

Valutazione della suscettibilità al dissesto delle cavità antropiche di Civitanova Marche (MC)

Collapse susceptibility assessment of anthropogenic cavities of Civitanova Marche (MC)

CORAZZA A. (*), TIBERI P. (**), COSIMI A. (**), ELEUTERI A. (**), FELIZIANI R. (**),
MENGA A. (**), POETA A. (**), BERDINI V. (****), CAPOZUCCA F. (****),
FRAPICCINI A. (**), GHERGO F. (****), BALDASSARRI M. (****),
POSTACCHINI G. (****), CONTI A. (****), CONTI M. (****),
MENTONI M. (****), MERCURI D. (****),
MORESCHINI S. (****)

RIASSUNTO - A seguito della voragine avvenuta nel 2010 nel centro storico di Civitanova Alta l'amministrazione comunale di Civitanova Marche (MC) ha realizzato una mappatura di tutte le cavità di origine antropica la cui presenza era nota nel sottosuolo della cittadina.

Allo scopo di individuare le situazioni più critiche legate alla presenza di tali ipogei e di includere questo nuovo scenario di rischio nel piano di emergenza comunale è stato costituito un apposito gruppo di lavoro composto da funzionari del Dipartimento della protezione civile, della Regione Marche, della Autorità di bacino regionale e dell'Amministrazione comunale.

Il gruppo di lavoro ha elaborato una scheda di rilevamento delle cavità che prevede il rilievo sia di elementi interni alla cavità (geometria, geologia, litologia, presenza di acqua e di distacchi/lesioni sulle pareti e sulle volte) che esterni ad essa (presenza e disposizione di edifici e di reti di servizio sopra la cavità). Il rilevamento delle cavità accessibili è stato condotto da un gruppo di geologi liberi professionisti.

La suscettibilità al dissesto delle cavità, suddivisa in quattro gradi (bassa/media/alta/molto alta), è stata valutata attraverso un semplice sistema che attribuisce percentuali di influenza ai vari elementi rilevati e pesi alle varie risposte possibili per ogni elemento. La valutazione tiene quindi conto di quelle situazioni dove la concomitanza di più fattori, antropici e non (sovraccarichi, perdite idriche, profondità del tetto della volta, perdite idriche, compattezza delle rocce etc) possono rendere maggiormente propensa al dissesto la cavità.

La valutazione del grado di suscettibilità ha permesso di stabilire un protocollo di controlli diversificato per le varie

cavità e di individuare le situazioni maggiormente critiche, dove sono necessari studi di maggiore dettaglio e nel caso interventi di consolidamento, dove i sopralluoghi andranno effettuati con maggiore frequenza e dove qualsiasi intervento che coinvolge il suolo/sottosuolo deve essere progettato con specifico riferimento a non peggiorare le condizioni di stabilità della cavità.

PAROLE CHIAVE: Marche, cavità sotterranea, sinkhole antropogenico, suscettibilità, sorveglianza

ABSTRACT - Following the anthropogenic sinkholes occurred in August of 2010 in the historic center of Civitanova Alta, the city administration of Civitanova Marche (MC), in the Marche region, realized an inventory and a mapping of underground cavities the presence of which was known (62 cavities surveyed).

It was set up a working group composed of officials of the Department of Civil Protection, the Marche Region, the Regional Basin Authority and the City Council, to identify the most critical situations and include this new risk scenario in the municipal emergency plan.

The team has developed a dedicated form for a detection of the internal elements of a cavity (geometry, geology, lithology, the presence of water and detachments / lesions on the walls and on the vaults) and external elements (presence and position) of buildings and service networks over the cavity). The detection of the accessible cavities was conducted by a group of geologists.

(*) Dipartimento della Protezione Civile

(**) Regione Marche

(***) Autorità di bacino regionale

(****) Comune di Civitanova - Regione Marche

(*****) Geologo, libero professionista

The cavity susceptibility to collapse has been divided into four grades (low / medium / high / very high). Each element has been evaluated through a simple system that assigns percentages to influence the various elements detected and the weights to the several possible responses for each element. The evaluation then considers those situations where the concurrence of anthropogenic and non-anthropogenic factors, (overloads, water losses, vault-top depth, water loss, compactness of rocks etc) can make it more inclined to the collapse of the cavity.

The assessment of the susceptibility degree allowed to identify the most critical situations, in case of further detailed studies are needed or where interventions are required of consolidation, when the inspections will be carried out more frequently and where any technical intervention involving the soil / subsoil should be carefully designed avoiding worsen existing conditions.

KEY WORDS: Marche, underground cavity, anthropogenic sinkholes, susceptibility, surveillance

1. – INTRODUZIONE

L'Amministrazione Comunale di Civitanova Marche (MC), dopo il crollo di un edificio avvenuto l'8 agosto 2010 nel centro storico di Civitanova Alta, dissesto provocato dal cedimento della volta di una cavità sotterranea, ha provveduto al censimento e alla mappatura di tutte le cavità di origine antropica la cui presenza era nota o era stata segnalata dai cittadini. In totale sono stati censiti e mappati 62 ipogei, tra gallerie, cisterne e pozzi.

Allo scopo di valutare le condizioni di suscettibilità al dissesto di tali ipogei e di includere questo nuovo scenario negli strumenti urbanistici e di realizzare ed adottare una specifica pianificazione d'emergenza comunale il Comune di Civitanova Marche ha provveduto, con Delibera della Giunta Comunale n.485 del 13/12/2012, alla costituzione di un apposito gruppo di lavoro (GdL) composto da funzionari del Dipartimento della Protezione Civile nazionale, del Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile e del P.F. Conservazione del patrimonio culturale e recupero dei beni culturali della Regione Marche, della Autorità di Bacino regionale e della Amministrazione comunale.

Nel presente contributo, dopo una parte iniziale relativa all'inquadramento delle problematiche legate alla presenza di cavità sotterranee a livello nazionale, regionale (cap. 2) e comunale (cap. 3) e alla contestualizzazione di tipo geologico (cap. 4), verranno descritti i metodi, gli strumenti e le attività poste in essere dal gruppo di lavoro per il rilevamento delle cavità (cap. 5), per la valutazione della suscettibilità al dissesto delle stesse e i risultati conseguiti (cap. 6) e le proposte operative per la gestione del problema affrontato (cap. 7).

2. - I DISSESTI PROVOCATI DA CAVITÀ SOTTERRANEE: QUADRO CONOSCITIVO NAZIONALE E REGIONALE

In Italia i dissesti provocati da fenomeni di sprofondamento dovuti alla presenza di cavità sotterranee sono frequenti ed hanno determinato spesso ingenti danni materiali e, in molti casi, anche la perdita di vite umane.

Tale fenomeno è ampiamente diffuso su tutto il territorio nazionale, come evidenziato dal censimento effettuato dal DPC - Dipartimento della Protezione Civile (CORAZZA, 2004) e dai risultati del Progetto Sinkhole condotto dall'APAT e dall'ISPRA (CAMPOBASSO et al., 2004; NISIO *et alii*, 2007). Il censimento effettuato dal DPC fornisce un quadro dei casi di dissesto provocati da sinkholes naturali e antropogenici a livello nazionale, evidenziando la suddivisione per regioni e provincie (fig. 1).

I dati relativi agli sprofondamenti della Regione Marche sono stati censiti dall'ISPRA e raccolti in alcuni database: database IFFI, che riporta le aree a sprofondamenti diffusi, il database del Progetto Sinkhole, che riporta i fenomeni naturali nelle aree di pianura, il Progetto sprofondamenti dei centri urbani che censisce i fenomeni di sprofondamento antropogenico nei piccoli centri e nei capoluoghi di Provincia. Il censimento effettuato dal Dipartimento della protezione civile riporta n. 98 casi di dissesto, di cui n. 92 dovuti a cavità antropiche e n. 6 a cavità naturali (tab. 1). Le cavità antropiche sono state scavate prevalentemente in terreni arenacei e sabbioso-conglomeratici e utilizzate generalmente come cantina o deposito.

Dal censimento (aggiornato al 2003) non risultavano per il Comune di Civitanova Marche casi di dissesto provocati da cavità sotterranee.

Il Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile della Regione Marche ha ritenuto utile ed opportuno acquisire ulteriori dati in tutto il territorio marchigiano per conoscere l'estensione del fenomeno e il grado di rischio potenziale in caso di crollo.

Attualmente non esistono documenti per ogni grotta marchigiana, ma sulla base del censimento delle cavità conosciute dai gruppi speleologici locali sono disponibili informazioni sulle cavità note nel territorio marchigiano (tab. 2 e fig. 2).

