

GEOLOGI e TERRITORIO

Periodico di Scienze della Terra dell'Ordine dei Geologi della Puglia

ISSN: 1974-1189



**CRITICITÀ NELLE STIME DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA
PER LA REGIONE PUGLIA**

Vincenzo Del Gaudio

L'IMPIANTO DI AFFINAMENTO ED IL LAGO FORCATELLA A FASANO

Oronzo Santoro



Noi, non l' mianto.

Eliminarlo adesso, con noi costa meno.

Tuteliamo la vostra salute.

I manufatti a base di amianto, soprattutto se danneggiati o deteriorati, possono disperdere fibre altamente pericolose nell'aria e causare asbestosi, carcinomi e mesoteliomi.

CREDITO D'IMPOSTA (50%) PER INTERVENTI DI BONIFICA DELL'AMIANTO ESEGUITI NEL 2016, PER LE IMPRESE.
CENSIMENTO AMIANTO GRATUITO.

CONSULENZA TECNICA GRATUITA

 **080 76 99 58**



TEOREMA®

Servizi per l'innovazione l'ambiente e la qualità della vita

TEOREMA S.p.A.
Via Sammichele Z.I. - Acquaviva delle Fonti (Ba)
Tel. 080769958 - Fax 080762980
www.teoremaspa.it - info@teoremaspa.it

GEOLOGI e TERRITORIO

Periodico dell'Ordine Regionale
dei Geologi - Puglia
Anno XIV - n. 2/2017

Direttore editoriale:
Valletta Salvatore

Direttore responsabile:
Alfarano Espedito

Comitato di redazione:
Amedei Giovanna, Dibenedetto Michele,
De Razza Tiziana, Bonora Davide,
d'Amico Nicola A., Ieva Maria Costantina,
Quarta Giovanni, Tanzarella Vincenzo,
Valletta Salvatore

Comitato scientifico:
Baldassarre Giuseppe, Borri Dino,
Bruno Giovanni, Capolongo Domenico,
Cotecchia Federica, Del Gaudio Vincenzo,
Dellino Pierfrancesco, Di Fazio Antonio,
Fornelli Annamaria, Gallicchio Salvatore,
Leucci Giovanni, Monterisi Luigi,
Negri Sergio, Pagliarulo Rosa,
Paglionico Antonio, Polemio Maurizio,
Ricchetti Giustino, Sabato Luisa, Sansò Paolo,
Santaloia Francesca, Simeone Vincenzo,
Spilotro Giuseppe, Walsh Nicola

Coordinamento scientifico:
Quarta Giovanni, Valletta Salvatore

Segreteria di redazione:
Ieva Maria Costantina, Spizzico Silvio

Redazione, Amministrazione e Pubblicità:
Ordine dei Geologi - Puglia
Via Junipero Serra, 19 - 70125 Bari
www.geologipuglia.it - info@geologipuglia.it

Stampa:
Sagraf Srl - Z.I. Capurso (BA)

Autorizzazione del Tribunale di Bari:
n. 29 del 16.06.2004

Chiuso in tipografia il 28 dicembre 2017

SOMMARIO

2

Editoriale del Presidente dell'ORG - Puglia
Salvatore Valletta

3

**CRITICITÀ NELLE STIME
DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA
PER LA REGIONE PUGLIESE**
Vincenzo Del Gaudio

11

**L'IMPIANTO DI AFFINAMENTO
ED IL LAGO FORCATELLA A FASANO**
Oronzo Santoro

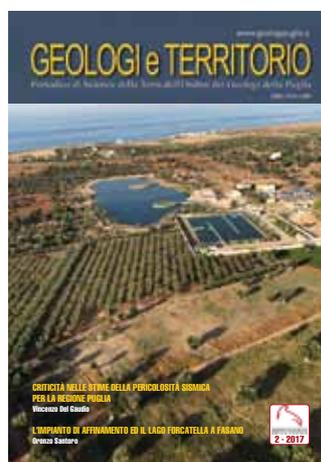


Foto di copertina: L'impianto di
affinamento ed il Lago Forcatella
a Fasano (Br).

Con questo editoriale si avvia il mandato 2017-2021 del nuovo Consiglio che, in continuità con il precedente, sta proseguendo nell'oculata gestione dell'Ordine confermando le quote annuali e continuando nelle azioni a tutela della professione del geologo.

Significativa è stata l'attenzione ai temi della cultura geologica come dimostra la partecipazione alla 5ª edizione della "Settimana del Pianeta Terra - l'Italia alla scoperta delle Geoscienze" con otto eventi in altrettanti Istituti scolastici secondari di secondo grado. È stata questa l'occasione per avviare, sia pure sperimentalmente, nuove e più concrete attività di comunicazione, nella consapevolezza che la più ampia diffusione dei temi e delle problematiche professionali sia oramai elemento imprescindibile per la crescita dell'intera categoria; primo passo in questa direzione è stato quello di individuare un addetto stampa.

Passando alle questioni più squisitamente tecniche, il Consiglio dell'Ordine ha espresso apprezzamento per la recente approvazione della legge che istituisce l'Agenzia regionale strategica per lo sviluppo ecosostenibile del territorio (Asset), organismo che costituirà utile supporto tecnico-operativo alla Regione per la definizione e la gestione delle politiche per la mobilità, la qualità urbana, le opere pubbliche, l'ecologia, il paesaggio e la salvaguardia e prevenzione dei rischi idrogeologici e sismici. Siamo evidentemente consapevoli che non si tratta di una vera e propria Sezione Geologica, ma riteniamo tuttavia l'Agenzia un organismo di concreto supporto alla valutazione ed alla gestione dei georischi, al patrimonio geologico, oltre che alla possibilità di favorire l'aggiornamento della cartografia geologica. Con orgoglio possiamo dire che il risultato raggiunto rappresenta anche la conseguenza di quell'attività di spinta continua nei confronti delle Istituzioni, attività indispensabile se si vuole consegnare alla geologia il ruolo che davvero merita nel contesto delle professioni tecniche.

Di contro, abbiamo manifestato tutto il nostro disappunto nei confronti dello schema di deliberazione della Regione Puglia in merito al "Piano Taranto", ritenendolo non rispondente alle reali necessità tecniche dell'Arpa Puglia. La Regione ha formulato una proposta di un piano di assunzione di figure professionali del Comparto e della Dirigenza, caratterizzate da un eccessivo sbilanciamento in favore di alcune categorie professionali (ingegneri) a scapito di altre necessarie (geologi e non solo). Riteniamo infatti che un Piano adeguato debba partire dalla necessaria integrazione tra i diversi comparti ambientali ed i molteplici aspetti di sostenibilità, senza trascurare il contributo dei professionisti più vicini alle matrici ambientali suolo, sottosuolo e ambiente idrico.

L'Ordine dei geologi della Puglia ha salutato inoltre con favore l'approvazione della normativa che introduce l'equo compenso per tutti i professionisti. La norma, superando il parere contrario dell'Antitrust che aveva indicato come anticoncorrenziale il provvedimento che segnava un passo indietro rispetto all'abolizione dei minimi tariffari, costituisce un momento di rinascita dopo un periodo buio nel quale, essendo venuti meno i riferimenti tariffari, si è assistito ad una "svendita" delle prestazioni professionali molto spesso a discapito della qualità delle stesse. Da questo punto di vista la manifestazione a favore dell'equo compenso del 30 novembre 2017 presso il teatro Brancaccio di Roma, organizzata dalla Rete delle Professioni Tecniche e dal Comitato Unitario degli Ordini e Collegi Professionali, alla quale ha partecipato anche una delegazione del nostro ordine, ha posto al centro il riconoscimento della dignità del lavoro dei professionisti.

Nell'augurare a tutti voi un 2018 pieno di crescita professionale, vi ricordo che troverete anche quest'anno, allegato alla rivista, il tradizionale calendario geologico con le foto premiate nell'ottava edizione del concorso fotografico "Passeggiando tra i paesaggi geologici della Puglia".

CRITICITÀ NELLE STIME DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA PER LA REGIONE PUGLIESE

Vincenzo Del Gaudio

Dipartimento di Scienze della Terra e Geoambientali - Università degli Studi di Bari "Aldo Moro"
vincenzo.delgaudio@uniba.it

1. INTRODUZIONE

Tra i rischi naturali presenti nel territorio pugliese, il rischio sismico ha generalmente ricevuto scarsa attenzione. Il motivo di ciò è da attribuire principalmente al fatto che da oltre 270 anni la Puglia non è colpita da crisi sismiche di impatto regionale, con vittime almeno nell'ordine delle centinaia ed estensione delle aree colpite per migliaia di km². In un paese come il nostro, abituato a focalizzarsi sulle emergenze di tipo diverso che si susseguono giorno per giorno, lasciandosi alle spalle rapidamente la memoria di quelle precedenti, la mancanza di una diretta esperienza o, almeno, di testimoni viventi dell'esperienza di un terremoto distruttivo, ha portato a percepire il rischio sismico come un problema minore per il nostro territorio, quando non a considerare la Puglia una regione asismica praticamente esente da tale rischio. I recenti sismi che hanno colpito l'Italia centrale, dove la perdita della memoria storica dei terremoti del passato ha indotto una analoga trascuratezza della cultura della prevenzione del rischio sismico, dovrebbero essere avvertiti oggi come un monito circa le disastrose conseguenze che questa trascuratezza può comportare.

