oggi (Fonte IPCC)

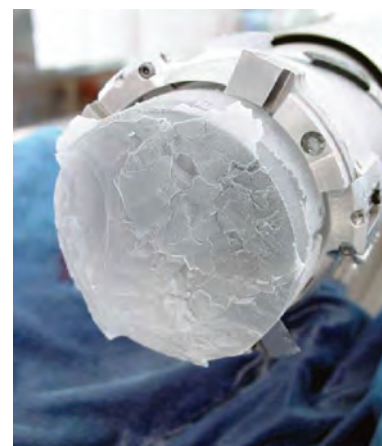


Figura 2 – Carota di ghiaccio prelevata in Antartide dai ricercatori italiani della Base Concordia per le analisi sulle tracce climatiche degli ultimi 850 mila anni



altresì eloquenti: dal 1900, essi hanno perso in media circa il 30 per cento della loro superficie e le loro fronti sono arretrate anche di 1 km (Tab. 2).

Oltre alla riduzione delle calotte glaciali e dei ghiacciai delle più alte catene montuose, si registra anche la riduzione, di circa il 7%, della superficie coperta dal permafrost, che occupa quasi un quarto delle terre emerse. Lo scioglimento del suolo permanentemente ghiacciato, se associato a precipitazioni intense, favorirebbe nelle zone montuose la formazione di colate di detrito e di fango mentre, la riduzione della copertura di neve al suolo, a causa delle ridotte precipitazioni e dell'aumento della temperatura, ha come conseguenza la maggiore esposizione di rocce e suoli ai processi di degradazione meteorica favorendo il distacco di cospicui blocchi rocciosi dai fianchi dei rilievi montuosi.

L'analisi dei dati termo-pluviometrici storici, relativi al periodo compreso tra il 1867 e il 1996, evidenzia, per la temperatura media annua al suolo, in Italia, una tendenza all'aumento sia nel Centro-Nord sia al Sud, rispettivamente di 0,4°C e 0,7°C (Brunetti *et al.*, 2006). Negli ultimi 50 anni, inoltre, si è accentuata l'escursione termica diurna, con un aumento maggiore delle massime rispetto alle minime (Nanni *et al.*, 2007). Tale tendenza può spiegare la frequenza, nell'ultimo decennio, delle ondate di calore estivo, come quelle record degli anni 2003, 2006 e 2007 in cui si sono registrate in tutta Italia, ma anche in Europa, temperature di oltre 4 gradi sopra la media. In particolare, il 2007, a livello globale, è stato definito come l'anno degli eventi

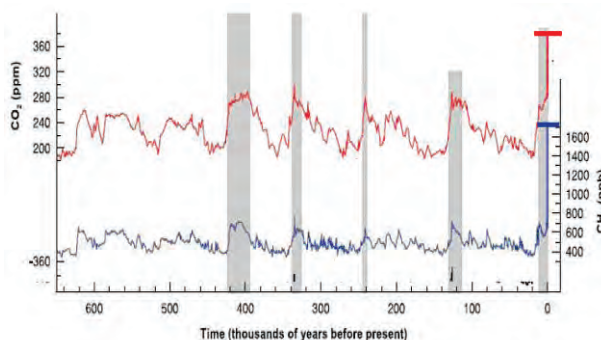


Figura 3 – Andamento delle concentrazioni di CO₂ e CH₄ negli ultimi 650.000 anni (Fonte IPCC)

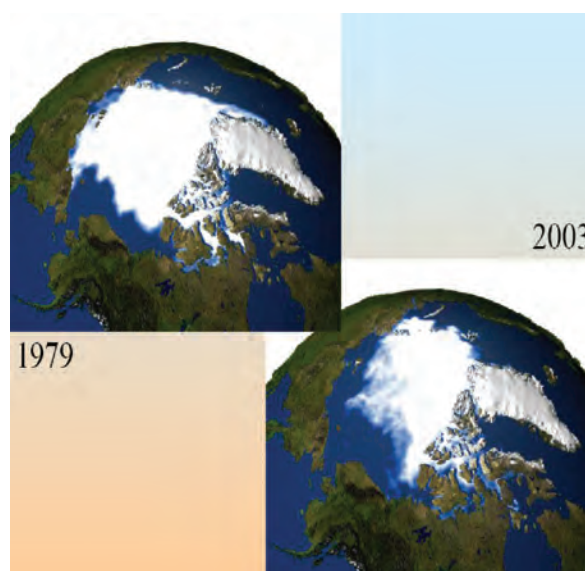


Figura 4 – Impatto dei cambiamenti climatici sulla calotta glaciale dell'Artico (da Tibaldi *et al.*, 2007a)

| Ghiacciaio | Ritiro (m) | Periodo di osservazione |
|---------------------|------------|-------------------------|
| Adamello / Mandrone | 313 | 1899-2003 |
| Forni | 1445 | 1925-2002 |
| Grande di verra | 926 | 1913-2001 |
| Grandes murailles | 720 | 1929-2003 |
| Lares | 686 | 1919-2003 |
| Lys | 796 | 1901-2002 |
| Malavalle | 310 | 1923-2003 |
| Marmolada | 651 | 1905-2004 |
| Rutur | 275 | 1916-2003 |
| Tribolazione | 464 | 1925-2003 |
| Vallelunga / Croda | 1516 | 1923-1999 |

Tabella 2 - Variazioni frontali in metri di alcuni tra i maggiori ghiacciai alpini (Fonte: Comitato Glaciologico Italiano)

estremi. Nell'emisfero nord, il primo semestre 2007 è stato, in assoluto, il più caldo dal 1880. Temperature record sono state registrate in molte regioni dell'Europa dell'Est (45°C in Bulgaria il 23 Luglio 2007; 32,9°C a Mosca il 28 Maggio 2007, la più alta temperatura registrata a Maggio dal 1891). Le elevate temperature, l'aridità del suolo e il forte vento hanno favorito l'accensione e il propagarsi degli incendi su vaste aree (Figg. 5, 6). Rispetto al periodo 1970-1986, negli Stati Uniti occidentali, nell'ultimo ventennio, la superficie distrutta dagli incendi è aumentata di oltre sei volte.

