

Università degli Studi di Napoli Federico II
Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
C.I.R.A.M. – Centro Interdipartimentale di Ricerca Ambiente

Dottorato di Ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali
XXV Ciclo

Gianfranco Caccavale

***ANALISI SISTEMICA PER UNA VALUTAZIONE
DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO
DI TERRITORI DELL'AGRO NOLANO
CON PRESENZA DI CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO***

Il Coordinatore:
Prof. Maurizio Fedi

Il Tutor
Prof. Ing. Massimo Ramondini

Co-Tutor
Prof. Geol. Domenico Calcaterra

Il Dottorando
Dott. Geol. Gianfranco Caccavale

INDICE

INTRODUZIONE pag. 6

*CAPITOLO 1. IL SISTEMA AMBIENTALE DELL'AGER
NOLANUS* 12

1.1 EVOLUZIONE GEOLOGICA DELLA REGIONE 12

1.2 I CENTRI ABITATI ED IL SISTEMA DI VIABILITA' 22

1.3 DEFINIZIONE DELLE UNITA' GEOLITOLOGICHE 25

1.4 IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA 37

1.5. MORFOGENESI E CONDIZIONI TETTONICO-STRUTTURALI 46

*CAPITOLO 2. L'IGNIMBRITE CAMPANA NELL' AGER
NOLANUS* 49

2.1 L'ERUZIONE DELL'IGNIMBRITE CAMPANA (I.C., 39 Ka) 49

2.2 STRATIGRAFIA E COMPOSIZIONE MINERALOGICA DELL'I.C 54

2.3 CARATTERI FISICI E MECCANICI DELL' I.C. 59

*CAPITOLO 3. LE CAVITA' ANTROPICHE DELL'AGER
NOLANUS* 63

3.1 CENNI STORICI 63

3.2. DOCUMENTAZIONE GEOLOGICA RACCOLTA: 73

3.2.1 DATI DI LETTERATURA 75

3.2.2 ATTIVITA' DI CAMPAGNA 84

3.3 MODALITA' DI ACQUISIZIONE E TRATTAMENTO DEI DATI	95
3.4 DISTRIBUZIONE DELLE CAVITA'	96
3.5 LE GROTTI- CANTINA	99
3.6 CAVE A FOSSA DISMESSE, INTERRITE ED AREE RISANATE	112
3.7 DISSESTI INDOTTI DALLE CAVITA':	118
3.7.1 DISSESTI PRIMARI O CIRCOSCRITTI	119
3.7.2 DISSESTI SECONDARI	127
 <i>CAPITOLO 4. IL MODELLO GEOLOGICO</i>	 128
4.1 RIFERIMENTI DI GEOSTATISTICA	128
4.2 ALGORITMI DI INTERPOLAZIONE SPAZIALE	138
4.3 PREPARAZIONE E TRATTAMENTO DEI DATI	142
4.4 RISULTATI	148
 <i>CAPITOLO 5. CRITICITA' AMBIENTALI E TENDENZA AL DISSESTO IPOGEO</i>	 165
5.1 FATTORI DESTABILIZZANTI NELLE CAVITA' DEL NOLANO	165
5.1.1 PETROGRAFIA E GEOTECNICA	166
5.1.2 STABILITA' DELLE OPERE IN SOTTERRANEO	185
5.1.3 I TERRENI DI RICOPRIMENTO	191
5.1.4 IL DISORDINE IDRAULICO	209
5.1.5 IL DEGRADO AMBIENTALE	221
5.2 GLI ANTHROPOGENIC SINKHOLES IN AREA URBANA	223
5.3 L'ATTIVITA' ESTRATTIVA ED I DISSESTI TERRITORIALI.	229

<i>CAPITOLO 6. LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO</i>	232
6.1 RISCHIO DI CROLLO PER CAVITA' SOTTERRANEA	232
6.2 INDICATORI DI PERICOLO DEL SISTEMA IPOGEO	243
6.3 INDICATORI DI VULNERABILITA' TERRITORIALE	265
6.4 LA CARTA DEL DISSESTO IPOGEO	269
6.5. VALIDAZIONE DEI RISULTATI	272
6.5.1 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DISSESTI	272
6.5.2 CONFRONTO CON I DATI INTERFEROMETRICI	274
6.5.2.1 ASPETTI TEORICI	274
6.5.2.2 RISULTATI	278
<i>CAPITOLO 7. DISCUSSIONE</i>	
7.1 PROPOSTE DI GOVERNO DEL TERRITORIO	282
<i>CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI</i>	292
<i>ABBREVIAZIONI E BIBLIOGRAFIA</i>	
<i>RINGRAZIAMENTI</i>	