Di fatto oggi, la prevenzione del rischio sismico in Puglia è quasi esclusivamente affidata alla esistenza di una normativa nazionale di carattere generale relativa alla progettazione di opere di ingegneria civile in area sismica, la cui osservanza non è però sempre scrupolosa, proprio in ragione della debole consapevolezza del problema a tutti i livelli, da quello degli amministratori a quello dei semplici cittadini che, in materia di edificazione, talvolta privilegiano scelte dettate da convenienze di breve termine.

Tale normativa, per altro, poggia su una stima della pericolosità sismica che, per il territorio pugliese, presenta diversi elementi di criticità e di incertezza, da cui deriva la necessità di approfondimenti nello studio della sismicità regionale e delle caratteristiche geologiche locali che possono accentuare la pericolosità sismica. Qui di seguito si traccia un quadro sintetico delle problematiche relative alle stime di pericolosità in Puglia e agli effetti che esse proiettano sulla efficacia delle azioni di prevenzione del rischio, alla luce delle modalità con cui attualmente le normative traggono alcuni parametri della progettazione dalle stime di pericolosità.

2. MODALITÀ DI CALCOLO DELLA PERICOLOSITÀ

La normativa relativa alla progettazione di opere di ingegneria civile in area sismica si basa sulla definizione di

"azioni sismiche di progetto", cioè di un modello schematico delle sollecitazioni sismiche che le opere progettate devono essere in grado di sopportare per garantire definiti obiettivi di operatività e di sicurezza.

Il calcolo delle azioni sismiche di progetto, a sua volta, poggia sulle stime di pericolosità sismica, cioè su una misura di quale livello di scuotimento sismico ha una probabilità talmente bassa di essere superato ("probabilità di eccedenza") che, salvaguardando le costruzioni da tale livello di sollecitazione, il rischio che si verifichino condizioni per le quali le condizioni di sicurezza non sono garantite è contenuto entro limiti accettabili. Per esempio, un tipico livello di scuotimento attraverso il quale si definisce la pericolosità sismica è quello che ha una probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni: secondo un modello statistico comunemente applicato alla distribuzione temporale dei forti terremoti (modello Poissoniano), tale probabilità corrisponde, in media, a un evento infausto ogni 475 anni. Un tipico esempio di mappa di pericolosità, espressa in termini di accelerazione di picco del suolo (PGA - peak ground acceleration) è riportato in Fig. 1.

Mappe di questo tipo sono attualmente ottenute mediante una procedura standard che prevede, inizialmente, il calcolo di una "pericolosità di base", espressa dagli scuotimenti attesi in condizioni di sito standard, caratterizzate da superficie piana e affioramento di suoli rigidi. Tale calcolo è affidato ad un modello statistico della ricorrenza temporale dei terremoti, parametrizzato sulla base della storia sismica pregressa del territorio in esame. In particolare, occorre individuare le aree sorgente dei terremoti pericolosi, capaci di produrre danni nell'area di studio, definendo una suddivisione in zone sismogenetiche, per ciascuna delle quali vanno calcolati i tassi di sismicità, cioè il numero di terremoti di diversa magnitudo attesi per unità di tempo. Attraverso relazioni empiriche, calibrate appunto per il caso di terreni piani e rigidi, si stimano gli scuotimenti attesi ai nodi di un grigliato che copre il territorio studiato, per i diversi terremoti ipotizzati e in funzione della loro distanza dal punto di calcolo.

Benché la normativa nazionale preveda che i parametri delle azioni sismiche di progetto possano essere calcolate in modo semplificato dalla pericolosità di base, per una valutazione completa della effettiva pericolosità sismica riscontrabile localmente occorrerebbe valutare, attraverso indagini di microzonazione sismica, tutti i fattori locali di incremento della pericolosità legati a condizioni di sito diverse da quelle standard. Questa diversità può comportare fenomeni di amplificazione degli

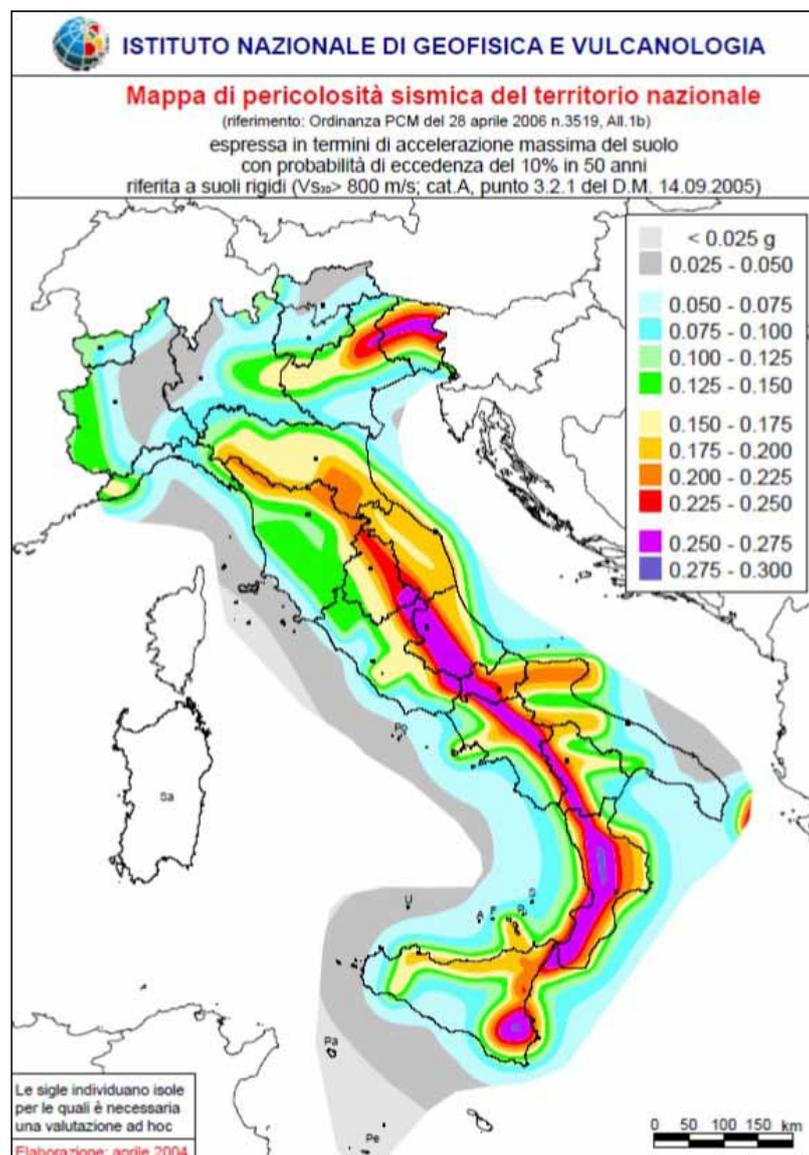


Figura 1 - Mappa nazionale delle accelerazioni di picco del suolo (peak ground acceleration – PGA) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, calcolate per terreni piani e rigidi (da http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html).

scuotimenti osservati rispetto a quelli attesi in condizioni standard (amplificazione di sito) e l'innesco, da parte degli scuotimenti sismici, di fenomeni deformativi dei suoli (cedimenti differenziali, liquefazione, frane) nell'area in cui insiste l'opera progettata, che ne compromettono la stabilità.

Un aspetto critico nel calcolo della pericolosità di base è rappresentato dalla disponibilità di dati sulla sismicità pregressa per una corretta valutazione dei tassi di sismicità. L'analisi della storia sismica di una qualsiasi regione mostra che i terremoti con capacità di produrre danno (magnitudo ≥ 4.0 o intensità macrosismica $\geq V$ grado Mercalli-Cancani-Sieberg - MCS) presentano una distribuzione nel tempo alquanto irregolare, con un addensamento di terremoti in periodi relativamente brevi, alternati a fasi di quiescenza a volte anche molto lunghi. Per questa ragione, una affidabile parametrizzazione dei tassi di sismicità richiede l'accumulo di osservazioni su tempi molto più lunghi dell'intervallo medio di ricorrenza dei

terremoti pericolosi.

Osservazioni di tipo strumentale sui terremoti sono disponibili da poco più di 100 anni e comunque solo da pochi decenni le reti hanno avuto uno sviluppo tale da assicurare parametrizzazioni di buona qualità dei terremoti rilevati. Dato che i forti terremoti in una regione sismicamente attiva hanno tempi di ritorno almeno pluridecennali, quando non plurisecolari, è evidente che i soli dati strumentali sono insufficienti a fornire una robusta base statistica per il calcolo dei tassi di sismicità. Ne consegue che le attuali stime di pericolosità sono principalmente basate sui dati di sismicità storica. Sono state sviluppate, a questo riguardo, tecniche efficaci per ricavare, dalla descrizione degli effetti dei terremoti riportate da varie fonti documentali, i parametri essenziali del terremoto stesso (tempo dell'evento, coordinate epicentrali e magnitudo). Ciò avviene tramite la conversione dei dati descrittivi in intensità macrosismiche del tipo MCS, in modo da definirne la distribuzione spaziale per un terremoto (campo

macrosismico), da cui è possibile ricavare l'epicentro, in posizione baricentrica rispetto alle località che hanno risentito le maggiori intensità, e la magnitudo, tramite relazioni empiriche che la legano all'estensione delle aree che hanno risentito una definita intensità.