Gli effetti dell'aumento delle temperature medie e della mutata circolazione atmosferica su larga scala sono percettibili anche attraverso l'osservazione diretta dei comportamenti anomali di piante e animali a seguito dello sfasamento dei cicli stagionali naturali rispetto al calendario ufficiale. Studi di



CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007



Figura 5 – Immagine da satellite dell'area interessata dall'incendio che ha colpito la regione di Los Angeles nel 2007



Figura 6 – Immagine da satellite degli incendi che hanno colpito vaste zone della Grecia nell'estate del 2007

biometeorologia effettuati in diversi paesi europei concordano nel ritenere anticipata di alcuni giorni la stagione primaverile e ritardata quella autunnale, con il conseguente allungamento del periodo vegetativo. Inoltre, c'è il problema dell'innalzamento del livello dei mari, di circa 3 mm l'anno, e dell'impatto dell'aumento globale della temperatura sull'ecosistema marino, messo in evidenza dall'arrivo e dalla proliferazione nel mare Mediterraneo di alghe e specie tropicali (Corselli e Boero, 2007).

Riguardo le precipitazioni, nell'ultimo secolo si è registrata una tendenza alla diminuzione degli apporti annui. In Italia, la riduzione complessiva è stata dell'ordine di circa 50 mm al Centro-Nord e di 100 mm al Sud. I dati relativi alle precipitazioni giornaliere per il periodo 1951-2000 mostrano inoltre come alla riduzione del numero di giorni piovosi per la stagione invernale si associ la tendenza ad un aumento nella frequenza dei periodi "secchi", per i quali è stata anche osservata una persistenza maggiore al Nord in inverno e al Sud in estate e, mediamente, un significativo incremento dell'intensità di pioggia per singolo giorno piovoso (Nanni *et al.*, 2007; Brunetti *et al.*, 2002; 2004).

L'aumento delle temperature, associato alla diminuzione degli afflussi meteorici e dei giorni piovosi del periodo invernale, ha effetti sul ciclo idrologico per l'aumento dell'evapotraspirazione e per la minore aliquota d'acqua disponibile per la ricostituzione delle risorse idriche sia superficiali che sotterranee. In Italia, il caso più eclatante è quello del fiume Po, la cui portata, a causa dell'incremento della temperatura media annua e la riduzione degli apporti dai corsi d'acqua alpini, è diminuita del 20-25% negli ultimi 30 anni (Tibaldi *et al.*, 2007).

L'aumento dell'intensità dei fenomeni piovosi è la causa delle esondazioni e degli allagamenti che con sempre maggiore frequenza e violenza colpiscono tutte le zone del globo. L'intera Europa, nella

fascia compresa tra le regioni alpine e i Paesi scandinavi, è interessata da una maggiore intensità dei fenomeni piovosi, come nel caso dell'evento alluvionale che ha colpito il Regno Unito e in particolare la città di Sheffield nel Giugno 2007. L'aumento di energia dovuto al riscaldamento globale è anche la causa dell'aumento dell'intensità degli uragani che con sempre maggiore frequenza devastano le coste atlantiche e dell'oceano pacifico.

3. PRINCIPALI EVIDENZE E CONSEGUENZE DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI IN PUGLIA

Le principali evidenze dei cambiamenti climatici in Puglia si identificano, come per l'Italia e per il resto dell'Europa, nell'aumento generale delle temperature e nella variata distribuzione delle precipitazioni, divenute più concentrate e intense con conseguenze inevitabili per le ricorrenti siccità, per il maggiore inaridimento dei terreni, per il depauperamento delle risorse idriche, per la fragilità dell'ambiente marino costiero e per l'accentuarsi dei fenomeni di dissesto idrogeologico. Un ulteriore segnale dei cambiamenti climatici in atto è l'incremento della temperatura delle acque del Basso Adriatico. Tale aumento, dell'ordine di 1-2 °C negli strati più superficiali, ha favorito l'ingresso di nuove specie ittiche termofile e di alghe tropicali anche tossiche, fra cui la specie *Ostreopsis ovata* (Fig. 7). Negli ultimi anni si sono altresì ripetuti con una certa frequenza gli episodi di "mucillagine", quello accaduto tra Gennaio e Febbraio 2007 nelle aree marine del nord-barese, in concomitanza di una stagione invernale particolarmente mite, con notevole danno per il mondo della pesca locale (Ungaro, 2007).