Queste cavità, per la maggior parte scavate dall'uomo e solo in alcuni casi di origine naturale, sono state largamente utilizzate per molteplici usi. Quelle antropiche, forse create già in età protostorica ma continuamente ampliate nei secoli successivi, venivano utilizzate soprattutto come riparo difensivo in caso di guerre, a scopo di conservazione di vino e altri alimenti di ogni genere ma anche come luogo di incontro per riti e culto. Una finalità secondaria è

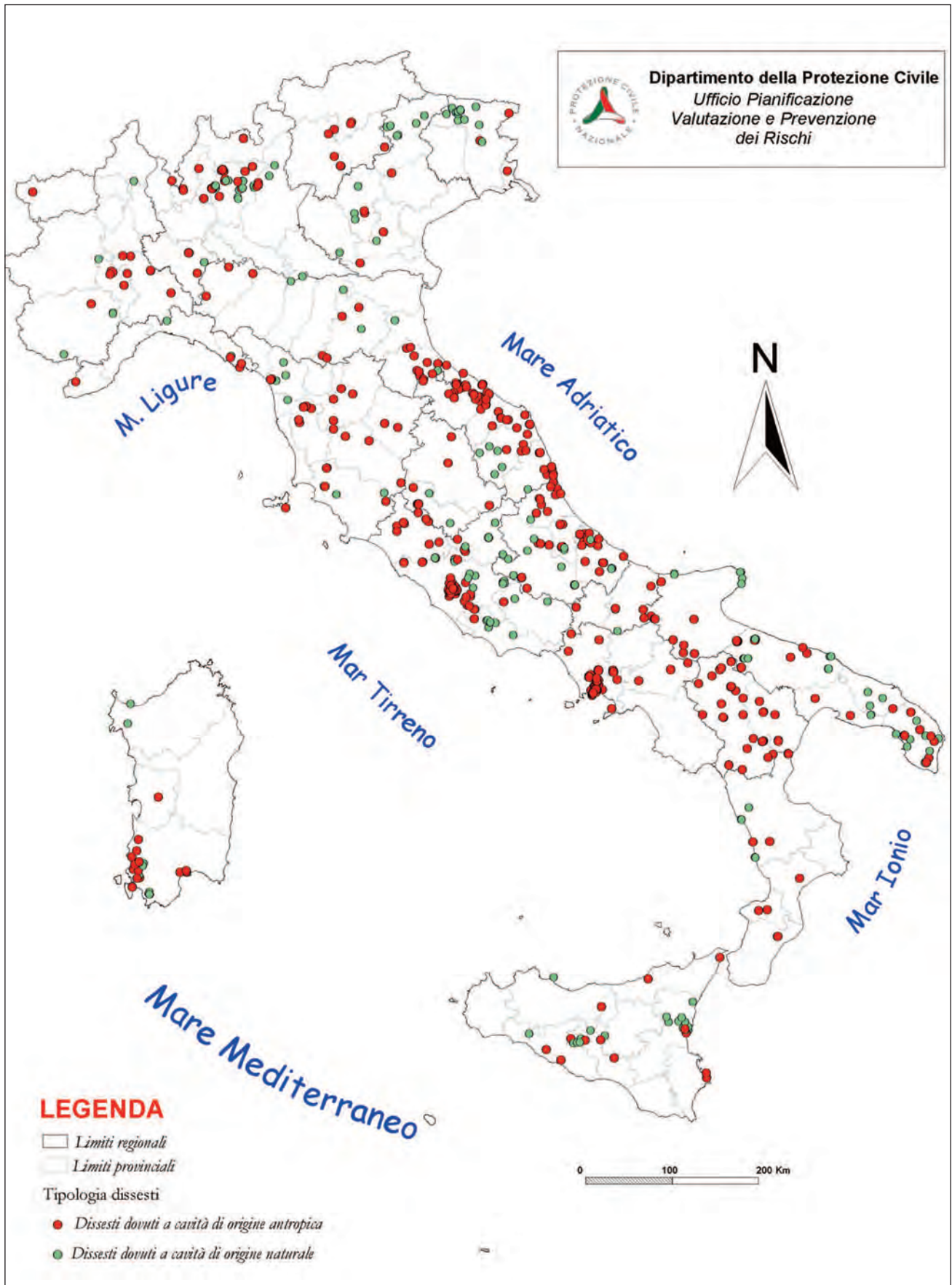


Fig. 1 – Mappa dei dissesti provocati da sinkholes in Italia fino all'anno 2003 (CORAZZA, 2004).
 - Map of the damages caused by sinkholes in Italy until 2003 (CORAZZA, 2004).

Tab. 1 – *Dissesti provocati da sinkholes nella regione Marche (censimento DPC).*
– Sinkhole damages in the Marche region (census DPC).

Provincia	Dissesti dovuti a cavità di origine antropica	Dissesti dovuti a cavità di origine naturale	Totale
Ancona	26	-	26
Ascoli Piceno	20	1	21
Macerata	8	5	13
Pesaro Urbino	38	-	38
Marche	92	6	98

Tab. 2 – *Numero di cavità conosciute nella Regione Marche.*
- Number of cavities known in the Marche Region.

Provincia	Numero cavità conosciute
Ancona	32
Ascoli Piceno	30
Macerata	130
Pesaro Urbino	16
Marche	231

l'utilizzo del materiale estratto per scopi edilizi.

Dalle ricerche è emerso che la presenza di cavità in contesti urbani è più diffusa di quanto si possa pensare, e di conseguenza lo scenario di rischio connesso ad eventuali episodi di crollo assume particolare rilevanza.

3. – LE CAVITÀ ANTROPICHE DI CIVITANOVA ALTA

Uno dei fenomeni di dissesto provocati dalla presenza di cavità nel sottosuolo si è verificato nel 2010 in località Civitanova Alta nel comune di Civitanova Marche, in provincia di Macerata.

Civitanova Alta è un centro abitato sorto nel Medioevo ad opera dei profughi di centri costieri (in particolare di Cluana) distrutti dai Goti. È stato capoluogo di comune fino al 1938, quando lo è divenuto Civitanova Marche, sua antica frazione, che da allora ha avuto grande sviluppo per la posizione più favorevole, nella piana costiera.

Il sinkhole antropogenico è avvenuto nella se-

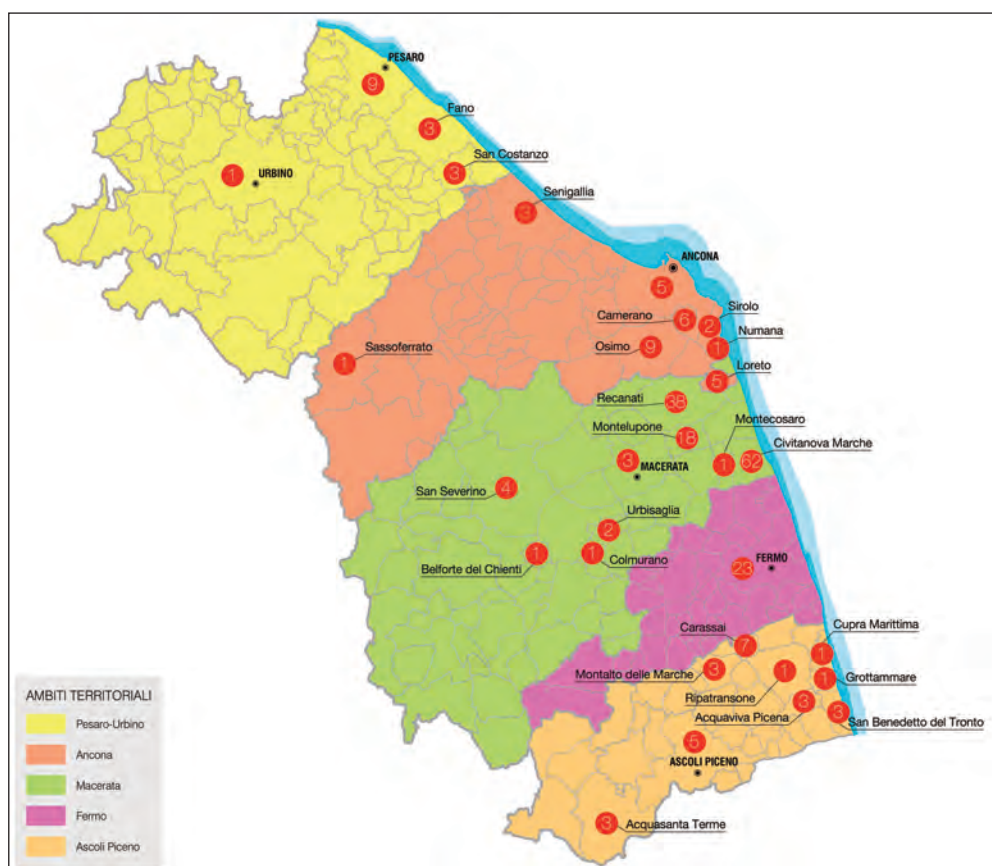


Fig. 2 – *Ubicazione delle cavità sotterranee nella Regione Marche.*
- Underground cavities location in the Marche Region.

rata del giorno 8 agosto ed è stato provocato dal crollo di una cavità la cui volta era posta ad una profondità di circa 3,0 metri dal piano stradale, proprio al disotto dello spigolo di un'abitazione ubicata all'incrocio fra il Vicolo Tre Ponti ed il Corso Annibal Caro (fig. 3).

Il dissesto per fortuna non ha avuto conseguenze su persone ma ha determinato nell'edificio lesioni e crolli tali da rendere necessario emanare una ordinanza sindacale (n. 61 del 09/08/2010) di inagibilità dello stesso, obbligando lo sgombero dell'edificio direttamente interessato e di quelli limitrofi esposti ad una situazione di pericolo (fig. 4).

Successivamente a ciò con l'ordinanza n.176 del 27/08/2010 l'Amministrazione comunale ha ritenuto utile censire tutte le cavità presenti nel sottosuolo del centro storico di Civitanova Alta, comprese le cisterne e i pozzi, fornendo indicazioni dettagliate in merito alla geometria, alle dimensioni ed indicando le quote delle cavità, rispetto al piano campagna. In totale sono stati individuati e mappati 62 siti in cui sono presenti cavità sotterranee (fig. 5).