SONO PARTI INSEPARABILI DAL TESTO I PRESENTI ALLEGATI SU SUPPORTO CARTACEO O DIGITALE:

TAVOLE TEMATICHE:

TAV. 1 - CARTA DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE E DEI RELATIVI DISSESTI DI SUPERFICIE INDOTTI NEI COMUNI DI CASAMARCIANO, TUFINO E COMIZIANO (NA)

TAV. 2 - CARTA DELLA PROFONDITA' DEL TETTO DELL'IGNIMBRITE CAMPANA (TGC, 39 Ka)

TAV. 3 - CARTA DELLA PROFONDITA' DEL TETTO DELL'UNITA' DETRITICO COLLUVIALE (PNV, PIANO DELLE SELVE 18,3 Ka - 472 AD)

TAV. 4 - CARTA DELLO SPESSORE DELL'UNITA' FLUVIALE I FONDOVALLE (VEF2b2, GHIAIE CARBONATICHE DI TUFINO, 37-10 Ka)

TAV. 5 - CARTA DELLA CONSISTENZA E DEL LIMITE INFERIORE DELLA IGNIMBRITE CAMPANA (TGC, 39 Ka)

TAV. 6 - CARTA DELLA MORFOLOGIA ISOPIEZOMETRICA E ISOFREATICA

TAV. 7 - SEZIONI GEOLITOLOGICHE

TAV. 8 - SVILUPPO TEMPORALE DELLE ATTIVITA' DI ESTRAZIONE DEL TUFO E DEI DISSESTI

TAV. 9a - CARTA DELL PERICOLOSITA' INDOTTA DA CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO (4 PARAMETRI)

TAV. 9b - CARTA DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO SOTTERRANEO (4 PARAMETRI)

TAV. 10 a - CARTA DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO SOTTERRANEO (4 PARAMETRI)

TAV. 10 b - CARTA DELL PERICOLOSITA' INDOTTA DA CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO (6 PARAMETRI)

TAV. 11 - DISTRIBUZIONE DEI PS SULL'AREA ERS 1992-2000 (SOVRAPPOSIZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO SOTTERRANEO (6 PARAMETRI) CON L'INFORMAZIONE INTERFEROMETRICA

TAV. 12 - DISTRIBUZIONE DEI PS SULL'AREA ENVISAT 2003-2007 (SOVRAPPOSIZIONE DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO SOTTERRANEO (6 PARAMETRI) CON L'INFORMAZIONE INTERFEROMETRICA

DOCUMENTAZIONE:

N. 1 SCHEDA DI EMERGENZA SINKHOLE IN AREA URBANA

N. 2 ANTHROPOGENIC SINKHOLES REGISTRATI SUL TERRITORIO NOLANO

N. 3 SCHEDE DELLE GROTTI-CANTINE DEL NOLANO

N. 4 REPERTORIO FOTOGRAFICO DI BOCHE DI CAVA E DISSESTI

N. 5 CAVE E CAVAMONTI

*Ai miei Genitori che, nell'unità fraterna, mi hanno educato alla Verità ed al Bene
A mia moglie Ginevra ed ai miei figli Alessandro e Valentina, che condividono con
me, Docente di Scienze Matematiche e Geologo, la passione e lo sforzo per lo studio
e l'applicazione delle discipline tecniche, da cui traggio quotidianamente tanto il
sostentamento quanto la linfa per la promozione umana e sociale di una cultura sana.
Al Prof. Giuseppe Luongo, dai cui insegnamenti ed incontri fruttuosi post-lauream
ho imparato assiduamente a rivestirmi di uno spirito critico che non sia mai denigrativo
ma funzionale e propositivo nell'affrontare ogni problematica ambientale.
All'Ordine dei Geologi della Regione Campania, ricordando con serenità d'animo
i miei 27 anni di impegno professionale.*

*Pulchra sunt quae videntur, pulchriora quae
sciuntur, longe pulcherrima quae ignorantur*

*Nicolas Steno
(Copenaghen, 1638 – Schwerin, 1686)*

INTRODUZIONE

I dissesti del sottosuolo dell'area napoletana rappresentano una delle cause più diffuse di crolli di manufatti abitativi e di danni alle infrastrutture che si scoprono poi realizzate su vuoti di varia natura (cunicoli, cisterne, acquedotti) e, ancora di più, su una ignota rete di cavità antropiche.