Su queste basi sono stati realizzati cataloghi di terremoti specificamente progettati per stime di pericolosità, la cui versione più aggiornata è il catalogo parametrico CPTI15 (Rovida *et al.*, 2016), comprendente oltre 3400 terremoti dal 1000 al 2014. A tale catalogo è collegato un database delle osservazioni macrosismiche (DBM15) relative alle singole località per circa 3200 eventi (Locati *et al.*, 2015). Questi cataloghi forniscono la base statistica per il calcolo dei tassi di sismicità, ma tale base non è sufficientemente robusta per tutto il territorio nazionale, in conseguenza del fatto che ci sono aree che hanno sperimentato in passato un numero troppo limitato di terremoti distruttivi per poterne ricavare parametri statistici affidabili. Questo è appunto il caso della regione pugliese.

3. DATI DI SISMICITÀ STORICA

Una mappa dei massimi scuotimenti sismici documentati storicamente per il territorio pugliese (Fig. 2), evidenzia una considerevole eterogeneità delle caratteristiche di sismicità del territorio pugliese, con un andamento tendenzialmente decrescente dell'energia degli scuotimenti documentati da nord a sud, passando dall'area della Capitanata, alle Murge ed al Salento, sia pure articolato dalla presenza di rilevanti massimi locali nel territorio salentino.

Questo trend appare correlato con il quadro tettonico strutturale, caratterizzato dal fatto che la Puglia insiste su una piattaforma carbonatica emersa al bordo di una microplacca rigida, la placca Adriatica, in rotazione antioraria sotto la spinta contrapposta delle macro-placche Africana ed Euroasiatica. L'interazione di questa microplacca con domini strutturali più deformabili, come

quello della catena appenninica, determina l'accumulo di stress tettonici responsabili del rilascio di energia sismica principalmente lungo la catena, ma anche, meno frequentemente all'interno della stessa microplacca. In questo contesto, l'allungamento della Puglia lungo una direzione obliqua rispetto al fronte dell'orogene determina un gradiente degli stress tettonici, riflesso anche dal decrescente livello di sollevamento dei blocchi in cui è segmentata la piattaforma carbonatica, andando dal promontorio del Gargano, all'altopiano murgiano e al Salento (Doglioni *et al.*, 1994), cui è associato un correlato decremento della sismicità.

Ne consegue che la parte della Puglia che storicamente è stata interessata dai terremoti più distruttivi, con effetti fino al X grado MCS, è quella settentrionale, corrispondente all'area storicamente denominata "Capitanata". Benché sia opinione diffusa che i maggiori fenomeni sismici pugliesi si siano localizzati nel promontorio garganico, la suddetta mappa mostra che effetti sismici altamente distruttivi si sono verificati in passato anche nel Sub-appennino Dauno e nel Tavoliere.

Il più antico terremoto per il quale è riportato un numero rilevante di vittime (nell'ordine di 4000) è quello che 17 luglio 1361 colpì Ascoli Satriano, con un'area di danneggiamento severo che si estese almeno fino a Canosa dove crollarono parte delle mura e molti edifici (Boschi *et al.*, 2000). Sulla base delle caratteristiche complessive del campo macrosismico, il catalogo CPTI15 gli attribuisce una magnitudo di 6.0 ± 0.5 . Si tratterebbe quindi di un terremoto di energia relativamente moderata, rispetto al quale l'abnorme numero di vittime può trovare spiegazione in fenomeni di amplificazione e/o nell'innescio di movimenti franosi che possono aver destabilizzato i suoli di fondazione dell'edificio.

Successivamente a questo evento, per circa 270 anni, non sono riportati in catalogo forti terremoti fino al 1627, anno di inizio di un periodo di intensa attività sismica. Il

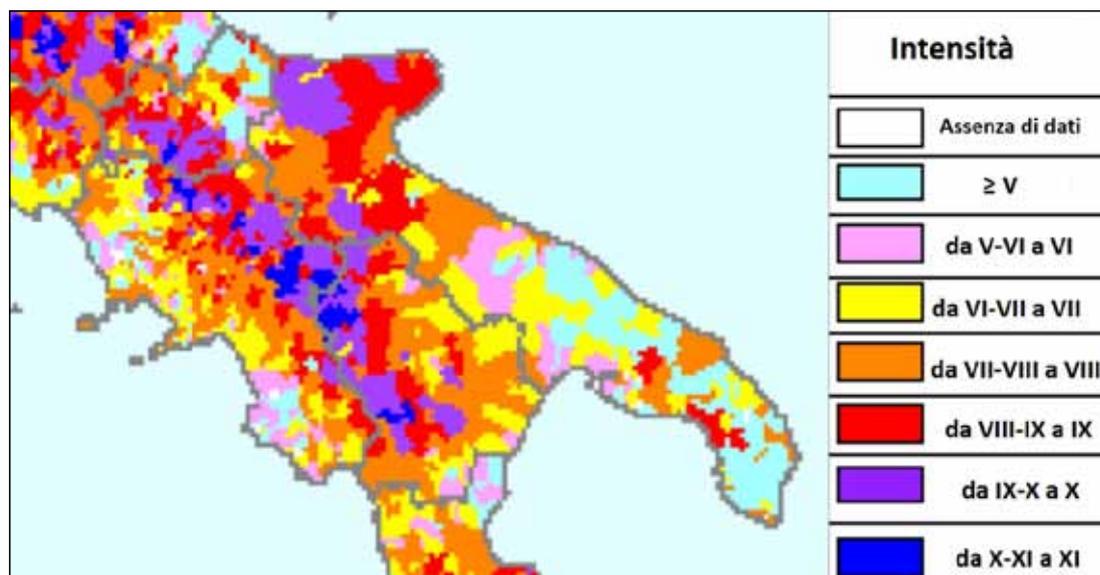


Figura 2 - Mappa delle massime intensità macrosismiche documentate per l'area pugliese (modificato da Camassi *et al.*, 2000).

30 luglio 1627 un disastroso terremoto causò 5000 vittime nel nord del Tavoliere, principalmente concentrate negli abitati di Serracapriola (2000), Apricena (900), San Severo (800), San Paolo di Civitate (350), Torremaggiore (300) e Lesina (150) (Boschi *et al.*, 2000). Di questo terremoto esistono diverse cronache e relazioni contemporanee, compreso uno dei primissimi esempi di ‘carta macrosismica’ (Fig. 3), in cui è adottato un simbolismo per rappresentare diversi livelli di danneggiamento.

A questo terremoto fu anche associato uno tsunami, testimoniato da varie fonti coeve, che colpì un tratto di costa adriatica dalla foce del Sangro fino a Manfredonia, ma con gli effetti maggiori in corrispondenza di Lesina, nel cui lago Gianfreda *et al.* (2001) hanno trovato tracce geologiche del fenomeno, sotto forma di depositi di età cronologicamente compatibile, associati ad una violenta ingressione marina. E’ da sottolineare che lo studio citato ha anche evidenziato depositi della stessa natura datati a circa 1000 e 2000 anni prima, che suggeriscono il ripeter-

si di eventi tsunamogenici, sia pure ad intervalli di tempo molto lunghi.

Meno di vent’anni dopo, il 31 maggio 1646, un evento di magnitudo simile ($M_w = 6.7 \pm 0.3$) colpì il nordovest del promontorio garganico, ed in particolare Ischitella, Vico del Gargano, Vieste e Peschici. Danni molto gravi furono riportati anche a notevole distanza dall’area epicentrale, in particolare a Canosa (Camassi *et al.*, 2008). Il numero di vittime fu molto al di sotto dell’evento precedente, probabilmente a causa della minore densità di popolazione. Undici anni più tardi, il 29 gennaio 1657, un altro terremoto di magnitudo 6.0 ± 0.2 produsse danni notevoli di nuovo a Lesina, San Severo, Torremaggiore, Apricena, ma anche a Monte Sant’Angelo, concludendo un trentennio di intensa sismicità.

A distanza di 74 anni, il 20 marzo 1731, ad essere pesantemente colpito fu il Tavoliere centro-meridionale. Un terremoto di magnitudo 6.3 ± 0.1 causò gravi distruzioni soprattutto a Foggia, dove si ebbero 500 morti, ed a