L'anno 2007 si è contraddistinto anche per il caldo torrido estivo, con temperature che hanno rag-

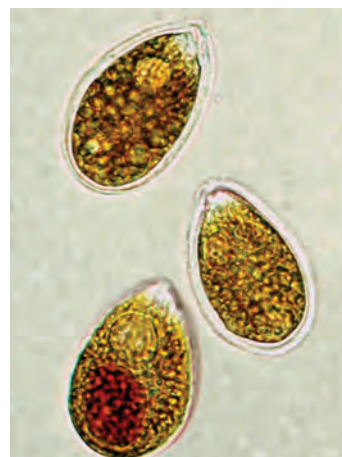


Figura 7 – Immagine al microscopio dell'alga tossica *Ostreopsis ovata* (Foto Felicini)



giunto a Bari, il 25 Giugno, la punta massima di 47°C. L'eccezionale ondata di caldo ha interessato l'intera regione e favorito lo sviluppo di incendi, risultati essere il 70% in più rispetto allo stesso periodo del 2006 con notevoli danni soprattutto per le zone boschive del Gargano.

In Puglia, l'aumento della temperatura al suolo di questi ultimi anni trova riscontro nelle serie storiche dei dati registrati dall'intera rete delle stazioni meteorologiche del Servizio Idrografico. A titolo d'esempio si rappresentano le temperature massime e minime annue rilevate alla stazione di Nardò nel periodo 1990-2005 (Fig. 8) e le temperature medie mensili registrate nella stessa stazione nel periodo 2000-2005 (Fig. 9). Entrambi i grafici evidenziano un generale incremento delle temperature. In particolare, il 2003 è risultato essere l'anno con i valori termici minimi più elevati dell'intera serie per tutti e tre i mesi estivi. Un incremento della temperatura minima negli ultimi 50 anni è stato anche registrato a Foggia, con l'aumento di circa 1°C nel periodo 1982-2005 (Rinaldi *et al.*, 2006). Tale andamento è in linea con i dati rilevati in altri siti della penisola italiana (Maugieri e Nanni, 1988). Per l'area del Tavoliere, come per l'arco ionico tarantino (Simeone, 2001), all'aumento della temperatura è

associato un decremento piuttosto consistente delle precipitazioni annue (Rinaldi *et al.*, 2006) e il frequente ripetersi di anni con clima di tipo "arido" (Maggiore e Pagliarulo, 2004). In tali aree, caratterizzate da elevata suscettività agricola, è presente una situazione di maggiore criticità non essendo le risorse idriche sotterranee più sufficienti a soddisfare il maggiore fabbisogno irriguo dovuto all'introduzione di colture fortemente idroesigenti.

Per il resto della Puglia, i dati di pioggia mensile evidenziano una riduzione abbastanza contenuta (Polemio e Casarano, 2008). Dai dati storici relativi alle stazioni dall'Ufficio Idrografico della Regione Puglia risulta che nel Salento, e in particolare alle stazioni di Lecce e di Galatina, l'altezza di precipitazione annua è rimasta pressochè invariata nel tempo (Figg.10, 11) mentre, per i comuni dell'entroterra barese, l'analisi delle precipitazioni svolta sulla base dei dati registrati alle stazioni di Cassano Murge, Santeramo, Gioia del Colle, Adelfia, Turi e Grumo Appula mostra come la pioggia annua sia diminuita di circa il 10% tra il 1928 e il 2004 (Fig. 12). Nello stesso periodo, per i comuni della Conca barese, è altresì variato il regime pluviometrico. Il grafico della tendenza della pioggia caduta nelle quattro stagioni, evidenzia infatti una diminuzione

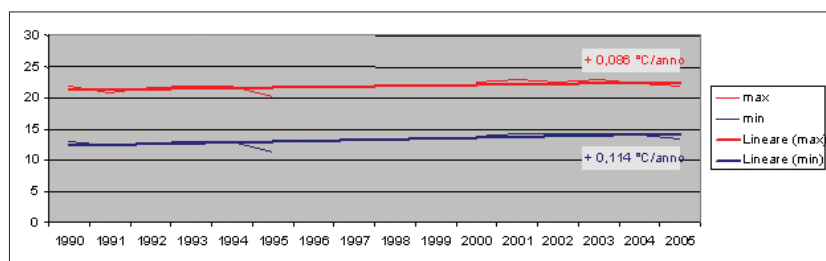


Figura 8 – Andamento delle temperature massime e minime annue registrate dall'Ufficio Idrografico della Regione Puglia alla stazione di Nardò nel periodo 1990

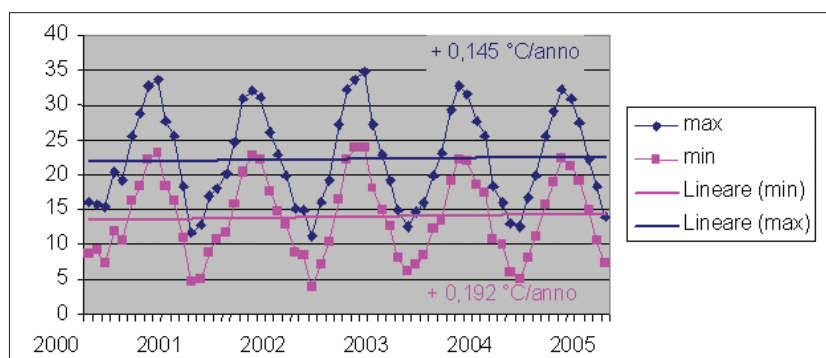


Figura 9 – Andamento delle temperature medie mensili registrate dall'Ufficio Idrografico della Regione Puglia alla stazione di Nardò nel periodo Dicembre 2000 – Dicembre 2005

delle precipitazioni particolarmente accentuata in Autunno e in Inverno, rispettivamente del 13% e del 14%, e viceversa un incremento di pari entità delle piogge estive che, al contrario di quelle invernali, non riescono ad infiltrarsi nel sottosuolo (Fig. 13).