La realizzazione di queste opere sotterranee fu molto diffusa nei secoli scorsi soprattutto quando, per ridurre nei centri abitati i costi di realizzazione di edifici o di strutture di servizio, venivano reperiti "in loco" i materiali necessari per le murature e la produzione di malte.

A nord-est della metropoli partenopea, nel lembo di pianura che si interpone tra il Vesuvio e l'Appennino, noto come Agro Nolano, la risorsa geologica principale fu rappresentata dalla formazione dell'Ignimbrite Campana (39 Ka) presente nel sottosuolo con significativi spessori.

Sebbene la coltivazione del tufo e dei materiali di copertura sia terminata da tempo, lasciando grandi cave a fossa disperse sul territorio, il pericolo imminente è costituito dai condotti verticali comunemente noti come "occhi di monte" attraverso i quali l'attività estrattiva dell'ignimbrite campana si esplicava da una serie di camere ipogee disposte in serie e dalla ricorrente forma a "cupola" o "a campana".

Le condizioni di stabilità di queste cavità sono compromesse dalla presenza di esili franchi di volta e da una diminuzione dei coefficienti di sicurezza globali.

La mancanza di database adeguati ed aggiornati sullo sviluppo di questi vuoti, per una serie di fattori limitanti (tempo, inconsapevolezza, incuria) rende talvolta difficile l'esatta individuazione delle aree più esposte al dissesto, addirittura di quelle situate nei centri storici e ricordate dai più anziani come grotte-cantina, permettendo a questo sistema sotterraneo di interagire con le stratificazioni e le nuove esigenze dell'attività umana senza un controllo e messa in sicurezza del soprassuolo.

I dati che riguardano l'Ambito 5-Area Nolana, consultabili nella "Banca Dati delle Cavità del sottosuolo dei Comuni della Provincia di Napoli (AA.VV. 2004)", si riferiscono solamente ad informazioni reperite all'epoca e non a tutte le cavità effettivamente presenti, pertanto, la ricerca universitaria ha attivato processi multidisciplinari tesi a fare chiarezza sull'incidenza del problema.

I fenomeni di dissesto più ricorrenti, configurabili in "anthropogenic sinkholes" (Fairbridge, 1968) e che si verificano con una certa periodicità nei centri urbani di Casamarciano, Comiziano e Tufino, sono voragini che si creano a seguito del parziale crollo di una cavità dovuto o per cedimento del fronte di scavo o al crollo della canna di pozzo, frequentemente all'interno dei primi 20 metri di sottosuolo ed interessanti le piroclastiti sciolte, inoltre, la riesumazione dello "occhio di monte" è indotta quasi sempre da sovraccarichi esterni, da eventi pluviometrici estremi o dai richiami di perdite o infiltrazioni idriche.

La presenza di alcuni dissesti areali, inoltre, fa presupporre che siano molteplici i fattori che concorrono ai segni di stanchezza delle cavità antropiche, una situazione che ha permesso di avviare un'attività di ricerca studi finalizzata alla definizione di una procedura integrata di previsione per le tipologie ricorrenti che coinvolgono il sistema suolo-sottosuolo di quest'area.

L'importanza del presente studio, che si colloca nell'analisi di fenomenologie del "rischio idrogeologico", tra l'altro, non contemplate dai recenti Piani di Mitigazione del Rischio (PSAI) della Regione Campania, è di sviluppare nuovi modelli sistemici per questa problematica, accanto a prototipi multi-rischio già proposti per il territorio comunale di Napoli (Zito, 2003; Sessa et al., 2005; 2006). Al contrario del rischio idraulico dove la scala di pericolosità è descritta da diversi livelli in funzione del periodo di ritorno dell'evento alluvionale e del tirante idrico medio dell'area allagata h , oppure come nel caso del rischio idrogeologico da frane, derivanti dal grado di suscettibilità all'innescamento su basi geologiche, geomorfologiche, satellitari, idrauliche e di studi di dettaglio, gli anthropogenic sinkholes non sono eventi naturali e quindi non possono essere

trattati statisticamente o con periodi di ritorno o, come qui si proporrà, con l'overlap di varie carte tematiche.

Oggetto della Tesi di Dottorato consiste nello sviluppare una procedura semi-quantitativa per la valutazione alla propensione all'instabilità ipogea del predetto contesto territoriale.

Il quadro delle conoscenze territoriali è stato organizzato in un database geografico G.I.S. (Geographic Information System) finalizzato ad essere il contenitore di tutti i dati litologici, stratigrafici, idraulici ed idrogeologici, le canne di pozzo, i rilievi plano-topografici delle cavità accessibili e delle grotte-cantina, le tipologie di dissesto riconosciute, infine, gli aspetti storico-urbanistici e infrastrutturali del sistema ambientale.