Le cavità sono state scavate per prelievo di inerti e per essere adibite a depositi e cantine. La maggior parte di esse, dopo essere state scavate, sono state per lunghi tratti rivestite in muratura, generalmente ancora in buone condizioni, che ne garantiva una migliore fruibilità in condizioni di sicurezza (fig. 6). Le cavità prive di rivestimento mostrano generalmente un buon grado di conservazione (fig. 7). Le gallerie si dispongono su un livello unico a poca profondità dal piano campagna, direttamente sotto i piani scan-

tinati degli edifici (fig. 8). Il loro sviluppo è articolato con una o più gallerie ai lati delle quali sono state scavate le nicchie destinate ad ospitare materiali e beni (vino, alimenti, attrezzi etc). Il loro ingresso si trova in corrispondenza del fabbricato di cui costituivano una pertinenza ma nel loro sviluppo areale le cavità vanno interessare anche il sottosuolo di strade pubbliche e di altri fabbricati (fig. 9).

Il dissesto avvenuto nel 2010 non è stato un episodio isolato anche se per trovare altri casi a Civitanova Marche Alta bisogna riandare indietro di molti anni.

Agli atti dell'ufficio tecnico comunale risulta un caso di crollo di una porzione di fabbricato sito in via Aurora al civico n. 32, avvenuto il 27.08.1970 a seguito del cedimento della volta di una grotta sottostante all'edificio.

Inoltre le indagini storiche condotte nell'ambito del gruppo di lavoro hanno permesso di evidenziare che alla fine del 19° secolo il problema legato alla presenza di cavità sotterranee era diventato talmente grave da portare l'Amministrazione Comunale ad emettere, il 12 dicembre 1893, un Avviso pubblico sindacale in cui si poteva leggere quanto segue:

“Le frequenti frane che si verificano nel suolo pubblico e nelle fondazioni delle case di questa Città, motivate dall'esistenza di sottostanti grotte che si estendono abusivamente nelle proprietà altrui o di uso pubblico, costituiscono un serio e continuo pericolo alla sicurezza dei cittadini, degli edifici e delle strade insieme.”

Lo stesso avviso informava i cittadini che l'Amministrazione Comunale aveva incaricato una apposita Commissione di visitare tutte le grotte con



Fig. 3 – Il centro abitato di Civitanova Alta. Triangolo rosso: sinkhole antropogenico avvenuto nel 2010.
- The town of Civitanova Alta. Red triangle: anthropogenic sinkhole happened in 2010.



Fig. 4 – Edificio crollato l'8 agosto 2010.
– *Building collapsed on August 8, 2010.*

il compito di constatarne l'estensione e la stabilità e di proporre gli eventuali lavori di stabilizzazione e invitava i cittadini ad agevolare i lavori della Commissione permettendo l'accesso alle cavità.

Tale ricognizione fu in effetti completata nel 1894 anche se i risultati della medesima non sono di facile interpretazione vista la loro genericità.

4. - CARATTERI GEOLOGICI DI CIVITANOVA ALTA

Il centro storico di Civitanova Alta insiste sulla sommità di una dorsale collinare che presenta il tipico assetto morfostrutturale della fascia collinare costiera marchigiana, originata dalla sinergia tra processi tettonici di sollevamento e le oscillazioni eustatiche del Pleistocene (BIGI *et alii*, 1996; CANTALAMESSA & DI CELMA, 2004).

I sedimenti sabbiosi, di origine sedimentaria ma-

rina, sollevati a quote superiori ai 100 metri rispetto all'attuale livello del mare, s'interpongono fra la stretta fascia costiera e le dorsali collinari retrostanti, prevalentemente argillose. Il fronte verso mare molto probabilmente è delimitato da faglie litoranee. La forma allungata in direzione est-ovest del centro storico di Civitanova Alta, funge da spartiacque fra il Fosso Castellaro a nord ed il Fosso Maroni a sud, suo tributario di destra più a valle. Il substrato appartiene alla Formazione di Fermo, formata da depositi regressivi terminali del ciclo plio-pleistocenico (di età riferibile al Siciliano), costituita in prevalenza da sabbie giallastre da fini a grossolane, con grado di cementazione generalmente basso, contenenti intervalli conglomeratici lentiformi e, localmente, strati argilloso-limosi bruni, anch'essi discontinui. Sia i conglomerati sia le argille limose hanno spessori molto variabili da zona a zona, mentre lo spessore complessivo della formazione è pari a circa 40 metri.

La Formazione di Fermo poggia in discordanza angolare (superficie di discontinuità a carattere regionale, al tetto dell'Emiliano – Pleistocene inf. p.p.) sui sottostanti depositi pelitici delle Argille Azzurre (membro di Offida).

Nelle porzioni più basse dei versanti e nelle zone vallive affiorano i depositi continentali olocenici costituiti da depositi colluviali e da alluvioni terrazzate, localmente interessati da fenomeni franosi, anche in evoluzione.

Nella figura 10 è riportato un estratto della Carta geologico-geomorfologica del P.R.G. (COMUNE DI CIVITANOVA MARCHE, 1996) che mostra chiaramente come il centro abitato di Civitanova Alta risulti prevalentemente edificato sopra la litofacies arenaceo-conglomeratica della Formazione di Fermo.

L'assetto strutturale è rappresentato da una monoclinale debolmente immergente verso nord-est (fig. 11).

Come descritto nel capitolo precedente, al di sotto del piano stradale e delle abitazioni è presente una rete caveale, la cui estensione conosciuta è certamente una parte dell'intero sviluppo.

All'interno delle cavità prive di rivestimento è ben visibile in affioramento la litologia e la giacitura della stratificazione (vedi fig. 7).

5. - IL RILEVAMENTO DELLE CAVITÀ ANTROPICHE

5.1. - LA SCHEDA DI RILEVAMENTO

Per il rilevamento delle cavità antropiche il Gruppo di lavoro ha predisposto una apposita scheda nella quale riportare informazioni relative ad elementi interni ed esterni all'ipogeo, la cui presenza e caratteristiche potessero influire sul grado di suscettibilità al dissesto del medesimo.

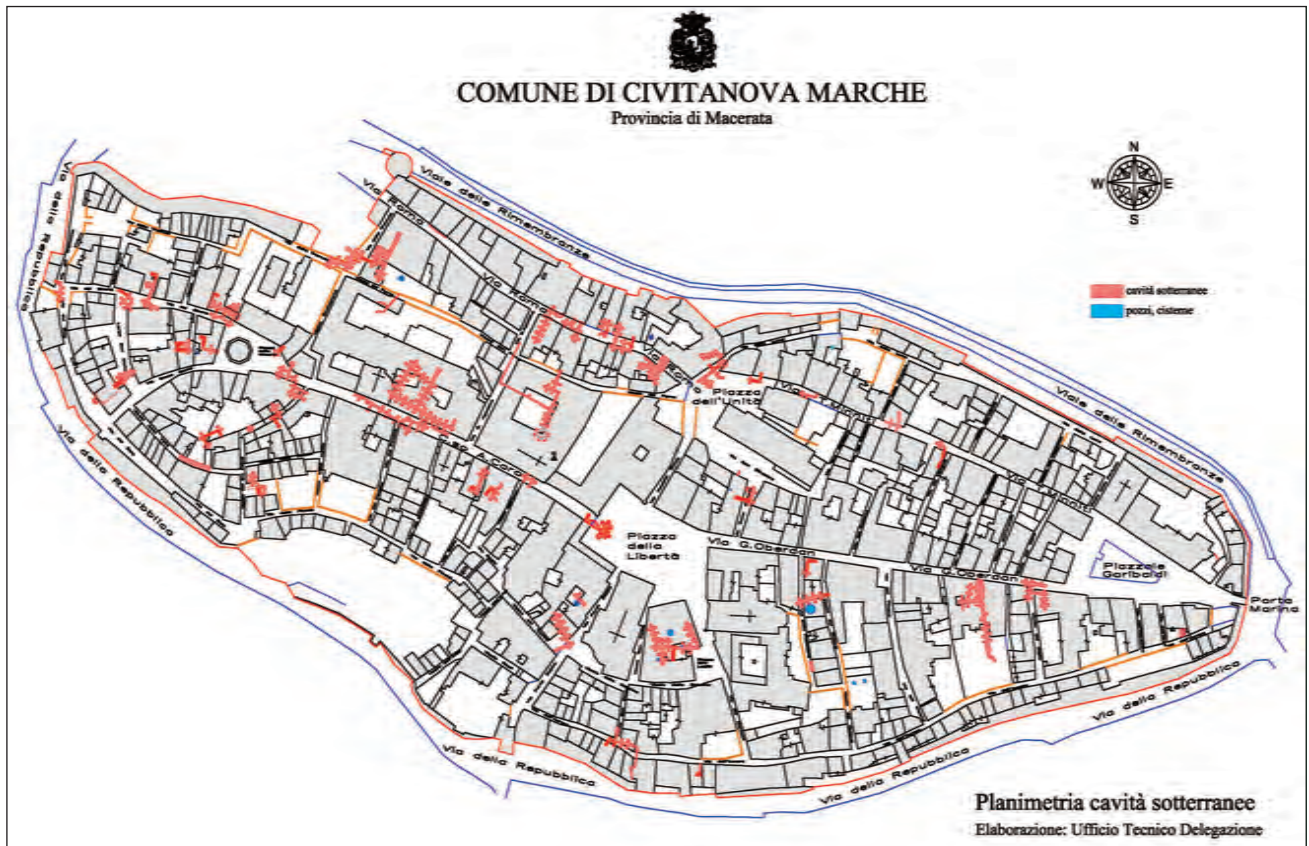


Fig. 5 – Mappa delle cavità sotterranee.
– *Underground cavities map.*



Fig. 6 – Cavità con rivestimento in muratura.
– *Cavity with coating masonry.*



Fig. 7 – Cavità senza rivestimenti.
– *Cavity without coatings.*

Il rilevamento e la valutazione geologica di tutte le cavità presenti sul territorio, realizzati sulla base della scheda elaborata dal gruppo di lavoro sono stati affidati dall'amministrazione comunale a tecnici professionisti già incaricati della microzonazione sismica del territorio.