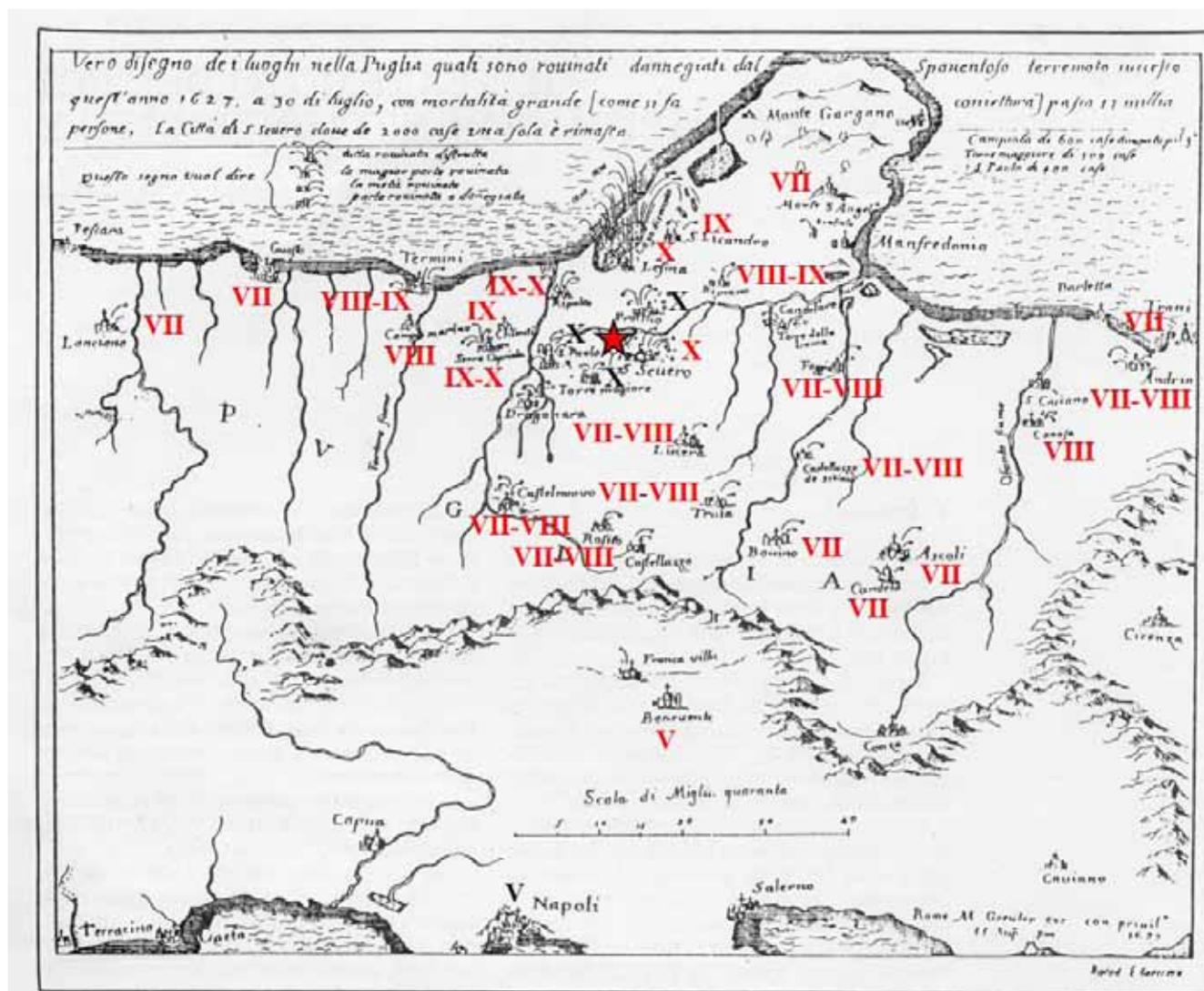


Figura 3 - Mappa degli effetti del terremoto del 1627 di Matthäus Greuter (modificata dalla versione pubblicata da Molin e Margotini, 1982), con sovrapposti la localizzazione dell’epicentro (stella rossa) e lei intensità macrosismiche MCS riportate dal catalogo DBMI15 (Locati *et al.*, 2015).

Cerignola, con un pesante bilancio di vittime, dell'ordine del migliaio, nelle circostanti aree rurali.

Dopo di questo terremoto, anche se scosse con effetti di danno e qualche vittima sono riportati dai cataloghi storici (per esempio una scossa di magnitudo 5.4 ± 0.2 il 10 agosto 1893, che fece quattro vittime a Mattinata), per la Puglia settentrionale non si hanno notizie di crisi sismiche di impatto paragonabile a quello dei terremoti avvenuti tra il '600 e il '700.

A sud dell'Ofanto, nella Puglia centrale, i cataloghi storici riportano un solo evento sismico noto per aver causato un numero incerto, ma comunque limitato, di vittime, in corrispondenza di un terremoto di magnitudo 5.6 ± 0.5 verificatosi l'11 maggio del 1560, con effetti dell'VIII grado MCS a Barletta e Bisceglie, dove si ebbe un numero imprecisato di vittime, e del VII grado a Giovinazzo, dove crollò uno delle due torri campanarie della cattedrale. La localizzazione epicentrale di questo terremoto è incerta e, dato che tutte le località che lo hanno maggiormente risentito sono in zona costiera, è stato anche ipotizzato che la sorgente fosse in mare o persino lungo le prospicienti coste balcaniche.

In Salento i dati di sismicità storica sono anche più scarsi con due soli eventi di magnitudo modesta (4.2 - 4.5) e intensità massima del V grado MCS riportati in catalogo, localizzati in prossimità di Manduria e di Nardò, rispettivamente nel 1710 e nel 1909. Rispetto a questo quadro rassicurante, però, una vistosa eccezione è rappresentata da un terremoto di incerta localizzazione che il 20 febbraio 1743 causò un considerevole numero di morti in alcuni centri del Salento, in particolare tra 120 e 400 nella sola Nardò, ed altri, in numero più limitato, tra Brindisi, Francavilla Fontana, Galatina e Taranto (Boschi *et al.*, 2000; Galli & Naso, 2008). Questo terremoto ebbe un'area di risentimento molto estesa (da Malta fino all'Italia settentrionale) e con danni e vittime in alcune isole greche dello Ionio (Lefkada, Corfù, Zante). La localizzazione epicentrale è resa incerta dalla irregolarità del campo macrosismico che mostra una dispersione di effetti di intensità molto variabile entro brevi distanze (Fig. 4), sicché risulta difficile individuare un'area ristretta di massimo risentimento. Il catalogo CPTI colloca la sorgente nel Canale d'Otranto in un'area dove, in tempi più recenti, è stata registrata da reti strumentali una certa attività sismica. Il forte risentimento in Salento può essere stato favorito dalla ridotta attenuazione delle onde sismiche che si propagano attraverso la struttura rigida della Placca Adriatica, il che accentua sistematicamente il risentimento di terremoti di area greco-ionica anche relativamente distanti (Pierrri *et al.*, 2013). Tuttavia la irregolare distribuzione dei livelli di danneggiamento suggerisce che questi siano stati il risultato di effetti di sito legati alla geologia locale. Questa è caratterizzata dall'alternanza di alti strutturali della piattaforma carbonatica, dove sono presenti affioramenti di roccia, con bassi strutturali riempiti da depositi sabbioso-argillosi pleistocenici per spessori dell'ordine della ventina di metri (Galli & Naso, 2008).

È questo un tipo di situazione che può indurre elevate amplificazioni a frequenze di risonanza proprie delle costruzioni di pochi piani, tipiche dell'edilizia tradizionale locale.

Successivamente a questo terremoto, nessun altro evento sismico ha prodotto in Puglia estesi danneggiamenti e un alto numero di vittime. Questa fortunata circostanza ha, per altro, favorito una ridotta percezione dell'esistenza di un'attività sismica pericolosa e di un rischio associato ad essa.

4. ASPETTI PROBLEMATICI DEL CALCOLO DELLA PERICOLOSITÀ PER LA PUGLIA

Il catalogo storico dei terremoti fornisce una base essenziale per il calcolo della pericolosità. Tuttavia, nel flusso di calcolo che conduce a queste stime, esistono alcuni passaggi critici che ne possono minare l'affidabilità, soprattutto quando sussistono situazioni che, sfortunatamente, sono presenti nel nostro territorio regionale.

Il primo passaggio critico è la delimitazione delle zone sismogenetiche: il metodo di calcolo utilizzato assume che la capacità di generare terremoti di una zona sismogenetica è, al suo interno, omogenea, sicché, partendo dal numero di terremoti del catalogo che rientrano entro i confini della zona, i tassi di sismicità si ricavano "spalmando" i dati di sismicità storica su tutta la zona. E' quindi essenziale la corretta identificazione delle strutture sismogenetiche responsabili dei terremoti storici e, potenzialmente, dei futuri terremoti attesi, dato che la delimitazione di tali zone incide pesantemente sul risultato delle stime di pericolosità. Purtroppo le strutture che hanno generato i maggiori terremoti nel nord della Puglia sono state definite solo in via ipotetica, dal momento che mancano evidenze dirette di rotture di faglia riconducibili a questi terremoti. Ciò trova spiegazione nell'idea che le sorgenti di tali terremoti sono faglie cieche, la cui rottura non è arrivata in superficie.

Il modello sismogenetico attualmente utilizzato per il calcolo della pericolosità associa il maggiore terremoto della storia pugliese, cioè quello del 1627, ad un'unica struttura trascorrente destra che si sviluppa a partire dalla faglia rottasi in occasione del terremoto di San Giuliano del 2002, fino alla faglia di Mattinata (o Sud-garganica) e si prolunga in Adriatico nella "Linea di Gondola" (DISS, Working Group, 2015). La rottura del 1627 corrisponderebbe a un tratto intermedio di questa linea tettonica che passerebbe sotto il Tavoliere, ma di cui non ci sono evidenze in superficie.