Grazie al continuo ampliamento delle potenzialità dei GIS, il loro l'impiego costituisce una metodologia ampiamente utilizzata ed ormai consolidata, di valido supporto sia per l'implementazione di tecniche di valutazione molto complesse sia per la messa a punto di database gestionali versatili e aggiornabili in tempo reale.

Dopo un'attenta visione geografica del territorio, finalizzata a mettere in relazione diretta le caratteristiche intrinseche delle cavità con quelle geologiche, morfologiche, litostratigrafiche, idrauliche, idrogeologiche ed insediative delle aree in cui ricadono, si illustrano i criteri ispiratori alla base della metodologia integrata di analisi ed elaborazione di tutti i dati disponibili dall'attività di ricerca e dalle rilevazioni nelle aree interessate.

La valutazione della suscettibilità al dissesto potenziale indotto dalla presenza di questi antichi cavi e l'attuazione di conseguenti azioni di mitigazione del rischio, definite all'interno di una pianificazione urbanistica e di gestione dell'emergenza, sono l'obiettivo della fase finale del presente studio.

CAPITOLO 1

IL SISTEMA AMBIENTALE DELL'AGER NOLANUS

1.1 EVOLUZIONE STORICA E GEOLOGICA DELLA REGIONE

L'Agro Nolano, costituente la terza cintura nord della provincia di Napoli, si sviluppa in quel tratto della Piana Campana che viene delimitata a sud dal Somma-Vesuvio, ad ovest dall'alto morfologico Volla-Casalnuovo, a nord dai Monti di Canello e ad est dai Monti Avellani e di Lauro.

Si tratta di un territorio dell'entroterra campano con origine antichissime e che, abitato dalle più importanti popolazioni italiche (Osci, Greci, Etruschi, Sanniti, Romani), si distingue per una precisa individualità territoriale derivata da un complesso di fattori fisici e umani che, agendo simbioticamente hanno determinato il conformarsi di particolari caratteristiche socio-ambientali (Figura 1-a).



FIGURA 1-a: La Campania Antica (Shepherd, 1911)

Nel corso della storia, tuttavia, quest'area non ha avuto sempre un'univoca connotazione, sebbene il primo a parlarne è Marco Tullio Cicerone che la riconosce come una parte importante della Liburia, ovvero gli antichi *Campi Leborini*, ma che in epoca normanna prenderà il nome di *Terra Laboris*, un'unità territoriale con la quale sarà identificata fino al 1816 (Figura 1-b).



FIGURA 1-b: La Campagna Felice (De Silva, 1692)

La definizione della *Campagna Nolana* o *Territorio Nolano* prenderà vigore solo nel Basso Medioevo identificando l'Area Nolana come quella parte centrale del territorio gravitante intorno a Nola, compresa tra i Monti di Avella, il Vesuvio, il Pantano di Acerra ed il Vallo di Lauro.

Un preciso assetto amministrativo della zona, come osserva giustamente il D'Arcangelo (1967), si era comunque configurato con la conquista romana quando, in seguito allo sviluppo delle vie di comunicazione verso l'Urbe ed alle varie divisioni centuriali, l'uniformità storico-geografica dell'ager Nolanus veniva fatta estendere fino alle valli di Baiano e di Lauro e fino alla soglia di Pomigliano e Marigliano.

Il suolo fertile di quest'area, chiamata anche *Campagna Felice*, ha contribuito nei secoli a rifornire i granai dei conquistatori di turno con il suo superbo frumento, di contro, le innumerevoli scorrerie e distruzioni dei popoli invasori, l'insorgenza di pestilenze, carestie, inondazioni, accanto alle catastrofi legate soprattutto ai risvegli delle attività eruttive del Somma-Vesuvio interruppero in più occasioni un ciclo virtuoso basato sulla sua configurazione prevalentemente pianeggiante.

Ambrogio Leone demarcherà il suo confine territoriale, così come appare nell'incisione "*Ager Nolanus cum adiacentis regionibus*" di Girolamo Mocetto (1458-1531), annessa alla sua opera "*De Nola Patria*" pubblicata a Venezia nel 1514, una rappresentazione della pianura ritenuta sommaria e fantasiosa da alcuni geografi (Almagià, 1913), ma immediata nei contenuti orodrografici dell'epoca (Manzi, 1973; Borri, 2004) e che, congiuntamente al *Sinus Neapolitanus* di Philipp Cluver (1580-1633) nell' "*Italiae antiquae, liber quartus*", tra l'altro, presente anche nell'opera medica "*De Morbo Epidemiali qui Nola et Campaniam vexavit, ... di J.B. Cavallarii* (1602), rappresenta senza dubbio le memoria geografico-storica più antica dei dintorni di Napoli (Figure 2-a e 2-b).