Il minore afflusso meteorico e la diversa distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno, ha quindi prodotto una notevole riduzione dei volumi d'acqua destinati alla ricarica degli acquiferi e una sensibile riduzione delle risorse idriche sotterranee (Tab. 3). Una maggiore condizione di criticità si registra per l'acquifero murciano a causa dei lavori cosiddetti di "spietramento", consistenti nella minuta frantumazione della roccia con mezzi meccanici allo scopo di trasfor-



CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007

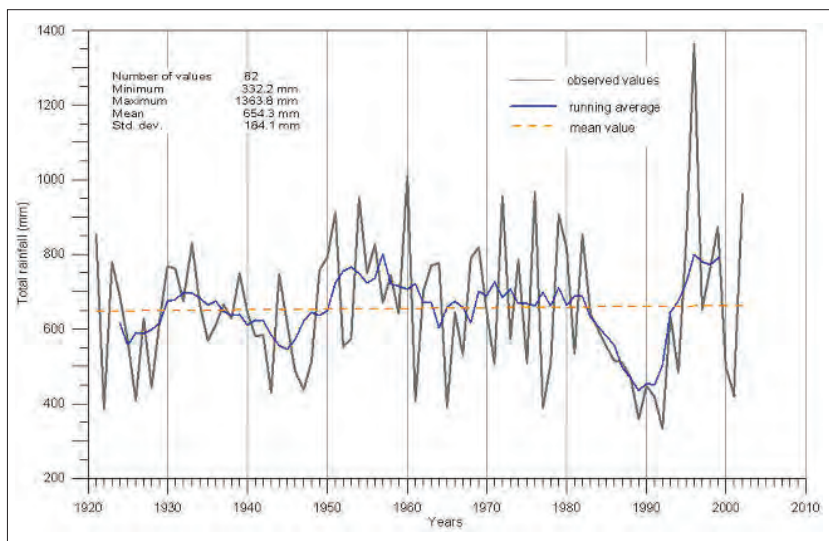


Figura 10 - Andamento delle precipitazioni totali annue registrate dall'Ufficio Idrografico della Regione Puglia alla stazione di Lecce nel periodo 1923 - 2002

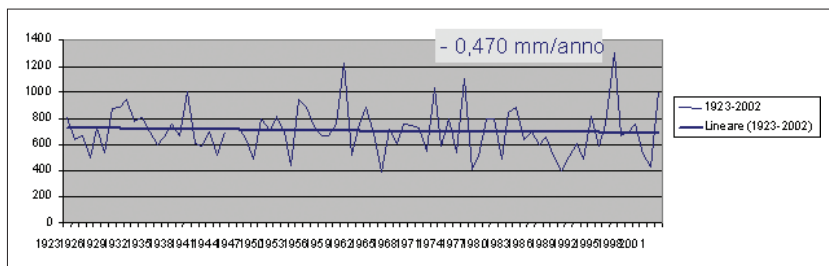


Figura 11 - Andamento delle precipitazioni totali annue registrate dall'Ufficio Idrografico della Regione Puglia alla stazione di Galatina nel periodo 1923 - 2002

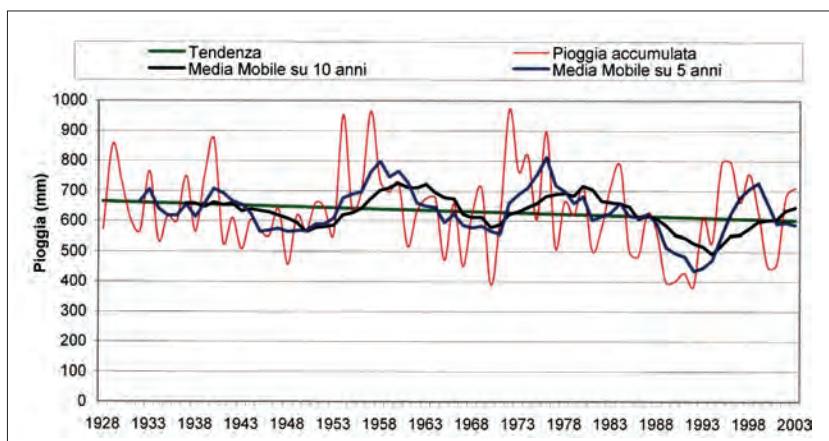


Figura 12 - Conca barese: andamento delle precipitazioni totali annue nel periodo dal 1928 al 2004 (AA.VV, 2008; elaborazione: M. Catella)

mare in campi coltivabili le aree a pascolo (Giglio *et al.*, 1996). Tale pratica, molto in uso negli anni novanta ma poi vietata con l'entrata in vigore della legge di istituzione del parco nazionale dell'Alta Murgia, ha accentuato la capacità di ritenzione idrica del suolo determinando un aumento dell'evapotraspirazione a discapito della ricarica dell'acqui-

fero, ulteriormente ridotta dall'occlusione degli inghiottitoi carsici per via dell'aumento del trasporto solido nelle acque di corruzione (Moretti *et al.*, 2004; Maggiore e Pagliarulo, 2004; Canora *et al.*, 2005; Moretti, 2005; Lopez e Miano, 2007).