Questa ricostruzione è ancora controversa e sono state avanzate ipotesi alternative, dal momento che alcune caratteristiche del terremoto del 1627 e la distribuzione della sismicità registrata strumentalmente negli ultimi decenni sono difficilmente inquadrabili in questo modello. Per esempio, la più forte scossa sismica registrata strumentalmente negli ultimi 60 anni, avvenuta il 30 settembre 1995, con magnitudo di momento sismico $M_w=5.2$, ha avuto origine in un'area a nord della faglia di Matti-

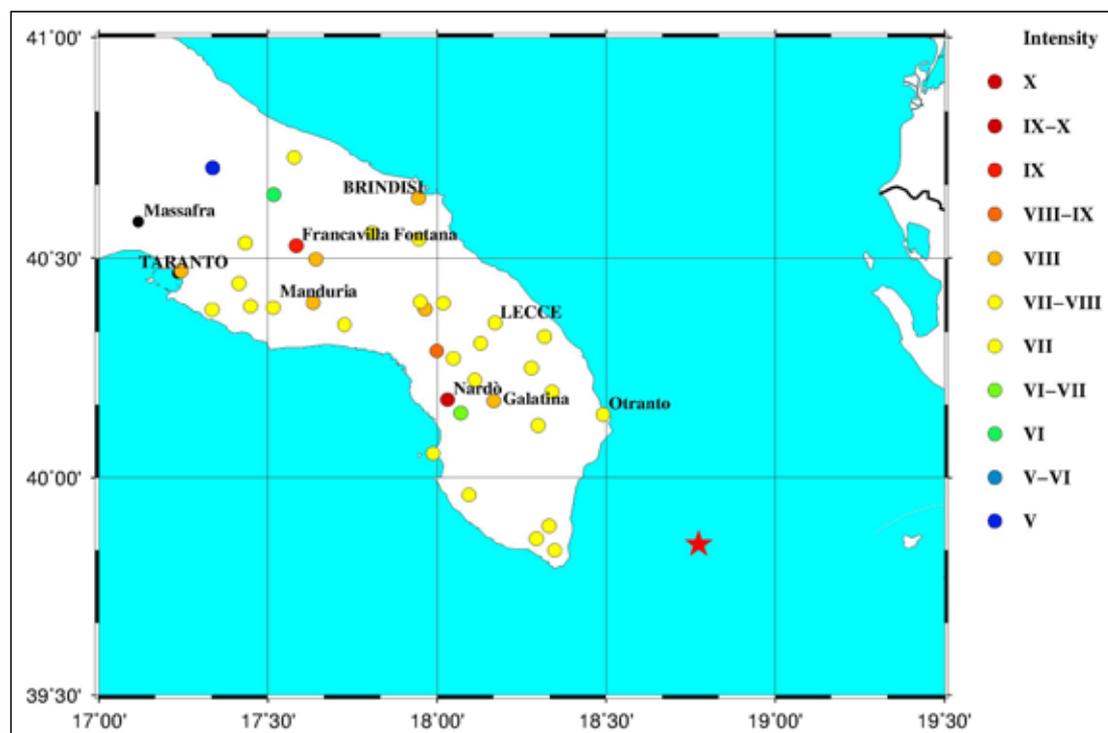


Figura 4 - Campo macrosismico del terremoto del 20 febbraio 1743 (dati da Locati *et al.*, 2015). Le intensità sono riportate secondo la scala di colori in legenda. La stella rossa indica la localizzazione epicentrale riportata da Rovida *et al.*, 2016.

nata e la distribuzione degli aftershock individua una rottura di faglia lungo un piano ad alto angolo in direzione NNE-SSW, immergente verso l'Adriatico (Fig. 5).

La soluzione al problema della identificazione della sorgente del 1627, così come degli altri maggiori terremoti (1646, 1731) richiederà che si continuino a studiare le caratteristiche sismotettoniche di quest'area. Un contributo importante, a questo fine, può derivare dal monitoraggio continuo dell'attività sismica anche di bassa energia, attraverso il potenziamento delle reti strumentali esistenti, dato che questa può fornire indicazioni sulla presenza di strutture attive lungo le quali si scaricano gli stress tettonici.

Un secondo aspetto critico delle stime ha a che vedere con la circostanza, precedentemente sottolineata, che i tempi medi di ricorrenza temporale dei forti terremoti nel nord della Puglia sembrano essere molto lunghi, sicché risulta problematico vincolare bene la stima dei tassi di sismicità di una zona sismogenetica. Il modello statistico di ricorrenza temporale adottato è quello Poissoniano, che implica una forte variabilità dei tempi che intercorrono tra eventi successivi, assumendo però costante il tempo medio di ritorno T_R , se misurato su intervalli molto più lunghi di T_R . Dal valore di questo parametro si ricava la stima della probabilità di occorrenza di eventi sismici su gli archi di tempo per i quali vanno valutate le azioni sismiche di progetto.

La stima di T_R dai dati di un catalogo sismico non è affidabile se questo non copre un intervallo di tempo sufficientemente lungo da contenere un numero elevato di eventi. E' chiaro quindi che, per la Puglia, il record storico che riporta pochissimi eventi di magnitudo maggiore di 6.0, quasi tutti concentrati in un intervallo pari

a circa un decimo della estensione temporale dell'intero catalogo, non fornisce adeguati vincoli alla stima dei tassi di sismicità proprio per le magnitudo più significative dal punto di vista del rischio.

A questo riguardo, può di nuovo venire in soccorso l'acquisizione di dati strumentali di bassa energia. E' noto che il numero di terremoti di differente magnitudo che si verificano in una data area per unità di tempo segue una legge individuata da Gutenberg & Richter (1944), secondo la quale il logaritmo del numero $N(M)$ di terremoti di magnitudo pari o superiore ad M è una funzione lineare decrescente di M del tipo

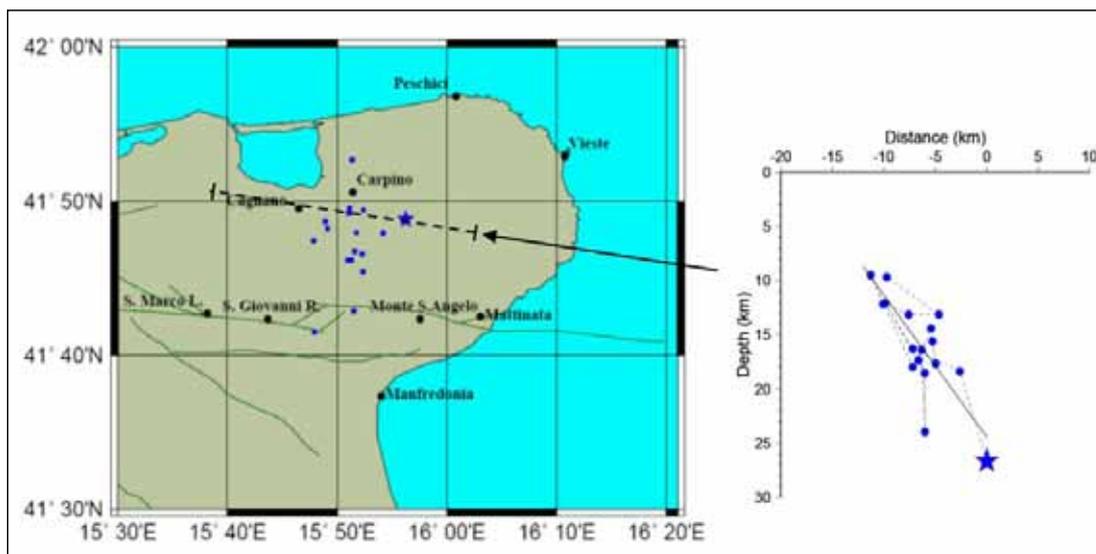
$$\log N(M) = a - b \cdot M \quad [1],$$

dove a dipende dall'area considerata e b è un coefficiente che ha valori variabili attorno a 1, in relazione alle caratteristiche degli stress agenti sulle strutture sismogenetiche.

Il numero di terremoti di magnitudo tale da determinare effetti di danno può quindi essere stimato se si calcolano i coefficienti a e b della [1]. Questi, a loro volta, possono essere meglio vincolati integrando i dati della sismicità storica con quelli strumentali relativi a eventi di bassa energia, nonostante le incertezze legate al fatto che, per alcuni intervalli di magnitudo, i cataloghi storico e strumentale possono essere poco rappresentativi: quello strumentale per la sua limitata estensione temporale rispetto alla ricorrenza temporale dei terremoti più forti, e quello storico per l'incompletezza delle informazioni su terremoti di energia più modesta (vedi Fig. 6).

Un terzo problema nelle stime di pericolosità deriva dal ruolo che sugli effetti di un terremoto ha la risposta

Figura 5 - Eventi localizzati della sequenza sismica del 1995: localizzazione epicentrale (a sinistra) e distribuzione in profondità dei fuochi, proiettati lungo la sezione in tratteggio. La stella blu rappresenta l'ubicazione del mainshock del 30 settembre, di magnitudo 5.2, i puntini blu quelle degli aftershock, unite da una linea sottile in tratteggio, secondo la sequenza temporale degli eventi, a partire dalla scossa principale (modificato da Del Gaudio *et al.*, 2007).



sismica di sito. L'analisi dei campi macrosismici dei terremoti storici evidenzia la presenza di località che mostrano sistematicamente risentimenti insolitamente elevati, considerando la loro distanza dalla zona sorgente. E' questo il caso, per esempio, di Canosa, che ha registrato danni importanti anche per terremoti piuttosto distanti (per esempio quello garganico del 1646) e, comunque, intensità superiori rispetto ad altre località poste a distanze epicentrali comparabili o persino molto inferiori (per esempio, VII-VIII grado MCS per il terremoto di magnitudo 6.5 ± 0.1 che colpì il Vulture il 14 agosto 1851). Ciò suggerisce la presenza di fenomeni di amplificazioni di sito che innalzano la pericolosità sismica rispetto a quella "di base" riportata nelle mappe nazionali (come quella di Fig.1).