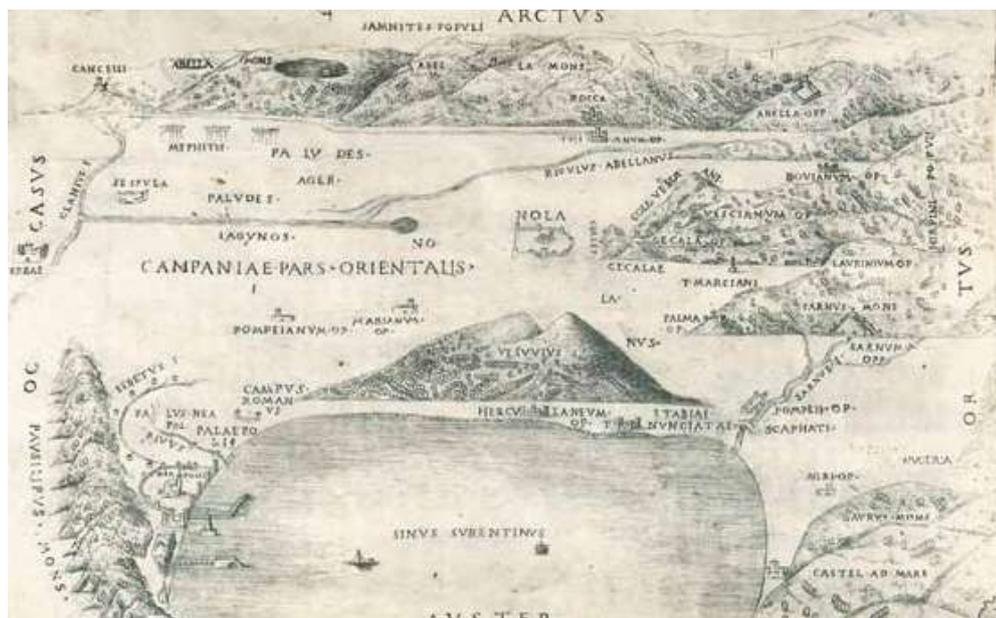


FIGURA 2-a : La Campania Orientale (Leone, 1541)



FIGURA 2-b: L'Agro Nolanus (Cavallari, 1602)

Il Galanti (1789-1790) e il Giustiniani (1797-1816) stempereranno definitivamente la disputa storico-geografica delineando i confini dell'Agro Nolano nel vasto territorio incuneato tra l'Appennino ed il Vesuvio, includendo nella parte orientale anche le aree delle campagne acerrane (Figura 3).

Il contesto geologico-strutturale dell'area si lega strettamente a quella della Piana Campana, fisiograficamente impostata in un graben peritirrenico, esteso dal Monte Massico all'alto strutturale della Penisola Sorrentina e governato da sistemi di faglie dirette, di notevole rigetto ed orientate in direzione appenninica che antiappenninica, che sono frutto di un regime di distensione instauratosi nell'Appennino Meridionale per effetto dell'apertura del bacino tirrenico (Ortolani e Aprile, 1978).

I diversi studi stratigrafici del sottosuolo della Piana hanno potuto accertare la presenza di varie unità stratigrafiche, marine, continentali, transizionali e vulcaniche, ossia elementi che hanno indotto vari studiosi a concludere che la depressione sia rimasta in ambiente continentale durante il Pliocene (Brancaccio

et al., 1991; Cinque et al., 1993), conoscendo, successivamente, una marcata subsidenza a partire, quantomeno, dal tardo Pleistocene medio (Aprile & Toccaceli, 2002), se non addirittura dal Plio-Pleistocene (Ietto & Sgrosso, 1963), e fasi trasgressive fino all'Olocene.