Un ulteriore impatto sul sistema idrico pugliese è legato alla diminuzione di portata delle sorgenti pedemontane di Caposele e di Cassano Irpino, per il diminuito apporto delle precipitazioni nevose, e all'aumento del contenuto salino della falda carsica a causa del suo diminuito tasso di ricarica, conseguenza della progressiva diminuzione della piovosità media annua e del concomitante aumento dei prelievi. Nel Sud-Est barese, l'innalzamento del tetto della zona di transizione, tra le acque dolci e le acque salate, trova conferma dal confronto delle stratigrafie termosaline eseguite in periodi diversi (anni dal 1996 al 2001) in alcuni pozzi della rete di monitoraggio della regione Puglia ricadenti nei territori di Mola di Bari e di Polignano a Mare (Cotecchia *et al.*, 2001). Nel Salento, dove sono presenti numerosi pozzi di captazione ad uso potabile dell'Acquedotto Pugliese, la graduale intrusione di acqua di origine marina è messa in evidenza, come nel caso di Seclì, dall'incremento della concentrazione dei cloruri nell'ultimo triennio (Fig. 14).

Negli ultimi anni, le precipitazioni sono risultate essere sempre più concentrate in pochi eventi di maggiore intensità in grado di produrre effetti devastanti sul territorio per il verificarsi di eventi alluvionali anche disastrosi, quali quelli verificatisi a Palagiano (Taranto) nel 2003 e a Bari nell'Ottobre 2005. Entrambi gli eventi, anche per la cattiva gestione del territorio, hanno causato la per-



| Acquifero | Superficie (Km ²) | Periodo | Pioggia media annua (Mm ³) | Ricarica media annua (Mm ³) |
|-----------|-------------------------------|-------------|--|---|
| Murge | 6,842 | 1940 - 1960 | 4,298 | 1,344 |
| | | 1985 - 2000 | 3,643 | 1,073 |
| | | Differenza | 655 (-15%) | 271 (-20%) |
| Salento | 3,808 | 1940 - 1960 | 2,664 | 976 |
| | | 1985 - 2000 | 2,357 | 773 |
| | | Differenza | 307 (-12%) | 204 (-21%) |

Tabella 3 – Raffronto degli elementi del bilancio idrologico relativo ai periodi 1940-1960 e 1985-2000 per gli acquiferi delle Murge e del Salento (Fonte: Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia)

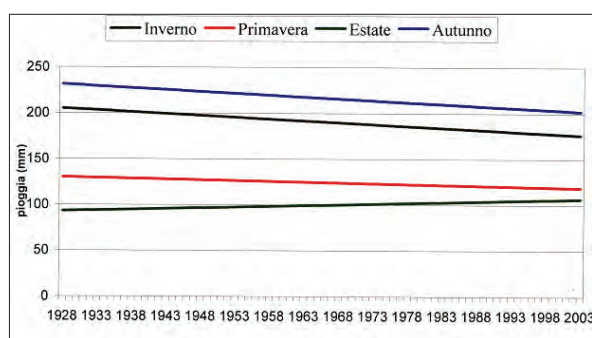


Figura 13 – Conca barese: tendenza della piovosità nelle quattro stagioni per il periodo dal 1928 al 2004 (AA.VV., 2008, elaborazione: M. Catella)

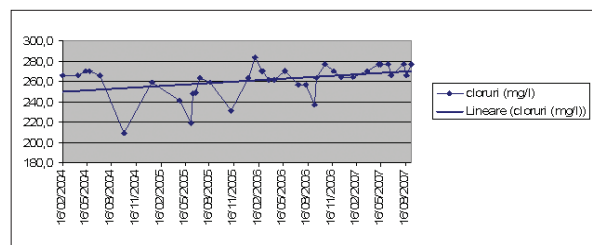


Figura 14 – Recente andamento della concentrazione dei cloruri nel pozzo "Secli 3" dell'Acquedotto Pugliese

dita di vite umane e danni ingenti al patrimonio edilizio, alle vie di comunicazione e all'agricoltura.

L'8 Settembre del 2003, una pioggia di eccezionale intensità è caduta nella piana costiera ad Est di Taranto causando i maggiori danni all'abitato e alle campagne di Palagianò. La pioggia ha avuto come epicentro il comune di Castellaneta e ha superato di gran lunga i massimi storici per gli eventi della durata di un'ora (142,2 mm) e di tre ore (224,0 mm) (Figg. 15, 16). L'intensità della pioggia è stata inferiore solo di 8 mm a quella record abbattutasi sulla Versilia in occasione dell'evento alluvionale del 1996, considerato, per la violenza delle precipitazioni, come l'evento del secolo.

Carattere di eccezionalità ha anche avuto l'evento alluvionale che ha colpito di recente la zona barese lungo tutto il percorso della lama Picone (Moretti, 2005; Gabriele *et al.*, 2006). La notte del 22 Ottobre 2005, un violento nubifragio si è abbattuto sui comuni di Santeramo e di Cassano Murge, causando danni ingenti anche ai territori di

Sannicandro, Bitritto e Bari, situati più a valle. Durante l'evento piovoso, iniziato la sera del 22 Ottobre e divenuto particolarmente violento a Cassano verso le 21, una valanga di acqua e fango ha percorso diversi chilometri fino ad arrivare a Bari all'alba del 23.