Come osservato da Galli & Naso (2008), gli effetti di sito possono condizionare anche la definizione dei parametri di un terremoto storico ricavati dal campo macrosismico: si prenda il caso del terremoto dauno del 1361, per il quale l'attribuzione di una magnitudo pari a 6.0 è fortemente legata agli effetti osservati, oltre che ad Ascoli Satriano (dove potrebbero essere stati esaltati da cedimenti dei pendii), anche proprio dalla elevata intensità riscontrata a Canosa. A questo c'è da aggiungere che l'effettiva pericolosità sismica locale può risultare molto superiore a quella di base stimata a scala nazionale, anche introducendo i criteri correttivi previsti per il calcolo delle azioni sismiche di progetto fondate su una classificazione semplificata delle condizioni di sito. Questi ultimi, infatti, non prevedono incrementi del moto del suolo superiori all'80% per l'amplificazione stratigrafica e del 40% per quella topografica. Casi come quelli del terremoto salentino del 1743 dimostrano che le intensità locali possono presentare, per effetti di sito, incrementi fino ad almeno 2 gradi, il che significa circa due ordini di grandezza in termini di scuotimenti sismici. Va, per altro, ricordato che la normativa raccomanda l'adozione degli schemi semplificati di calcolo solo per condizioni

di sito riconducibili a situazioni semplici come quelle descritte dalle categorie di suolo da A ad E, e che l'uso di tali approcci semplificati non può essere esteso in maniera generalizzata e sostitutiva di un complesso di indagini specifiche di microzonazione. Queste, d'altra parte, permettono di affrontare il problema dell'accertamento della pericolosità locale senza dover attendere l'osservazione diretta degli effetti di sito in occasione di forti terremoti.

3. CONCLUSIONI

La percezione del rischio sismico in Puglia è fortemente indebolito dalla circostanza che, in questo territorio, terremoti in grado di produrre gravi danni avvengono ad intervalli di tempo che coprono multiple generazioni. La mancanza di esperienze dirette di eventi sismici, o almeno

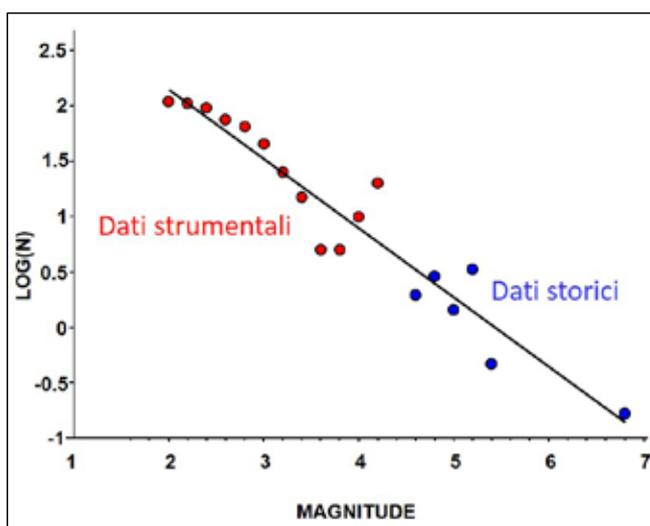


Figura 6 - Grafico rappresentativo dei tassi di sismicità di una zona sismogenetica, in cui, secondo la legge di Gutenberg-Richter (1944), il logaritmo del numero di terremoti di magnitudo maggiore o uguale ad M decresce linearmente con il valore di M . Nel grafico sono combinati dati relativi ad eventi di bassa magnitudo registrati strumentalmente (in rosso) con eventi maggiori riportati in cataloghi storici (in blu).

di una memoria trasmessa oralmente da una generazione alla successiva, ha portato ad una sottovalutazione del problema e ad una scarsa attenzione rispetto all'adozione di misure di prevenzione del rischio.

I dati di sismicità storica indicano che terremoti che hanno causato un elevato numero di vittime si sono verificati almeno in cinque occasioni negli ultimi 1000 anni (1361, 1627, 1646, 1731, 1743), quasi tutte, tranne la prima, concentrate in un intervallo di soli 116 anni e quasi tutte, tranne l'ultima, nel nord della Puglia. In questi eventi, un ruolo importante nel determinarne i pesanti effetti lo hanno avuto sia, per quanto riguarda i terremoti della Capitanata, l'attivazione di strutture sismogenetiche locali, sia, soprattutto per il terremoto salentino del 1743, ma non solo, l'effetto moltiplicativo del danno prodotto dalla risposta di sito. Quest'ultimo può rendere pericolosi persino terremoti con origine relativamente distante, al di fuori del territorio regionale.

Su entrambi gli aspetti, la identificazione delle strutture sismogenetiche responsabili dei maggiori terremoti del passato e del ruolo avuto dagli effetti di sito nel quadro di danneggiamento, esistono incertezze che rendono problematica una corretta valutazione della pericolosità. A ciò si aggiungono le difficoltà legate a una base di dati statisticamente debole nella definizione dei tassi di sismicità, in conseguenza del limitato record storico disponibile.

Questi problemi, per altro, possono essere affrontati approfondendo sia la ricerca sulla sismicità regionale, sia lo studio del territorio attraverso indagini di microzonazione. Si tratta, naturalmente, di avere la lungimiranza di investire risorse adeguate in questi studi, senza attendere la spinta emotiva della prossima catastrofe sismica, con la consapevolezza che le risorse investite nella prevenzione degli effetti futuri si risolverà in un risparmio sia in termini economici che di lutti e devastazioni.

BIBLIOGRAFIA

BOSCHI E., GUIDOBONI E., FERRARI G., MARIOTTI D., VALENSISE G., GASPERINI P. (2000) - *Catalogue of strong Italian earthquakes from 461 B.C. to 1997*. Ann. Geofis., 43, 609-868.

DOGLIONI C., MONGELLI F., PIERI P. (1994) - *The Puglia uplift (SE Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere*. Tectonics 13, 1309-1321.

CAMASSI R., ERCOLANI E., MIRTO C., STUCCHI M. (2000) - *Analisi e confronti verso la nuova mappa delle massime intensità macrosismiche osservate*. In: Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), a cura di F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez. CNR-GNDT, 345-355.

CAMASSI R., BERNARDINI F., CASTELLI V., MELETTI C. (2008) - *A 17th Century Destructive Seismic Crisis in the Gargano Area: Its Implications on the Understanding of Local Seismicity*. J. Earthq. Eng., 12, 1223-1245.

DEL GAUDIO V., PIERRI P., FREPOLI A., CALCAGNILE G., VENISTI N. & CIMINI G. (2007) - *A critical revision of the seismicity of Northern Apulia (Adriatic Microplate - Southern Italy) and implications for the identification of seismogenic structures*. Tectonophysics, 436 (1/4), 9-35, doi:10.1016/j.tecto.2007.02.013.

DISS WORKING GROUP (2015) - *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; doi:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.0.

GALLI P., NASO G. (2008) - *The 'Taranta' Effect of the 1743 Earthquake in Salento (Apulia, Southern Italy)*, Boll. Geof. Teor. Appl., 49 (2), 177-204.

GIANFREDA F., MASTRONUZZI G., SANSÒ P. (2001) - *Impact of historical tsunamis on a sandy coastal barrier: an example from the northern Gargano coast, southern Italy*, in Natural Hazard and Earth System Science, 1, 213-219.

GUTENBERG B., RICHTER C.F. (1944) - *Frequency of earthquakes in California*. Bulletin of Seismological Society of America, 34, 185-188.

LOCATI M., CAMASSI R., ROVIDA A., ERCOLANI E., BERNARDINI F., CASTELLI V., CARACCILO C. H., TERTULLIANI A., ROSSI A., AZZARO R., D'AMICO S., CONTE S., ROCCHETTI E. (2015) - *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macro-seismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>.

MOLIN D., MARGOTTINI C. (1982) - *Il terremoto del 1627 nella Capitanata settentrionale. Contributo alla caratterizzazione della sismicità del terremoto italiano*. Memorie presentate al Convegno annuale del Progetto Finalizzato Geodinamica del C.N.R. sul tema: "Sismicità dell'Italia: stato delle conoscenze scientifiche e qualità della normativa sismica", Udine, 12-14 maggio 1981, Commissione ENEA-ENEL per lo studio dei problemi sismici connessi con la realizzazione di impianti nucleari, Roma, 251-279.

PIERRI P., DE LORENZO S., CALCAGNILE G. (2013) - *Analysis of the Low-Energy Seismic Activity in the Southern Apulia (Italy)*, Open Journal of Earthquake Research, 2, 91-105.

ROVIDA A., LOCATI M., CAMASSI R., LOLLI B., GASPERINI P. (editors) (2016) - *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, <https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>.

L'IMPIANTO DI AFFINAMENTO ED IL LAGO FORCATELLA A FASANO

Oronzo Santoro

AquaSoil srl - o.santoro@aquasoil.it

Iscritto ORG Puglia n. 192



La Puglia è una regione ricca di acqua. Una potentissima falda sotterranea si è accumulata ed è custodita in acquifero carsico. In condizioni di equilibrio idrologico ed idrogeologico, le piogge si infiltrano nel sottosuolo a formare una riserva idrica di straordinaria qualità, molto resiliente alle variabilità climatiche stagionali e disponibile per qualsiasi uso potabile, produttivo e agricolo.

Dagli anni '50 i processi accelerati di antropizzazione e lo sviluppo del territorio, a volte mal governati, insieme agli eccessivi prelievi hanno profondamente alterato gli equilibri idraulici e idrogeologici della falda carsica, facendo sì che, ancora oggi, buona parte delle precipitazioni stagionali si disperda a mare lungo le strade, le piazze, i suoli impermeabilizzati dall'eccessivo sfruttamento, attraverso un sistema idrografico artificiale che ha obliterato e cancellato la struttura idrografica naturale del territorio carsico e alterato i bilanci e gli equilibri tra acque dolci e acque di intrusione salina con conseguente salificazione della risorsa idrica, evoluzione dei processi di desertificazione e crisi idriche strutturali.