Le attività di rilevamento condotte dal *team* di geologi sono state svolte sotto la supervisione del Gruppo di lavoro.

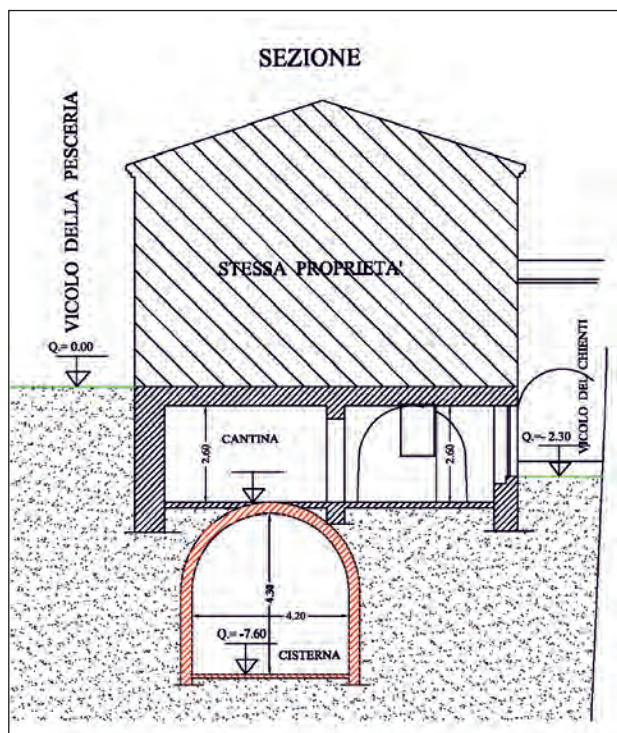


Fig. 8 – Sezione della cavità n. 20.
– Cavity n. 20 cross-section.

La scheda di rilevamento è articolata in 6 sezioni principali:

- Classificazione scheda e generalità
- Geometria e opere
- Geologia
- Documentazione fotografica
- Analisi e confronto
- Note

Classificazione scheda e generalità

I campi presenti in questa sezione descrivono tutte le informazioni necessarie a localizzare la cavità:

- N° Scheda, N° Grotta, N° Tratto, Accesso N° Civico: ogni cavità è stata numerata (es. n. 32) e se del caso divisa in più tratti, anch'esso contrassegnato da un numero (32.1, 32.2, ecc). Inoltre è presente un campo specifico dove si indica l'indirizzo del fabbricato da cui si può accedere alla cavità per eventuali sopralluoghi.

- Data e firma del compilatore

- Cartografia, Carta Tecnica Regionale, Catasto, Foglio, Particella, Quadro: individuazione catastale a disposizione dell'amministrazione comunale.

Geometria e opere

Questa parte descrive le caratteristiche geometriche delle cavità, indicandone l'estensione e lo sviluppo di ogni singolo tratto:

Dimensioni: misurazioni della larghezza, altezza e profondità del singolo tratto (fig. 12).

Tipologia cavità utilizzata: questo quadro è diviso in due parti; nella prima si deve indicare se la cavità è o può attualmente essere utilizzata da persone, sia pure occasionalmente; nella seconda parte si specifica la tipologia di grotta in esame:

- Singola
- Rete caveale
- Gruppo
- Prosegue in tratto non esplorato

Spessore terreno sopra la cavità: determinazione dello spessore del terreno presente sopra la cavità, ricavato dalla differenza tra la quota del piano campagna e la quota del punto più alto dell'arco di volta (fig. 13).

Sono distinte 4 categorie:

- Da 0 a 3 metri
- Da 3 a 5 metri
- Da 5 a 7 metri
- Maggiore di 7 metri

Presenza di edifici sovrastanti le gallerie: viene rilevato se sopra il tratto di galleria considerato insiste un edificio che trasmette le proprie pressioni di carico sulla volta della grotta; qualora presente si deve fornire indicativamente l'altezza dello stabile (fig. 14).

Orditura delle gallerie rispetto alle murature degli edifici in superficie: si deve specificare la disposizione delle murature rispetto all'andamento della cavità perché, dal punto di vista strutturale, un'orditura parallela all'edificio risulta più critica rispetto ad una perpendicolare.

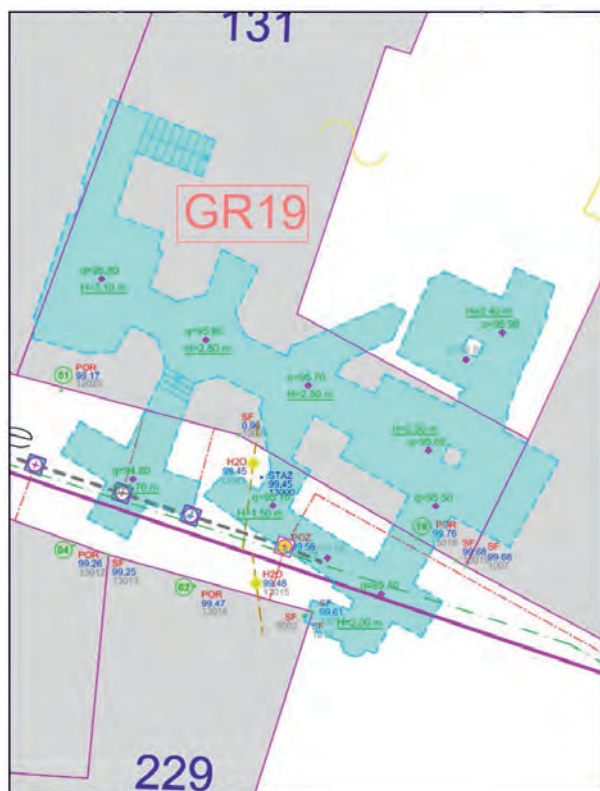


Fig. 9 – Mappa della cavità n. 19.
– Cavity n. 19 map.

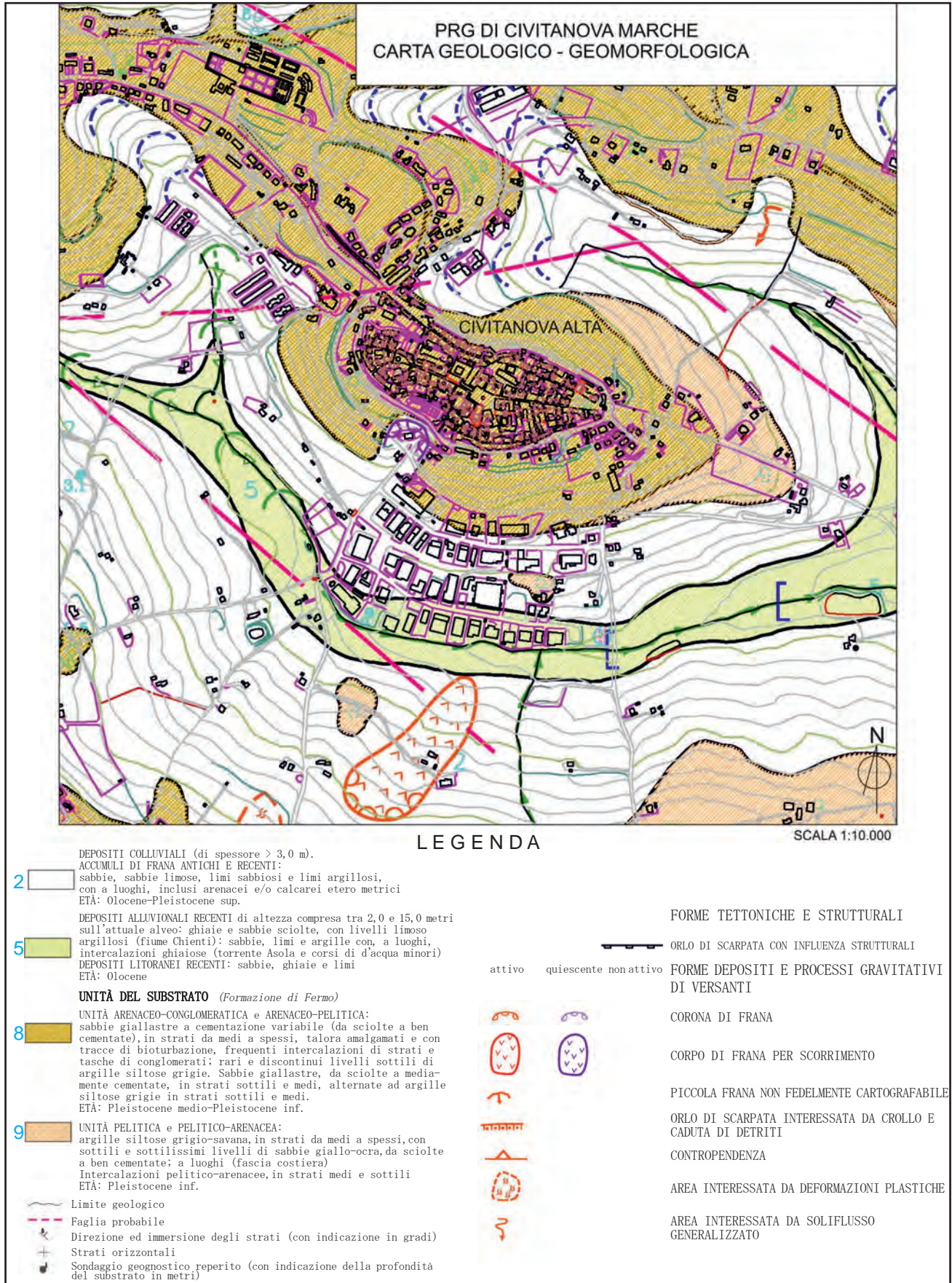


Fig. 10 – Mappa geologico-geomorfologica di Civitanova Alta (da COMUNE DI CIVITANOVA MARCHE, 1996).
– Geological-geomorphological map of Civitanova Alta.