Il capoluogo Pugliese è stato protetto dal canale deviatore che fa confluire l'acqua del T. Picone nel T. Lamasinata. Tale canale, costruito dopo l'alluvione del 1926 a salvaguardia dei quartieri Poggiofranco, Picone e Libertà, nonostante alcuni ostacoli, è riuscito a convogliare la corrente d'acqua verso il mare. I danni si sono verificati nei punti in cui l'alveo del T. Picone è risultato essere parzialmente sbarrato da costruzioni o da materiale di risulta. La piena è stata in parte laminata dalle capacità naturali e artificiali presenti nel bacino: nella parte medio-alta, per la foresta di Mercadante, iniziata nei primi anni '30 con la funzione di proteggere il suolo dai processi erosivi e di regimare i deflussi di piena (Puglisi *et al.*, 1991); più a valle, per le cave attigue all'alveo della lama che hanno funzionato da vere e proprie casse di espansione, essendo risultate allagate per un volume complessivo di 2,5 milioni di metri cubi (Gabriele *et al.*, 2006).

I dati di pioggia registrati nelle stazioni pluviometriche del Servizio Idrografico mostrano come la perturbazione si sia spostata nel tempo da Gioia del Colle verso Santeramo e Cassano, intensificandosi, e poi si è diretta verso Bari (Fig. 17). Si è trattata di una perturbazione di tipo convettivo, diretta da SO a NE, come evidenziato dalla sequenza delle immagini satellitari (Fig. 18).

Dalla carta delle isoiete è possibile osservare come la perturbazione si sia concentrata su un'area di poche decine di kmq, con un massimo di intensità nella zona di Cassano Murge, dove nelle giornate del 22 e del 23 Ottobre sono caduti 162 mm di pioggia,



CAMBIAMENTI CLIMATICI E RISCHI GEOLOGICI IN PUGLIA

CASTELLO DI SANNICANDRO DI BARI - 30 Novembre 2007

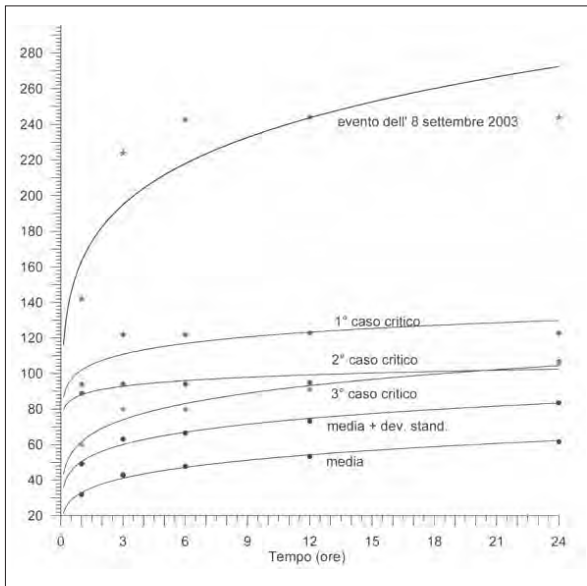


Figura 15 – Curve di possibilità pluviometrica relative all'evento pluviometrico del 8 Settembre 2003 e alle piogge più intense registrate in precedenza alla stazione di Castellana (Taranto) dal Servizio Idrografico della Regione Puglia

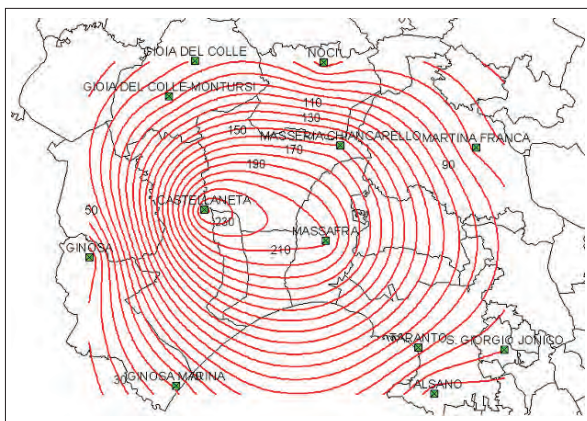


Figura 16 – Distribuzione areale dell'evento piovoso che a Settembre 2003 ha colpito la piana costiera ionica a NE di Taranto (Fonte: Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia)

mentre a Bari solo 8,4 mm. Esaminando i dati relativi alle precipitazioni brevi ed intense del periodo 1929-2000, si può affermare che la pioggia caduta in 24 ore nei giorni 22-23 Ottobre 2005 sul territorio di Cassano Murge riveste un carattere di eccezionalità. Soprattutto la pioggia della durata di 3 ore è risultata essere quasi doppia rispetto a quella degli eventi critici precedenti e ciò spiega gli elevati danni registrati nella parte medio alta del bacino della lama Picone. Secondo Gabriele *et al.* (2006), la pioggia a carattere temporalesco che si è abbattuta sull'area barese ha presentato similitudini con la categoria dei cicloni mediterranei, la cui genesi è legata all'eccesso di

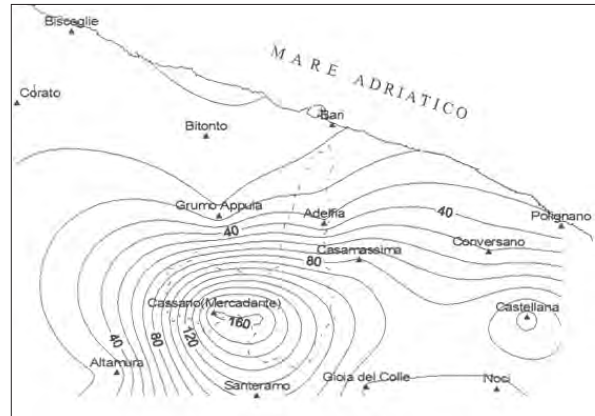


Figura 17 – Distribuzione areale delle precipitazioni in occasione dell'evento del 22-23 Ottobre 2005 che ha causato la piena del torrente Picone