Il progetto del riutilizzo in agricoltura di acque reflue affinate a Fasano trae le sue origini agli inizi degli anni '90 quando, in Puglia, si sviluppò una profonda crisi ed emergenza idrica.

La depurazione delle acque e lo scarico a mare offrì lo spunto per una soluzione alternativa alla crescente richiesta idrica: *il recupero della risorsa, la costruzione di un impianto di affinamento e di una rete irrigua per il riutilizzo in agricoltura delle acque reflue affinate.*

E' stata posta, da subito, l'attenzione sulla qualità e il gradimento della risorsa idrica recuperata, attraverso l'adozione di strategie gestionali attente ai controlli, alla informazione ed all'applicazione di tecnologie sostenibili economicamente ed ambientalmente.

Il depuratore comunale di Fasano è autorizzato, ai sensi della Parte Terza del D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 e s.m.i., all'esercizio dello scarico nel Mare Adriatico, per circa 6000 mc/giorno; le acque depurate rispettano i limiti di emissione imposti dalla Tabella 1 dell'Allegato 5 dello stesso Decreto.

Il riutilizzo produttivo delle acque in agricoltura prevede, per tutti i parametri analitici e microbiologici, il rispetto dei limiti tabellari previsti dal D.M. 185/2003. Tali limiti possono essere raggiunti mediante trattamenti aggiuntivi «terziari» che dimostrino grandi efficienze, in particolar modo per quanto riguarda la riduzione dei Solidi Sospesi Totali, i valori microbiologici di Escherichia



Figura 1 – L'impianto di affinamento ed il Lago Forcatella a Fasano (Br).

Coli, alcuni metalli, il rapporto P/N, i Fenoli Totali e il COD.

Si rendono necessari trattamenti terziari avanzati adeguati agli obiettivi da perseguire, che assicurino la produzione di acque di elevata qualità e di gradimento per gli utenti agricoli.

A tal fine, il moderno impianto di affinamento di Fasano Forcatella intercetta le acque in uscita del depuratore comunale, conformi ai limiti della Tab.1 All. 5 del D.Lgs. 152/2006, altrimenti destinate allo scarico in mare in battaglia. Le acque vengono trattate con la tecnologia ed il processo integrato di chiariflocculazione/disinfezione/adsorbimento denominata MITO₃X® (deposito WO2016/194009).

Le acque affinate vengono immesse in due grandi bacini, ormai conosciuti come 'Lago Forcatella' entro i quali si concretizza la strategia volta al riutilizzo di tutta la risorsa idrica recuperata, pari a ca. 1.750.000 mc/anno, al fine di perseguire compiutamente gli scopi dell'economia circolare applicata alle risorse idriche.

La tecnologia MITO₃X® è capace di integrare più processi terziari in un sistema compatto multifunzionale con significative semplificazioni impiantistiche e consu-

mi energetici specifici ridotti. La tecnologia permette di iniettare, in aspirazione ad una pompa centrifuga, reagenti allo stato solido, liquido e gassoso alle varie dosi e in varie combinazioni. Il sistema è progettato in particolare per:

- aspirare le acque da trattare;
- iniettare gli specifici reagenti richiesti dal processo;
- mescolare le acque da trattare con i reagenti attraverso la centrifuga della pompa di aspirazione;
- pompare gli effluenti alle fasi successive di processo.

Gli effetti della tecnologia sono riconducibili alla disaggregazione delle particelle, dosaggio combinato e mixing elevato, promozione di reazioni parallele, ottimizzazione della distribuzione della concentrazione dei reagenti e del tempo di contatto e controllo avanzato del processo.

Nell'applicazione specifica del 'Lago Forcatella', si applica il processo integrato di chiariflocculazione, disinfezione ed adsorbimento mediante il dosaggio controllato, in flangia, di coagulante (policloruro di alluminio), disinfettante chimico (sodio ipoclorito) e carboni attivi vegetali in polvere dispersi in fase liquida nelle dosi richieste dalla qualità delle acque inviate al trattamento terziario.

La matrice così dosata viene inviata ai sedimentatori a pacchi lamellari, dove si completano le reazioni del processo e si separa la fase solida (fanghi da inviare ai trattamenti di fitodisidratazione e poi al recupero/smaltimento) dall'acqua affinata per il riutilizzo.

L'acqua recuperata è raccolta in bacini di accumulo, stabilizzazione e naturalizzazione di circa 50.000 mc, volano necessario per la gestione della variabilità giornaliera delle portate richieste dall'utenza agricola. I bacini di accumulo e post trattamento sono attrezzati per disperdere sul suolo, mediante trincee drenanti, le aliquote di acque prodotte e non utilizzate.

Il documento della commissione europea sulle linee guida del riutilizzo (che il Piano di Tutela delle Acque della Puglia recepisce in pieno), parte dalla definizione di riutilizzo e lo classifica in due principali tipologie, diretto e indiretto elencando i diversi usi che l'acqua riutilizzata può avere:



Figura 2 – Esempio di applicazione della tecnologia MITO₃X®.



Figura 3 – Bacini di accumulo.

- uso agricolo per l'irrigazione delle colture (alimentari e non alimentari), pascoli e acquacoltura;
- usi industriali per il raffreddamento, lavaggio, compattazione del suolo e controllo delle polveri;
- usi urbani per l'irrigazione di parchi pubblici, impianti sportivi, giardini privati, strade, pulizia delle strade, sistemi di protezione antincendio, lavaggio di veicoli, servizi igienici, condizionatori d'aria e controllo delle polveri;
- uso ambientale per il ripristino di ecosistemi acquatici o la creazione di nuovi ambienti acquatici; aumento di flusso, ricarica degli acquiferi (per il controllo dell'intrusione salina);
- aumentare la disponibilità di acqua per la (successiva) produzione di acqua potabile.

Le acque prodotte a Forcatella vengono impiegate in parte per il riutilizzo agricolo e produttivo (R1), in parte per il riutilizzo ambientale diretto (R2) e, in parte, per il riutilizzo ambientale indiretto (R3) attraverso la ricarica indiretta della sottostante falda acquifera salata su cui si va a formare una lente di acqua dolce, utile barriera all'intrusione salina. Pertanto il processo si chiude e centra il risultato dell'economia circolare di $R1+R2+R3 = \text{Recupero Integrale e Scarico zero}$.

La qualità richiesta alle acque di recupero per il riutilizzo integrale agricolo e ambientale deve essere tale da assicurare biostabilità e basso contenuto di sostanze organiche, nutrienti, sostanze colloidali, solidi sospesi e microinquinanti nei limiti, in maniera tale da assicurare una qualità delle acque, da invasare, prossima a quella prevista per l'uso potabile. Il processo e la tecnologia MITOX[®], applicata a Fasano, assicurano questo risultato.

La falda idrica profonda è interessata, localmente, da processi avanzati di contaminazione salina e la salinità al tetto della falda è di circa 10 g/L.

L'intrusione salina è un processo che sta deteriorando la qualità delle acque sotterranee dell'acquifero carsico pugliese. Le acque di riuso, utilizzate in questa applica-

zione, costituiscono, con la ricarica indiretta della falda, un'opzione molto importante per controllare il processo in questione in quanto, soprattutto nelle zone costiere, possono formare un utile "argine d'acqua costruito" per la mitigazione di questo fenomeno.

Ne consegue l'utilità di destinare allo smaltimento sul suolo, attraverso trincee attive drenanti, la quota di acqua affinata, e non altrimenti utilizzata, con l'effetto di costruire in falda un serbatoio di accumulo e riserva di acque di eccellente qualità da destinare, all'occorrenza, ai vari usi compreso il possibile riuso potabile.

A tale proposito si segnala la ricerca in corso: "Potabilizzazione Sperimentale delle acque affinate ai sensi del DM 12 giugno 2003 n. 185 Art. 25 - L.R. stabilità n. 1/2016". Con la sperimentazione si sta studiando la possibilità di spingere l'affinamento di Fasano Forcatella fino al riuso potabile della risorsa idrica recuperata, attraverso l'integrazione del processo terziario in piena scala con trattamenti di biofiltrazione a carboni attivi e ossidazione avanzata con H₂O₂/O₃/UV. La sperimentazione ha già raccolto risultati preliminari molto promettenti da un punto di vista della qualità chimica ed ecotossicologica delle acque, con un lieve incremento dei costi operativi di processo che dagli attuali 0,13-0,18 €/mc di acqua trattata passerebbero a costi stimati di 0,25-0,30 €/mc.

BIBLIOGRAFIA

AGULLÓ-BARCELÓ M., POLO-LÓPEZ M.I., LUCENA F., JOFRE J., FERNÁNDEZ-IBÁÑEZ P. (2013) - *Solar Advanced Oxidation Processes as disinfection tertiary treatments for real wastewater: Implications for water reclamation*. Applied Catalysis B: Environmental, 136-137: 341-350.

APAT, MANUALI E LINEE GUIDA 29 (2003) - *Metodi analitici per le acque*.

AUDENAERT W.T.M., VERMEERSCH Y., VAN HULLE S.W.H., DEJANS P., DUMOULIN A., NOPENS I. (2011) - *Application of a mechanistic UV/hydrogen peroxide model at full-scale: Sensitivity analysis, calibration and performance evaluation*. Chemical Engineering Journal 171 (1): 113-126.

EUROPEAN COMMISSION - DG ENV (2015) - *Final report - Part I. Optimising water reuse in the EU*. ISBN 978-92-79-46835-3.

CIS GUIDANCE ON WATER REUSE. *Draft version 3*. Bruxelles 20.01.2016.