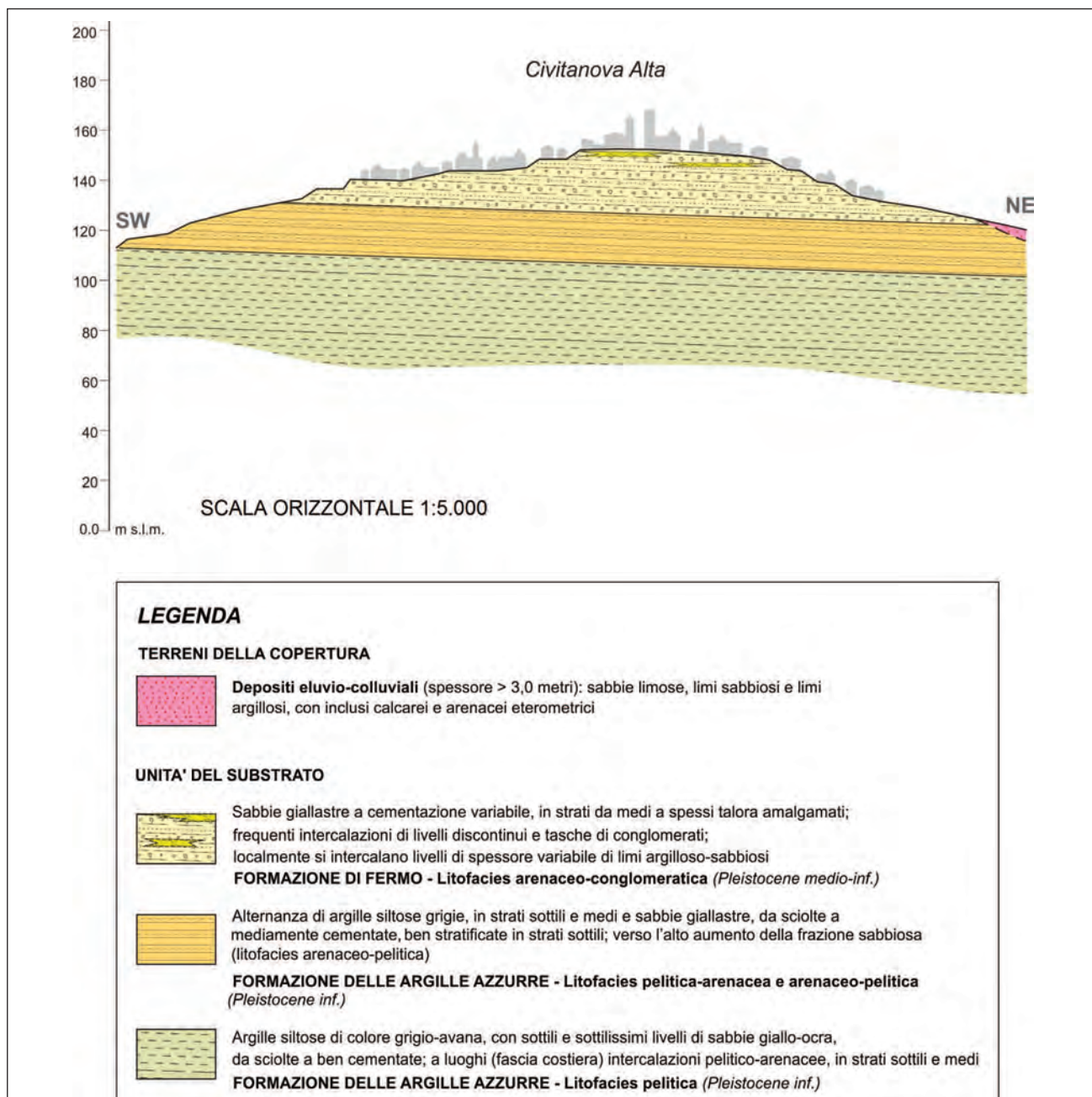


Fig. 11 – Sezione geologica di Civitanova Alta.
– Geological cross-section of Civitanova Alta.

Sono distinte 3 categorie (fig. 15):

- Parallela (da 0° a circa 30°)
- Obliqua (da 30° a circa 60°)
- Perpendicolare (da circa 60° a 90°)

Presenza di servizi sopra la galleria: è ritenuto utile conoscere se sopra il tratto sono collocati servizi a rete. Vi sono 4 possibilità:

- Presenza sia di condotte dell'acqua sia del gas metano
- Presenza solo di condotte dell'acqua
- Presenza solo di condotte del gas metano
- Condotte assenti

Presenza di contenimenti o altre opere interne: è possibile che all'interno della cavità siano state costruite murature, o altre opere, che possono renderla più stabile. Le murature possono essere totali oppure essere parziali. Inoltre è utile e opportuno essere al corrente dello stato di conservazione di queste opere.

Presenza di opere sopra la galleria: è possibile che vi siano opere (come ad esempio locali interrati) sopra il tratto in questione che vanno a modificare la voce "Spessore terreno sopra la galleria". È necessario quindi indicare, in caso positivo, il tipo,

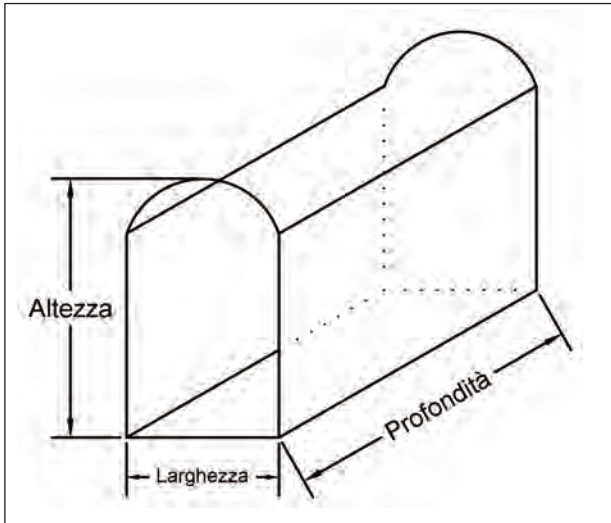


Fig. 12 – Dimensioni delle cavità.
– Cavity dimensions.

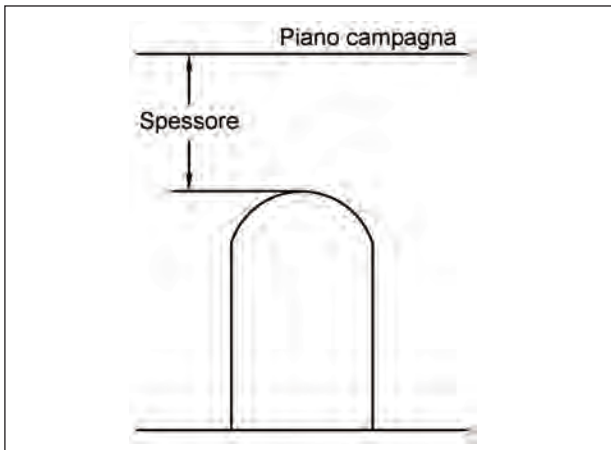


Fig. 13 – Spessore del terreno sopra la cavità.
– Soil thickness above the cavity.

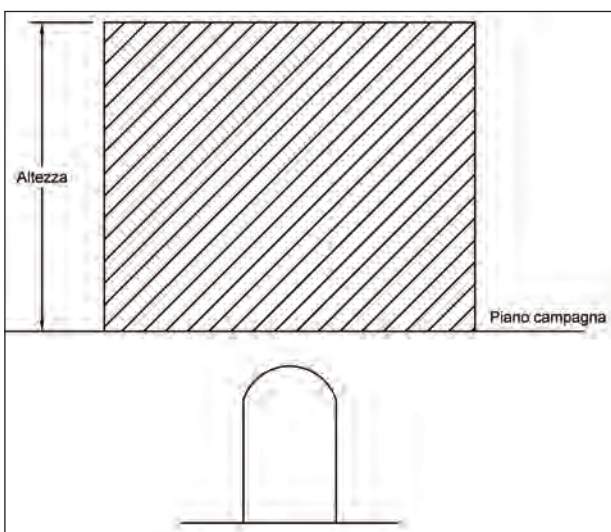


Fig. 14 – Dimensioni degli edifici.
– Buildings dimensions.

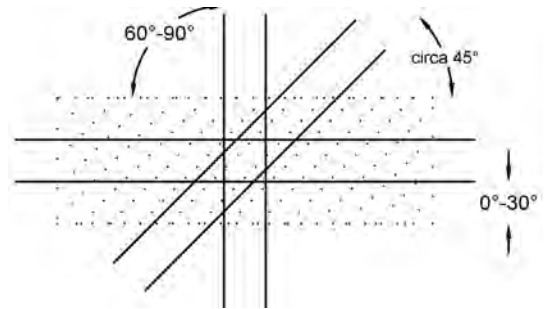


Fig. 15 – Orientamento delle gallerie sotterranee.
– Underground tunnels orientation.

l'altezza e la profondità del locale, per una più corretta valutazione del carico che grava sulla cavità (fig. 16; vedi figura 8).