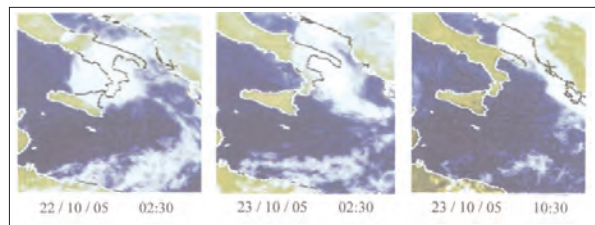


Figura 18 – Immagini satellitari del sistema nuvoloso che ha generato l'evento alluvionale del 22-23 Ottobre 2005

energia termica accumulata sulla superficie del mare.

L'evento alluvionale verificatosi il 22-23 Ottobre 2005 ha determinato effetti disastrosi, oltre che per l'intensità dell'evento meteorico, anche per gli interventi antropici che hanno profondamente modificato lo stato dei luoghi obliterando in più punti le linee di impluvio naturali e reso particolarmente vulnerabili i centri abitati e le infrastrutture esistenti nell'intero bacino nonostante i lavori di sistemazione idraulico-forestali e realizzati dopo la disastrosa alluvione del 1926. L'efficacia di tali opere è stata in parte vanificata dagli interventi antropici che hanno prodotto alterazioni dell'assetto idraulico e morfologico del bacino del T. Picone sia nella parte collinare sia in quella costiera. In più tratti, l'alveo è risultato occupato da campi coltivati, da materiale di risulta, da costruzioni abusive, da rilevati stradali e da ponti con luci insufficienti che hanno ostacolato il deflusso dell'acqua con notevole incremento della velocità della corrente e della forza erosiva. Anche la manutenzione delle briglie, nella parte collinare del bacino, e delle soglie realizzate a monte del canale deviatore, è stata trascurata limitandone la funzione equilibratrice tra erosione e deposito. Un ulteriore fattore antropico che ha contribuito a rendere disastroso tale evento riguarda l'uso del suolo. Il terri-



torio ha subito, nel corso del tempo, fondamentali trasformazioni che ne hanno modificato sensibilmente l'orografia e incrementato la vulnerabilità. In particolare la frantumazione e la frangitura delle rocce ha finito con incrementare l'entità del trasporto solido favorendo l'inghiainamento dell'alveo in occasione dell'evento di piena e l'accumulo in mare del suolo proveniente dai terreni spietrati della Murgia (Fig. 19).



Figura 19 – Immagine della foce del “canalone” di Bari durante l'alluvione del 22-23 Ottobre 2005 (Foto tratta da “Paesaggi spietrati. I nuovi deserti antropogenici” di Sigmund A., 2007)

4. CONCLUSIONI

In 250 anni, dall'inizio dell'era industriale, il contenuto di anidride carbonica nell'atmosfera è aumentato del 30% e l'ecosistema non è più in grado di assorbirlo nella sua totalità. Anche se la riduzione delle emissioni, a seguito degli accordi sanciti con il protocollo di Kyoto, potrà rallentare l'innalzamento della temperatura, il processo si è ormai innescato e non si comprende come, almeno nel breve periodo, possa essere arrestato, o più verosimilmente limitato, in mancanza di un'efficace azione di contrasto concordata e condivisa da tutti i paesi industrializzati.

Gli effetti del surriscaldamento sono evidenti in ogni parte del globo e il quadro che si prospetta è piuttosto allarmante per le conseguenze che il cambiamento climatico può comportare sugli ecosistemi e sulla vita di intere popolazioni.

In Puglia, le variazioni del clima trovano riscontro nella sempre maggiore frequenza di periodi siccitosi e di eventi meteorologici estremi con limitazione delle disponibilità d'acqua e l'intensificarsi dei fenomeni di dissesto idrogeologico. Tali effetti sono amplificati dal depauperamento delle risorse idriche indotto dalle attività antropiche e dalla elevata vulnerabilità del territorio nei confronti degli eventi meteorici più intensi, in grado di produrre gravi conseguenze anche quando non contrassegnati da un carattere di eccezionalità.

BIBLIOGRAFIA

AA.VV. (2008) - *Pura defluit. L'acqua e il territorio*. Scuola Media Lucarelli, Acquaviva delle Fonti (Bari), 1 - 128

BRUNETTI M., COLACINO M., MAUGERI M., NANNI T. (2001) - *Trends in the daily intensity of precipitation in Italy from 1951 to 1996*. International Journal of Climatology, **21**, 299-316

BRUNETTI M., MAUGERI M., NANNI T. (2002) - *Atmospheric circulation and precipitation in Italy for the last 50 years*. International Journal of Climatology, **22**, 1455-1471

BRUNETTI M., BUFFONI L., MANGIANTI F., MAUGERI M., NANNI T. (2004) - *Temperature, precipitation and extreme events during the last century in Italy*. Global and Planetary Change, **40**, 141-149

BRUNETTI M., MAUGERI M., MONTI F., NANNI T. (2006) - *Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series*. International Journal of Climatology, **26**, 345-381