CLARA M., KREUZINGERA N., STRENN B., GANSB O., KROISSA H. (2015) - *The solids retention time-a suitable design parameter to evaluate the capacity of wastewater treatment plants to remove micropollutants*. Water Research, 39, (1): 97-106.

COMMISSIONE EUROPEA, COM (2015) 614 final. *Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle Regioni "L'anello mancante - Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare"*. Bruxelles, 2.12.2015.

DOUGLAS M. RUTHVEN (1984) - *Principles of Adsorption and Adsorption Processes*. WI Pub. New-York.



Figura 4 – Ricerca sulla potabilizzazione sperimentale delle acque affinate.

GÓMEZ M., PLAZA F., GARRALÓN G., PÉREZ J., GÓMEZ M.A. (2007) - *A comparative study of tertiary wastewater treatment by physico-chemical-UV process and macrofiltration-ultrafiltration technologies*. *Desalination*, V 202, (1-3): 369-376.

GUPTA, VINOD KUMAR AND ALI, IMRAN AND SALEH, TAWFIK A. AND NAYAK, ARUNIMA AND AGARWAL, SHILPI (2012) - *Chemical treatment technologies for waste-water recycling-an overview*. *RSC Adv.*, 2, 6380-6388.

HAMODA M.F, AL-GHUSAIN I, AL-MUTAIRI N.Z. (2004) - *Sand filtration of wastewater for tertiary treatment and water reuse*. *Desalination*, 164, (3): 203-211.

HWANG H., LANSEY K., QUINTANAR D. (2015) - *Resilience-based failure mode effects and criticality analysis for regional water supply system*. *Journal of Hydroinformatics*, 17 (2): 193-210.

JOIN RESEARCH CENTRE (2014) - *Report "Water Reuse in Europe"*.

KOIVUNEN J., HEINONEN-TANSKI H. (2005) - *Peracetic acid (PAA) disinfection of primary, secondary and tertiary treated municipal wastewaters*. *Water Research*, 39 (18): 4445-4453.

LISHMAN L., SMYTH S. A., SARAFIN K., KLEYWEGT S., TOITO J., PEART T., LEE B., SERVOS M., BELAND M., SETO P. (2006) - *Occurrence and reductions of pharmaceuticals and personal care products and estrogens by municipal wastewater treatment plants in Ontario, Canada*. *Science of the Total Environment* 367: 544-558.

MUNTER, REIN (2001) - *Advanced Oxidation Processes—Current Status and Prospects*. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences*. *Chemistry* 50 (2): 59-80.

NORIHITO TAMBO, HITOSHI HOZUMI (1979) - *Physical aspect of flocculation process—II. Contact flocculation*. *Water Research*, 13, (5): 441-448.

PIO I., SCARLINO A., BLOISE E., MELE G., SANTORO O., PASTORE T., SANTORO D. (2015) - *Efficient removal of low-*

arsenic concentrations from drinking water by combined coagulation and adsorption processes. *Separation and Purification Technology*, (147): 284-291.

RENGARAJ S., CHEOL KYUN JOO, KIM Y., YI. J. (2003) - *Kinetics of removal of chromium from water and electronic process wastewater by ion exchange resins: 1200H, 1500H and IRN97H*. *Journal of Hazardous Materials*, (B102): 257-275.

SANTORO O., PASTORE T., SANTORO D., CRAPULLI F., RAISEE M., MOGHADDAMI M. (2013) - *Combined physico-chemical treatment of secondary settled municipal wastewater in a multifunctional reactor*. *Water Science and Technology*, 68 (8): 1715-1722.

SANTORO O., PASTORE T., MOGHADDAMI M., RAISEE M., CRAPULLI F., SANTORO D. (2012) - *Method and system for treating a contaminated fluid*. PCT/IB2012/000193.

SIRINI P. (2002) - *Ingegneria Sanitaria Ambientale*, ed. Mc Graw-Hill, Italia. ISBN 88-386-0897-0.

TAKÁCS I., PATRY G.G., NOLASCO D. (1991) - *A dynamic model of the clarification-thickening process*. *Water Research*, 25(10): 1263-1271.

TANG HL, CHEN YC, REGAN JM, XIE YF (2012) - *Disinfection by-product formation potentials in wastewater effluents and their reductions in a wastewater treatment plant*. *J Environ Monit.*;14(6):1515-22.

TCHOBANOGLOUS G., DARBY J., BOURGEOUS K., MCARDLE J., GENEST P, TYLLA M. (1998) - *Ultrafiltration as an advanced tertiary treatment process for municipal wastewater*. *Desalination*, 119 (1-3): 315-321.

VERLICCHIA P, AL AUKIDYA M., ZAMBELLOA E. (2012) - *Occurrence of pharmaceutical compounds in urban wastewater: Removal, mass load and environmental risk after a secondary treatment—A review*. *Science of The Total Environment*, 429: 123-155.

YANG D., ZHAO R. (2016) - *Advanced Oxidation Processes (AOPs) in Wastewater Treatment*. *Current Pollution Reports* 1, (3): 167-176.





GRUPPO PANARESE



TECNO PIEMONTE S.p.A.
ORGANISMO EUROPEO
NOTIFICATO N° 1372

**COSTRUZIONI GENERALI
PRODUZIONE INERTI
PRODUZIONE CONGLOMERATI BITUMINOSI
PRODUZIONE CONGLOMERATI CEMENTIZI
PRODUZIONE ASFALTO A FREDDO**



**Località Troali n. 1
73010 VEGLIE (LE)**

Tel. 0832.969317

Fax. 0832.969436

E-mail: info@gruppopanarese.it

**LAVORI EDILI
STRADALI
IDRICI
FOGNANTI**

soateam
società organismo di attestazione spa





Indagini Geotecniche
Pali e micropali

TS TRIVELSONDA s.r.l.
Perforazioni ed esplorazioni del sottosuolo

Perforazione pozzi
Indagini Ambientali

Attestazione SOA cat. OS 21 class. III b
Attestazione SOA cat. OS 20 b class II I
Attestazione SOA cat. OG 12 class II

Sistema gestione qualità UNI EN ISO 9001:2008
Sistema gestione ambientale UNI EN ISO 14001:2004
Sistema gestione salute e sicurezza dei lavoratori BS OHSAS 18001:2007

Via degli Stagnini, 8 Z.a. - 73018 Squinzano (LE) - tel 0832785237 fax 0832788177 - mail: info@trivelsonda.com

www.trivelsonda.com



Centro Analisi Ambientali s.r.l.



Laboratorio di Ricerca e Analisi Chimiche
Fisiche e BATTERIOLOGICHE - Acqua - Aria - Terreni
Rifiuti - Fanghi - Amianto - Radon - Rumori

**20 anni di attività professionale effettuata con impegno
nella ricerca, controllo ed analisi ambientali**



Centro Analisi Ambientali è inoltre Società di consulenza su varie tematiche ambientali:

- Siti inquinati: piani di caratterizzazione, monitoraggio, analisi del suolo; in Atmosfera;
- Valutazione di impatto delle Emissioni in Atmosfera;
- Studio di Dispersione degli Inquinanti con modello tridimensionale tipo CALPUFF;
- Valutazione Previsionale di Impatto Acustico, definizione della mappa di rumorosità secondo le norme ISO 1996/1, 1996/2, 9613/2;
- Piani di Monitoraggio ambientale sulle matrici acqua, aria e suolo;
- Valutazioni ambientali: VIA - VAS - AUA - AIA;
- Campionamenti ambientali ed in condotto.



**Preventivi gratuiti e personalizzati
Sconti particolari ai geologi.**



Centro Analisi Ambientali S.r.l.

Via F.lli Bandiera ang. G. Tell - 73042 Casarano (LE) - tel/fax 0833 513525
www.centroanalisiambientali.com e-mail: amministrazione@centroanalisiambientali.com
Cod. Fisc. e P.I. 03208850754

**SONDAGGI GEOGNOSTICI
A CAROTAGGIO CONTINUO,
AMBIENTALI E
GEOTECNICI**

**PROVE PENETROMETRICHE
DINAMICHE (DPSH)
E STATICHE (CPT E CPTU)**

LABORATORIO PROVE SU TERRE
(Certificazione del Ministero
delle Infrastrutture - Servizio Tecnico Centrale
- LL.PP. nr. 7475 del 27.07.2012)

**LABORATORIO PROVE
SU MATERIALI DA COSTRUZIONE
E BITUMI**
(Certificazione del Ministero delle Infrastrutture
- Servizio Tecnico Centrale - LL.PP. nr. 3079 del
29.03.2013)

LABORATORIO PROVE SU ROCCE
(Certificazione del Ministero delle Infrastrutture
- Servizio Tecnico Centrale - LL.PP. nr. 5348 del
06.08.2014)

**INDAGINI GEOFISICHE TERRESTRI E MARINE,
SISMICHE A RIFRAZIONE,
SONDAGGI ELETTRICI TOMOGRAFICI
TRIDIMENSIONALI,
RADAR CON ANTENNE
da 100, 200, 600, 900 MHz e 2 GHz**

**PROVE PRESSIOMETRICHE
PROVE SCISSOMETRICHE**

**PROVE IN SITO: CARICO SU PIASTRA, CBR,
PROVE DI CARICO SU PALI, MISURE
INCLINOMETRICHE E PROVE DI
PERMEABILITA'**
(Certificazione del Ministero delle Infrastrutture -
Servizio Tecnico Centrale - LL.PP. nr. 5348 del
06.08.2014)