Geologia

In questa sezione si descrive il materiale in cui è stata scavata la cavità sotterranea e le sue condizioni al fine di acquisire dati utili circa la compattezza e la stabilità della stessa:

Caratteri geologici: descrizione delle formazioni geologiche affioranti sulla base delle indicazioni della cartografia geologica ufficiale. Viene inoltre data la possibilità di fornire una rappresentazione dei materiali attraverso un Log Stratigrafico.

Litologia materiali: descrizione della consistenza dei materiali rilevati che permettono di distinguere 3 classi:

- Sedimenti poco cementati
- Sedimenti cementati
- Materiali compatti

Grado di umidità: descrive la quantità di acqua presente nel terreno, con la relativa suddivisione:

- Molto elevata con evidenti perdite (gocce)
- Elevata

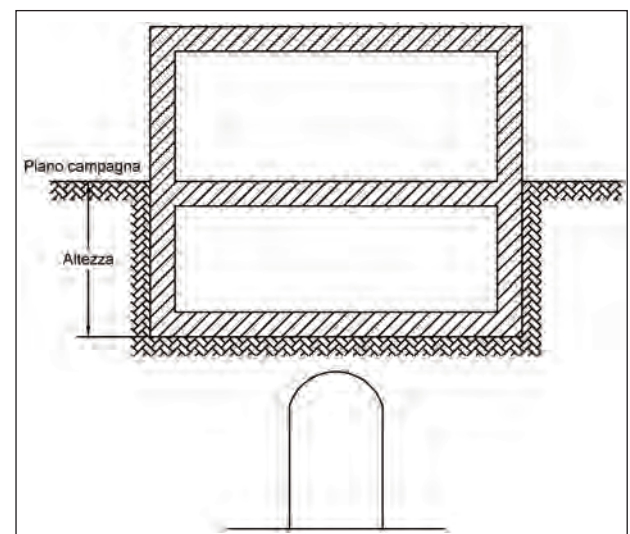


Fig. 16 – Ambienti sotterranei sopra la cavità.
– Underground rooms above the cavity.

- Media
- Bassa
- Assente

Fenomeni di distacco: descrive il possibile distacco di pezzi di parete o di calotta della cavità, con presenza di materiale accumulato sul piano di calpestio. Si è ritenuto conveniente includere queste informazioni nella scheda, suddividendo il fenomeno in 4 classi:

- Sulle pareti e sulla calotta
- Solo sulla calotta
- Solo sulle pareti
- Assente

Presenza di lesioni: descrizione della possibile presenza di lesioni del tratto in oggetto. Anche qui le voci sono divise in:

- Sulle pareti e sulla calotta
- Solo sulla calotta
- Solo sulle pareti
- Assenti

In caso di riscontro è necessario indicare la tipologia delle stesse.

Documentazione fotografica

Per una maggiore completezza documentale e per consentire confronti in periodi successivi è necessario produrre una documentazione fotografica per ognuno degli aspetti significativi rilevati nel corso dell'ispezione e riportati nella scheda:

- Tipologia delle cavità
- Opere
- Litologia dei terreni
- Umidità
- Fenomeni di distacco
- Presenza di lesioni
- Ulteriori informazioni degne di nota.

Analisi

In questa sezione si confrontano i dati già in possesso e forniti dall'Amministrazione comunale con le informazioni derivanti dal sopralluogo, descrivendo eventuali evoluzioni, discordanze o mancanze, per adottare gli eventuali provvedimenti del caso.

Note (anche di natura storica)

Nella segnalazione delle note, particolare riguardo dovranno avere quelle riguardanti le ricerche storiche, per comprendere le principali informazioni sulla cavità (utilizzo, periodo di realizzazione, ecc.).

5.2. – CARATTERISTICHE DELLE CAVITÀ RILEVATE

Le cavità antropiche di Civitanova Marche sono per lo più coeve alla realizzazione degli edifici, costruite a partire dal medioevo fino agli anni della seconda guerra mondiale. La tipologia costruttiva è generalmente uniforme, ma si differenziano per

lunghezza e profondità rispetto al piano stradale. La realizzazione è riferibile alla necessità di reperire gli inerti per la preparazione della malta per la costruzione degli edifici, e per l'utilizzo come dispensa alla conservazione di alimenti deperibili; inoltre, una grotta (GR 40), in periodo di guerra è stata prolungata mediante un lungo e stretto cunicolo non rivestito, allo scopo di realizzare una via di fuga dal centro storico. I cittadini anziani riferiscono dell'esistenza di altre cavità che collegavano la cinta muraria con il centro della città.

La ridotta larghezza dei cunicoli (generalmente compresa fra 1,1÷1,5 m) ha consentito generalmente una buona conservazione delle cavità e ridotti problemi di instabilità.

Dal punto di vista dello stato di conservazione delle cavità, sono state riscontrate situazioni molto diverse: in alcuni casi, in epoca recente, si è provveduto a consolidare la volta e le pareti dei cunicoli con muratura di mattoni pieni, a volte è stata anche pavimentata tutta la grotta trasformandola in cantina. In altri casi, i proprietari ascoltati nel corso dei sopralluoghi, hanno affermato di non aver ispezionato la loro grotta da moltissimi anni e di non essere al corrente dello stato di conservazione.

Numerosi, inoltre, i casi in cui la grotta è stata utilizzata come discarica di materiali provenienti da demolizioni, in occasione di interventi di ristrutturazione dell'edificio soprastante, ostruendone anche l'accesso.

L'unica situazione di dissesto conclamato rilevata è quella relativa alla grotta n. 46, parzialmente crollata, posta al disotto del Palazzo Ciccolini, di proprietà comunale, dichiarato inagibile da diversi anni. Non essendo stato possibile ispezionare la cavità in condizioni di sicurezza, l'ufficio tecnico comunale ha disposto l'esecuzione nel mese di Novembre 2013 di una video ispezione mediante telecamera montata su un mezzo semovente telecomandato, da mettere a confronto con l'analoga indagine eseguita nel novembre 2010 e con il rilievo e la documentazione fotografica fornita dal Gruppo Speleologico di Recanati che ha percorso i cunicoli. Un'ulteriore video ispezione è stata eseguita in data 11 dicembre 2013 anche al fine di posizionare in maniera sufficientemente precisa la cavità rispetto alla planimetria del fabbricato. Inoltre, al fine di monitorare le condizioni statiche dei muri portanti più vicini alla cavità, in corrispondenza di due lesioni significative, in data 11 Novembre 2013 sono state installate due basi deformometriche che, a distanza di un mese dalla loro installazione, non hanno registrato variazioni.

Per mezzo dei dati reperiti tramite le indagini sopraccitate è stata compilata la scheda di rilevamento che ha evidenziato le caratteristiche della cavità e l'evoluzione dei fenomeni di crollo nel tempo.

Allo stato attuale, ad eccezione della succitata grotta n°46, non sono state rilevate situazioni con evidenti segnali riconducibili a possibilità di crolli per edifici abitati.

Sono state, viceversa, identificate alcune grotte non rivestite o parzialmente rivestite, poste a ridotta profondità, in stato di abbandono, con infiltrazioni idriche, in cui sono presenti distacchi (figg. 17 e 18), lesioni sulle volte e opere di sostegno provvisorie delle stesse; tali elementi sono stati puntualmente riportati nelle schede di rilevamento.

La grotta n° 38 risulta inaccessibile in quanto è interessata dal fenomeno di crollo dell'agosto del 2010, con conseguente emanazione di ordinanza sindacale di inagibilità temporanea dello stabile.

La grotta n° 50 non è ispezionabile in quanto con intervento di somma urgenza si è proceduto alla chiusura delle cavità rinvenute con cemento alleggerito (argilla espansa).

Con il medesimo intervento è stata effettuata una prima messa in sicurezza dell'immobile soprastante rimandando, tramite una ordinanza sindacale del 2012, l'intervento definitivo ai proprietari.

6. - IL SISTEMA DI VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ AL DISSESTO E I RISULTATI CONSEGUITI

Relativamente alle problematiche che interessano Civitanova Alta per suscettibilità al dissesto si è intesa la stima della propensione di ogni cavità antropica all'innescio di movimenti gravitativi quali voragini/sinkholes; tale propensione è relazionata sia alle caratteristiche intrinseche degli ipogei che interessano il sottosuolo che alle caratteristiche degli elementi antropici presenti al di sopra di questi ultimi.

Per la valutazione della suscettibilità al dissesto il GdL ha elaborato un semplice sistema che, sulla base delle informazioni richieste nella scheda di rilevamento, attribuisce percentuali di influenza ai vari elementi rilevati e pesi alle varie risposte possibili per ogni elemento.

I dati relativi alle percentuali di influenza e i pesi sono stati immessi ed elaborati in un foglio di calcolo, permettendo di attribuire un punteggio specifico per ogni singolo campo e quindi di classificare e individuare i vari tratti di cavità caratterizzati da un differente grado di propensione al dissesto.

Il programma è diviso sostanzialmente in 5 livelli:
1. *Inserimento dati*: In questo livello vengono inserite le informazioni derivanti dalle schede. È presente una colonna per ogni singola voce del foglio di censimento. Ogni riga corrisponde a ogni singola scheda.



Fig. 17 – Distacchi di detriti dalle pareti della cavità.
– Debris detachment from cavity walls.



Fig. 18 – Distacchi di detriti dalla volta della cavità.
– Debris detachment from cavity vault.

La modalità di inserimento per le risposte chiuse (a crocette) consiste nella scelta di una voce in un apposito menù a tendina che compare dopo la selezione della cella. Le altre voci (non “a crocette”) sono di tipo alfanumerico, quindi è sufficiente inserire i valori o le descrizioni scritte nella scheda.