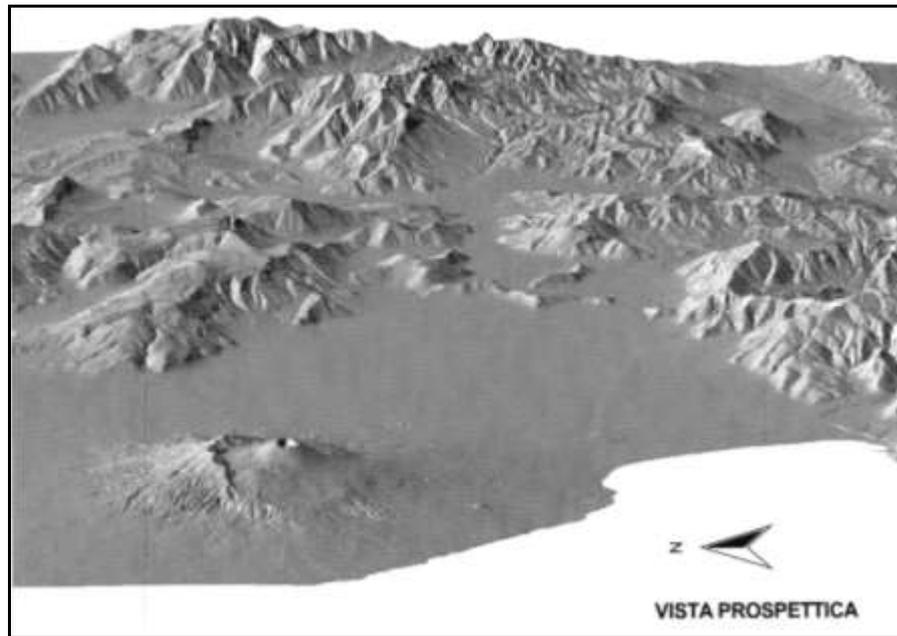


FIGURA 3: Ricostruzione 3-D della pianura circumvesuviana (Pareschi, 2002; 2004)

A partire dal Neozoico, per effetto della risalita di masse magmatiche collocate ad una profondità di circa 15 Km, responsabili delle manifestazioni vulcaniche più importanti del distretto (Ischia-Campi Flegrei, Somma-Vesuvio, Roccamonfina), e di un'intensa attività di demolizione dei primi contrafforti appenninici, la Piana viene riempita da potenti depositi vulcanici e detritici.

L'evento vulcanico che, dal punto di vista paleo-ambientale, ha maggiormente inciso sulla formazione del territorio campano, è senza dubbio l'eruzione della Ignimbrite Campana (Orsi et al., 1996), avvenuta circa 39 Ka nella caldera dei Campi Flegrei (De Vivo et al., 2001).

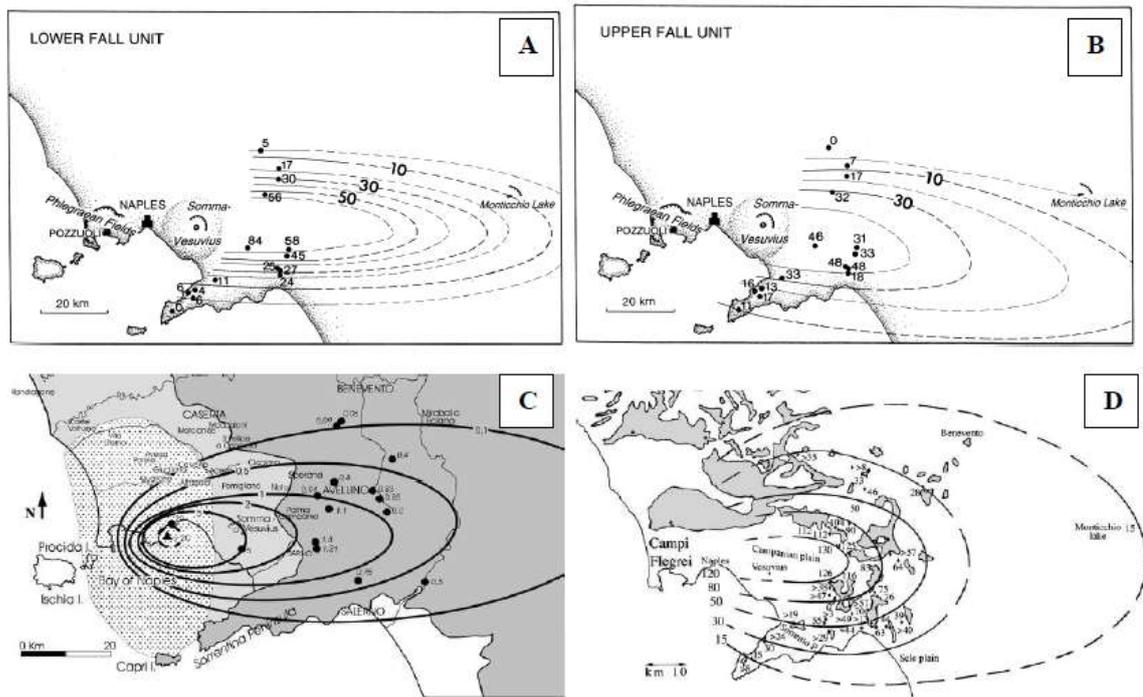


FIGURA 4.: Mappa delle isopache dei prodotti pliniani dell'Ignimbrite Campana (A e B, da Rosi et al.,1999; C, da Rolandi et al., 2003; D, da Perrotta e Scarpati, 2003)