CANORA F., SCIORTINO A., SPILOTRO G., DI SANTO A. (2005) - *Effects of Anthropogenic Modification of Karst Soil Texture on the Water Balance of “Alta Murgia” (Apulia, Italy)*. Sinkholes and the Engineering and Environmental Impacts of Karst, Tenth Multidisciplinary Conference, Barry F. Beck - Editor, September 24–28, 2005, San Antonio, Texas

CORSELLI C., BOERO N. (2007) - *Biodiversità marina mediterranea e cambiamenti climatici*. Conferenza Nazionale sui Cambiamenti Climatici, Roma 12-13 Settembre 2007

COTECCHIA V., DAURÙ M., LIMONI P.P. (2001) - *Osservazioni sull'evoluzione dell'intrusione marina negli acquiferi carbonatici costieri della Puglia*. Workshop “Il degrado qualitativo delle acque sotterranee in Puglia”, Bari 18 Dicembre 2001

GABRIELE S., CHIARAVALLOTTI F., COTECCHIA V., (2006) - *L'evento pluviometrico del 22 Ottobre 2005 in Puglia. Una ricostruzione sperimentale mediante*



meteosat-8 e modello afflussi-deflussi a parametri distribuiti. L'ACQUA, **5**, 37 - 48

GIGLIO G., MORETTI M., TROPEANO M. (1996) – *Rapporto fra uso del suolo ed erosione nelle Murge alte: effetti del miglioramento fondiario*. Geol Appl. e Idrogeol., **31**, 179-185

IPCC (2007) – *Working Group I: the Physical Science Basis of Climate Change. WG1AR4 Report*

LOPEZ R., MIANO T.M. (2007) - *Dissodamenti e spietramenti di suoli ricadenti nel Parco Nazionale dell'Alta Murgia: elaborazioni geostatistiche ed indicatori di stato*. In: "Il suolo: sistema centrale nell'ambiente e nell'agricoltura". (N. Senesi e T. Miano, eds.) Atti Convegno Nazionale Società Italiana della Scienza del Suolo, Bari, 2005, 419-425

MAGGIORE M., PAGLIARULO P. (2003) - *Siccità e disponibilità idriche sotterranee del Tavoliere di Puglia*. Geologia dell'Ambiente, periodico trimestrale della SIGEA, **2**, 35-40, Roma

MAGGIORE M., PAGLIARULO P. (2004) – *Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici negli acquiferi della Puglia*. Geologi e Territorio, **1**, 1-23, Ordine dei Geologi della Puglia, Bari

MAUGERI M., NANNI T. (1998) – *Surface air temperature variations in Italy: recent trends and an update to 1993*. Theor. Appl. Climat., **61**, 191-196

MORETTI M., FIORE A., PIERI P., TROPEANO M., VALLETTA S. (2004) – *Effetti dei "miglioramenti fondiari" nelle Murge alte (Puglia): l'impatto antropico sul paesaggio carsico e costiero*. Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, **17**, 323-330

MORETTI M. (2005) – *Le alluvioni nel settore adriatico delle Murge (Terra di Bari): cause geologiche e ruolo dell'azione antropica*. Geologi e Territorio, **3**, 11-12, Ordine dei Geologi della Puglia, Bari

NANNI T., BRUNETTI M., MAUGERI M. (2007) - *Variazioni nella frequenza e nell'intensità delle precipitazioni giornaliere in Italia negli ultimi 120 anni*. In *Clima e Cambiamenti Climatici - le attività*

di ricerca del CNR, CARLI B., CAVARRETTA G., COLACINO M., FUZZI S. (eds.), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma, 229-232

POLEMIO M., CASARANO D. (2008) – *Climate change, drought and groundwater availability in southern Italy*. From: Dragoni W. & Sukhija B.S. (eds) *Climate change and Groundwater*. Geological Society, London, Special Publications, **288**, 39-51

PUGLISI S., ARCIULLI E., MILILLO F. (1991) - *Il ruolo primario delle sistemazioni idraulico-forestali nella difesa di Bari dalle inondazioni*. Monti e Boschi, **1**, 9-16

REGIONE PUGLIA (2007) – *Piano di Tutela delle Acque*. BURP n. 102 del 18 Luglio 2007

RINALDI M., SOLDI P., TUCCI G., RANA G. (2006) – *Relazioni tra variazioni climatiche, risorse idriche e produzioni in Capitanata nell'ultimo decennio*. Bonifica, Aprile, 61-68, Consorzio per la Bonifica della Capitanata di Foggia

SIMEONE V. (2001) - *Climatic changes, groundwater resources pauperizing and desertification risks in Taranto area*. Geologia Tecnica e Ambientale, **2**, 23-32

TIBALDI S., CACCIAMANI C., TOMOZEIU R., PAVAN V. (2007, a) – *Il cambiamento climatico dalla scala globale a quella locale: implicazioni per i fenomeni idraulici e geomorfologici (ma non solo) estremi*. Servizio Idrometeorologico dell'ARPA Emilia-Romagna. Napoli, Castel dell'Ovo, 9-10 Luglio 2007

TIBALDI S., AGNETTI A., ALESSANDRINI C., CACCIAMANI C., PAVAN V., PECORA S., TOMOZEIU R., ZENONI E. (2007, b) - *Il cambiamento climatico nel bacino del Po: variabilità e trend*. Servizio Idrometeorologico dell'ARPA Emilia-Romagna. Parma, 16 Luglio 2007

UNGARO N. (2007) – *Cambiamenti climatici e impatto sull'ambiente marino: il caso del basso Adriatico*. Arpa Puglia. Brindisi, 20 Luglio 2007