Le ultime due colonne restituiscono la risposta, punteggio e propensione al dissesto, suddivisa in 4 gradi:

- Basso
- Medio
- Elevato
- Molto elevato

2. *Pesi*: Questo livello è dedicato alla scelta dei pesi per ogni campo. È possibile stabilire un punteggio per ogni singola risposta ad ogni domanda; il programma poi, in base alla risposta inserita, utilizzerà il valore corrispondente.

3. *Grafici*: Su questa sezione è possibile visualizzare il risultato complessivo della situazione, ovvero la suddivisione in classi delle cavità analizzate sia su formato tabellare che sotto forma grafica (es. torta).

4. *Calcolo*: Questo foglio calcola di ogni cella il relativo punteggio per ogni singola voce, fornendo il resoconto finale tra i punteggi e la classificazione già descritta in precedenza.

5. *Dati validi*: Foglio che serve al software per la creazione dei menù a tendina.

Per il calcolo, il sistema tiene conto delle sezioni 2 e 3 della scheda (geometria - opere e geologia) opportunamente pesate tra loro in maniera empirica (% in rosso): a ognuno di questi campi viene assegnata una percentuale (in azzurro), e per ogni singola risposta un valore da 1 a 10 (in verde); più il valore è elevato e più l'elemento considerato contribuisce potenzialmente alla suscettibilità al dissesto. Le percentuali e i pesi sono di seguito riportati:

1. **Geometria e opere (46%)**

a. Dimensioni (4%)

- Larghezza
 - Da 0 a 1 metro (3)
 - Da 1 a 2 metri (7)
- Maggiore di 2 metri (10)
- Altezza
 - Da 0 a 2 metri (3)
 - Da 2 a 3 metri (7)
 - Maggiore di 3 metri (10)
- Profondità (0)

b. Tipologia cavità utilizzata (5%)

- Singola (3)
- Rete caveale (6)
- Gruppo (10)
- Prosegue in tratto non esplorato (0)

c. Spessore terreno sopra la galleria (15%)

- Da 0 a 3 metri (10)
- Da 3 a 5 metri (7)

- Da 5 a 7 metri (5)
- Maggiore di 7 metri (2)

d. Edifici sovrastanti le gallerie e Orditura di edifici sovrastanti le gallerie se presenti (6%)

e. Edifici sovrastanti le gallerie

- Presenti (0)
- Assenti (0)
- Altezza
 - Da 0 a 3 metri (0)
 - Da 3 a 6 metri (2,50)
 - Da 6 a 9 metri (5)
 - Maggiore di 9 metri (10)

f. Orditura di edifici sovrastanti le gallerie se presenti

- Parallela (da 0° a circa 30°) (10)
- Obliqua (circa 45°) (6)
- Perpendicolare (da circa 60° a 90°) (3)

g. Presenza di servizi sopra la galleria (4%)

- Presenza sia di condotti dell'acqua sia di gas metano (10)

- Presenza solo di condotti dell'acqua (8)
- Presenza solo di condotti di gas metano (2)
- Condotti assenti (0)

h. Presenza di contenimenti o altre opere interne (7%)

- Assenti (10)
- Contenimenti parziali (7)
- Contenimenti totali (3)

i. Presenza di opere sopra la galleria (5%)

- Assenti (0)
- Presenti
 - Altezza da 0 a 1,50 metri (3)
 - Altezza da 1,50 a 3 metri (6)
 - Altezza maggiore di 3 metri (10)
 - Profondità (0)

2. **Geologia (54%)**

a. Caratteri geologici (0)

b. Litologia materiali (12%)

- Sedimenti poco cementati (10)
- Sedimenti cementati (6)
- Materiali compatti (2)

β. - Grado di umidità (12%)

- Molto elevata (10)
- Elevata (8)
- Media (6)
- Bassa (2)
- Assente (0)

χ. - Fenomeni di distacco (15%)

- Sulle pareti e sulla calotta (10)
- Solo sulla calotta (7)
- Solo sulle pareti (5)
- Assente (0)

δ. - Presenza di lesioni (15%)

- Sulle pareti e sulla calotta (10)
- Solo sulla calotta (7)
- Solo sulle pareti (5)
- Assente (0)

Il software, una volta inseriti i dati, è in grado di calcolare un punteggio totale determinato dalla somma dei punteggi parziali, definiti a loro volta dalla semplice moltiplicazione del valore della risposta per la percentuale di influenza di quel campo. Questo sistema permette di avere un punteggio totale minimo di 1,14 punti, mentre il punteggio massimo possibile è pari a 10,00 punti. Per comodità il sistema è programmato per classificare ogni singolo tratto analizzato in 4 classi di suscettibilità (tab. 3).

Utilizzando questa metodologia è stato possibile suddividere le 62 cavità e i relativi tratti in quattro classi principali, ciascuna caratterizzata da un differente grado di suscettibilità al dissesto (tab. 3, fig. 19).

Il numero dei tratti, superiore al numero complessivo delle grotte è dovuto al fatto che alcune cavità durante le fasi di rilievo sono state suddivise in più segmenti in quanto si sono riscontrate caratteristiche, sia fisiche e/o geometriche differenti.

Le cavità che meritano più attenzione (suscettibilità molto elevata, in rosso) risultano essere cinque (tab. 3, fig. 20):

- Grotta 14 (Piazza XXV Luglio)
- Grotta 28 (Via Minniti 32)
- Grotta 43 (Via Annibal Caro 34)
- Grotta 44 (Via Sant'Agostino 2)
- Grotta 46 (Via Oberdan 35)

Tra queste va segnalato che la grotta n° 46 (via Oberdan), come riportato nel cap. 5, è già stata interessata da parziali fenomeni di crollo, che hanno impedito l'accesso dei tecnici per le relative rilevazioni tanto da indurre l'Amministrazione comunale ad emettere nel 2010 ordinanza di inagibilità per l'intero stabile che insiste al di sopra della cavità.

Le informazioni necessarie alla classificazione (a ritroso) della suscettibilità sono state desunte da rilievi effettuati nell'anno 2011 con apparecchiature teleguidate che hanno fornito indicazioni sullo stato di conservazione della predetta cavità e hanno consentito di avere informazioni sulle caratteristiche fisiche e geometriche.

Tab. 3 – *Suscettibilità al dissesto delle cavità.*
– Collapse susceptibility of the cavities.

Classe	Numero tratti
Molto elevata	5
Elevata	19
Media	39
Bassa	11
Totale	74

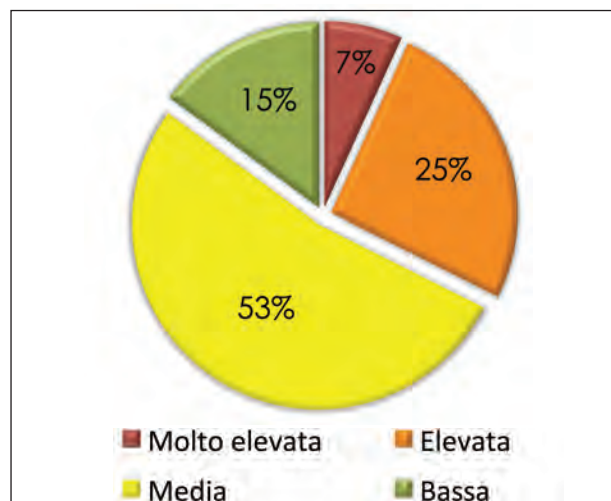


Fig. 19 – Diagramma a torta della suscettibilità al dissesto.
– Pie chart of collapse susceptibility.

7 - CONCLUSIONI

A seguito della voragine avvenuta nel 2010 nel centro storico di Civitanova Alta l'amministrazione comunale di Civitanova Marche (MC) ha realizzato una mappatura di tutte le cavità di origine antropica la cui presenza era nota nel sottosuolo della cittadina e ha costituito un apposito gruppo di lavoro, composto da funzionari del Dipartimento della protezione civile, della Regione Marche, della Autorità di bacino regionale e dell'Amministrazione comunale, per la valutazione della suscettibilità al dissesto delle cavità individuate.

Per acquisire dati utili alla valutazione della suscettibilità il GdL ha predisposto una scheda di rilevamento delle cavità antropiche note in località Civitanova Alta. Tale scheda prevede il rilievo sia di elementi interni alla cavità (geometria, geologia, litologia, presenza di acqua e di distacchi/lesioni sulle pareti e sulle volte) che esterni ad essa (presenza e disposizione di edifici e di reti di servizio sopra la cavità).

Il rilevamento delle cavità accessibili è stato condotto, sotto la supervisione del gruppo di lavoro, da un *team* di geologi liberi professionisti incaricati dall'Amministrazione comunale. Oltre al rilevamento delle cavità il GdL ha provveduto anche alla ricerca di informazioni di carattere storico circa la presenza di cavità sotterranee in località Civitanova Alta e di eventuali dissesti ad esse connessi.

A seguito delle attività svolte dal Gruppo di Lavoro, anche grazie al contributo fornito dai geologi incaricati dall'Amministrazione comunale, è stato possibile definire un quadro complessivo delle criticità derivanti dalla presenza di cavità nel centro storico di Civitanova Alta.