I depositi di questa eruzione, che sono distribuiti sui due terzi della Regione Campania, si esprimono nel sottosuolo delle aree interne, come la stessa area nolana, in un corpo tufaceo più o meno continuo e compatto con spessori dell'ordine di alcune decine di metri, come riportato da vari studiosi (Figura 4). La deposizione dell'Ignimbrite Campana (I.C.), in generale, portò ad una sovra-compensazione della subsidenza della vasta pianura determinando la sua quasi totale riemersione, anche favorita dal progressivo abbassamento del livello marino per l'ultima glaciazione (Wurm), intorno ai 20.000 anni B.P., inducendo anche una sedimentazione marina con associata attività vulcanica, prevalentemente subacquea.

L'eruzione flegrea fu seguita anche da un deterioramento delle condizioni climatiche, con l'inizio di una fase fredda di tipo arido o semiarido, caratterizzata da uno sviluppo della vegetazione arborea a vantaggio di quella erbacea ed arbustiva di steppa.

In questo contesto climatico ed ambientale si inquadra un'intensa fase di erosione e smantellamento dei contrafforti carbonatici con riassetto degli alvei fluviali e la

conseguente messa in posto di grossi apparati di conoide e depositi fluviali in cui l'apporto sedimentario è fortemente condizionato dalla disponibilità, lungo i versanti, di enormi quantità di materiale vulcanoclastico (Di Vito et al., 1998).

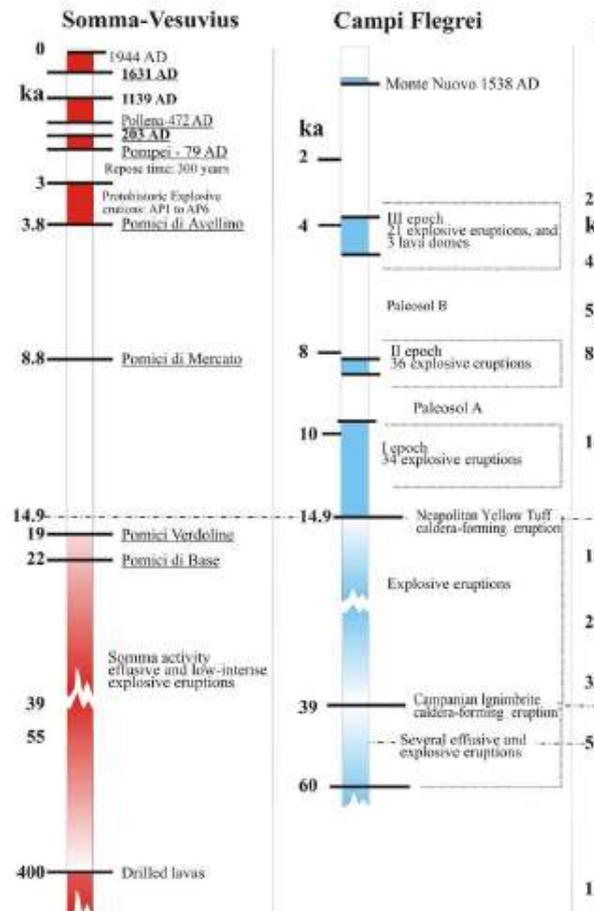


FIGURA 5: Attivita' del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei (Di Vito et al. 2011)

La porzione settentrionale del territorio in studio, presenta a modesta profondità il deposito dell'Ignimbrite Campana, ricoperto nelle aree pianeggianti o/e inciso nelle aree più acclivi e lungo paleo-alvei, da potenti depositi di ghiaie e sabbie, derivanti dallo smantellamento dei versanti. La minore produzione di materiale carbonatico, infine, determinò la rapida espansione delle aree forestali, favorita dall'aumento di temperatura durante la transizione tra il Pleistocene superiore e l'Olocene, che ridusse il fenomeno dell'erosione.