La valutazione della suscettibilità, intesa come propensione al verificarsi di un dissesto, è stata

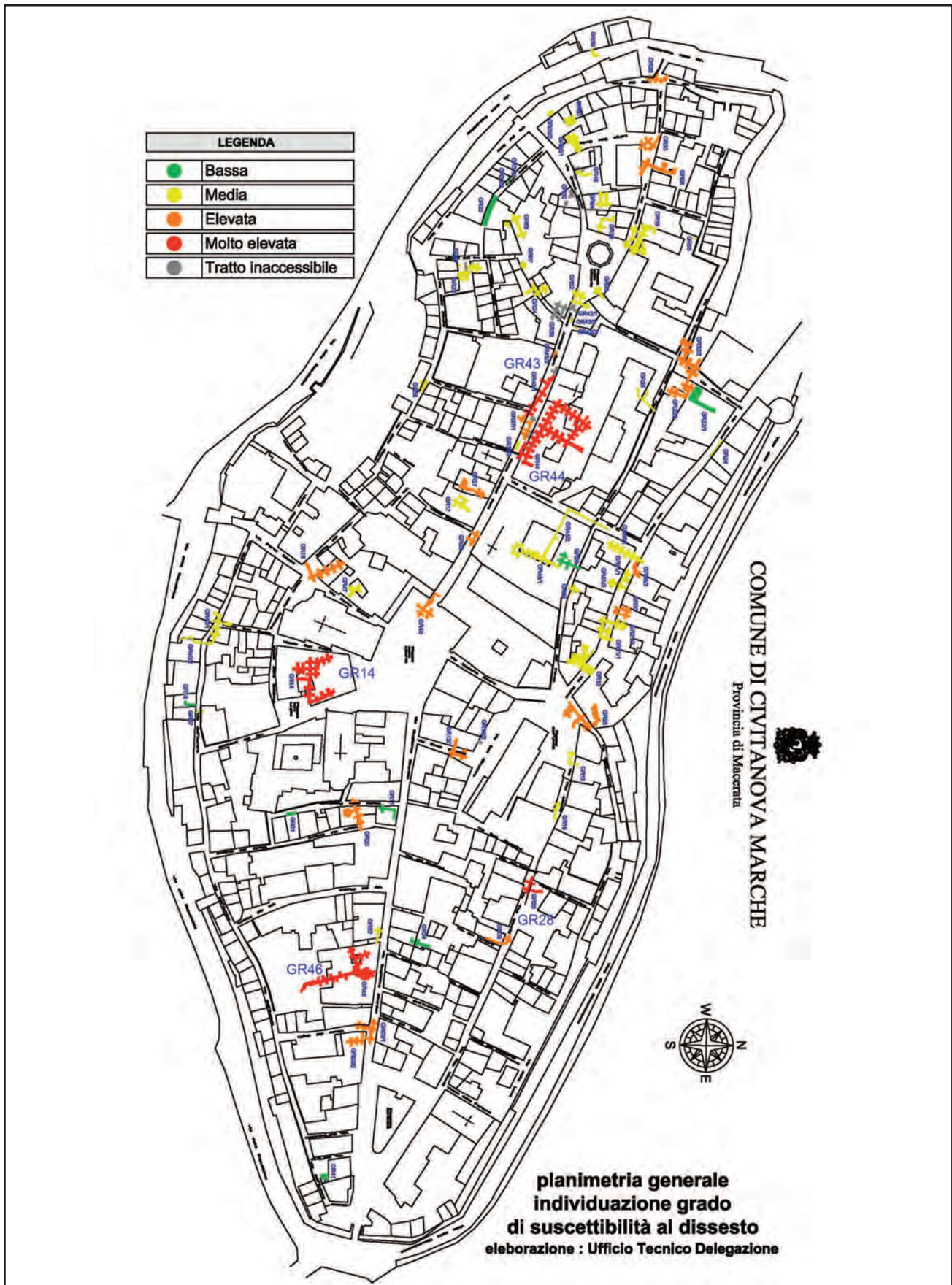


Fig. 20 – Mappa della suscettibilità al dissesto.
 – Collapse susceptibility map.

possibile grazie ad un metodo semplificato di valutazione che permette di attribuire alle singole cavità un punteggio e di conseguenza attribuire un grado di suscettibilità al dissesto.

Tale valutazione tiene quindi conto di quelle situazioni dove la concomitanza di più fattori, antropici e non (sovraccarichi, perdite idriche, profondità del tetto della volta, compattezza dei terreni ecc.) possono rendere le cavità maggiormente propense al dissesto come riportato nella tabella 3.

In particolare, le 62 grotte sono per oltre la metà (68%) caratterizzate da un basso – medio grado di suscettibilità al dissesto, mentre per il restante 32%, solamente il 7% è caratterizzato da una suscettibilità molto elevata al dissesto (per un totale di n° 5 grotte).

In tale percentuale è compresa la grotta n° 46, che è già stata interessata da parziali fenomeni di crollo, tanto da indurre l'Amministrazione comunale ad emettere l'ordinanza di inagibilità dell'edificio sovrastante la cavità.

Per le restanti 4 cavità classificate a suscettibilità molto elevata non si segnalano al momento situazioni riconducibili a cedimenti anche parziali o segnali significativi di lesioni o quadri fessurativi degli edifici sovrastanti tali da comprometterne l'agibilità.

Pertanto il quadro complessivo evidenziato dal Gruppo di Lavoro ha consentito di proporre alcune iniziative, a breve e medio termine, per gestire il problema delle cavità nel centro storico dell'abitato di Civitanova Alta:

Attività a breve Termine

Monitoraggio e controllo periodico delle singole grotte a diversa cadenza in base al grado di suscettibilità al dissesto (con cadenza maggiore per quelle a rischio elevato/molto elevato);

Realizzazione o adeguamento del Piano di Protezione Civile con questo specifico scenario di rischio.

Attività a medio Termine

Integrazione delle norme urbanistiche vigenti;

Richiesta di attivazione dell'*iter* per l'integrazione delle norme di salvaguardia del Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche (PAI);

Realizzazione di attività di studio e di progettazione per gli interventi di messa in sicurezza per le situazioni a maggior grado di suscettibilità al dissesto.

Nel complesso l'esperienza del caso di studio presentato può costituire un valido esempio per affrontare, con metodi e strumenti semplici, di facile utilizzo, il problema di una prima valutazione circa la suscettibilità al dissesto di cavità sotterranee di origine antropica che caratterizzano, come evidenziato dai censimenti effettuati dal DPC e dall'ISPRA, molti centri abitati in Italia. La discriminazione del grado di suscettibilità permette infatti di individuare le situazioni maggiormente critiche che, da un lato, meritano controlli periodici e studi

e indagini finalizzati alle valutazioni di stabilità necessarie alla progettazione degli eventuali interventi di consolidamento e, dall'altro, impongono misure pianificatorie ed urbanistiche volte ad evitare interventi sul suolo/sottosuolo che possano compromettere la stabilità delle cavità.

BIBLIOGRAFIA

- BIGI S., CANTALAMESSA G., CENTAMORE E., DIDASKALOU P., DRAMIS F., FARABOLLINI P., GENTILE B., INVERNIZZI C., MICARELLI A., NISIO S., PAMBIANCHI G., & POTETTI M. (1996) – *La fascia periadriatica marchigiano-abruzzese dal Pliocene medio ai tempi attuali. Evoluzione tettonico-sedimentaria e geomorfologia*. Studi Geologici Camerti, volume speciale 1996/1, Atti del Convegno: “*Geodinamica e tettonica attiva del sistema Tirreno Appennino*”: 37-49.
- CAMPOBASSO C., GRACIOTTI R., NISIO S. & VITA L. (2004) – *Il Progetto Sinkhole: le attività svolte dal Dipartimento Difesa del Suolo dell'APAT*. Atti 1° Seminario: “*Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio*”. APAT, Roma, 20-21 maggio 2004: 171-187.
- CANTALAMESSA G. (a cura di) (2011) – *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000 – Foglio 304, Civitanova Marche*. Regione Marche, Servizio Territorio Ambiente Energia.
- CANTALAMESSA G. & DI CELMA C. (2004) – *Sequence response to syndepositional regional uplift: insights from high-resolution sequence stratigraphy of late Early Pleistocene strata, Periadriatic Basin, central Italy*. *Sedimentary Geology*, 164: 283-309.
- COMUNE DI CIVITANOVA MARCHE (1996) – *Variante Generale al Piano Regolatore - Indagini geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche*. A cura di: M. Conti & M. Mentoni.
- CORAZZA A. (2004) – *Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile*. Atti 1° Seminario: “*Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio*”. APAT, Roma, 20-21 maggio 2004: 319-330.
- ISPRA (2014) – *Annuario dei dati ambientali; aree a rischio sinkhole*. A cura di: S. NISIO.
- NISIO S. (2008) – *I fenomeni naturali di sinkhole nelle aree di pianura italiane*. Monografia, Mem. Descr. della Carta Geol. d'It., 85, 475 pp.
- NISIO S. (2010 a) – *Fenomeni di sprofondamento nell'ambiente urbano*. VI Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA: 81-94.
- NISIO S. (2010 b) – *I sinkholes nelle aree di pianura italiane: i risultati del “Progetto Sinkhole”*. Atti 2° Workshop internazionale: *I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato*, Roma 3-4 dicembre 2009, ISPRA: 13-28.
- NISIO S. (2010 c) – *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. Atti 2° Workshop internazionale: *I sinkholes. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato*. Roma 3-4 dicembre 2009, ISPRA, 845-864.
- NISIO S. (2011) – *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. VII Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
- NISIO S. (2012) – *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. VIII Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
- NISIO S. (2013) – *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*. IX Rapporto sulla qualità dell'ambiente urbano, ISPRA.
- NISIO S., CARAMANNA G. & CIOTOLI G. (2007) – *Sinkholes hazard in Italy: first results on the inventory and analysis of some case studies*. In: PARISE & GUNN (Eds.): *Natural and Anthropogenic Hazards in Karst areas: Recognition, Analysis and Mitigation*, Geological Society, London, Special Publications, 279: 23-45.