Nel periodo di tempo successivo, ossia per tutto l'Olocene, tutti gli apparati vulcanici del napoletano comprendenti la struttura primordiale del Somma-Vesuvio ed i Campi Flegrei sono attivi, producendo eruzioni esplosive, come le eruzioni delle Pomici di Base (22 Ka) e delle Pomici Verdoline (19 ka) e nell'area più occidentale, la messa in posto del Tufo Giallo Napoletano (TGN, 15 Ka).

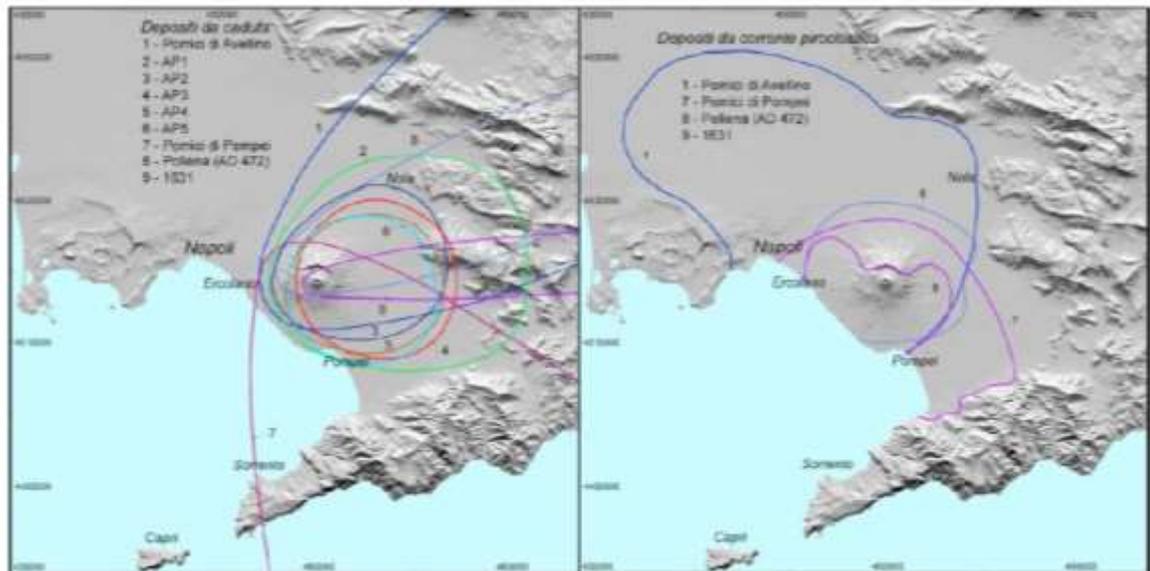


FIGURA 6 : Distribuzione dei depositi delle eruzioni principali del Vesuvio degli ultimi 4000 anni. Le linee indicano le isopache di 10 cm di spessore dei depositi da caduta (a sinistra) e l'area coperta dai depositi da corrente piroclastica (a destra), da Di Vito et al., 2013b

La conformazione della plaga nolana, per la convergenza dei rilievi circostanti, assume i caratteri di conca endoreica, di conseguenza, uno studio comparato dell'attività dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio degli ultimi 10 Ka, ha appurato la deposizione a più altezze stratigrafiche di sedimentazioni con elevato tasso organico, quali strati torbosi o paleosuoli, intercalati a depositi più significativi che progressivamente hanno colmato le depressioni topografiche, sia per processi di lenta sedimentazione sia per apporti rapidi, dovuti agli eventi eruttivi o al rimaneggiamento delle coltri piroclastiche (Di Vito et al., 1999; Santacroce et al., 2008). In particolare, nell'intervallo temporale più prossimo alle vicende umane, almeno cinque eruzioni fortemente esplosive hanno disperso tephra nella pianura nolana (Figura 5), quella flegrea di Agnano-Monte Spina (4.5 Ka), quelle pliniane vesuviane delle "Pomici di

Mercato" (8.8 Ka) e delle "Pomici di Avellino" (3.7 Ka) e sub-pliniane vesuviane di Pollena (472 d.C.) e del 1631 (Figura 6).

I prodotti dell'eruzione di Mercato, ampiamente distribuiti ad est a nord ed ovest della struttura del Somma-Vesuvio, ricoprono tracce di insediamenti antropici neolitici (Cioni et al., 1999; Aulinas et al., 2008; Mele et al., 2011). Questi depositi sono ricoperti da uno spesso paleosuolo, corrispondente ad una lunga fase di quiescenza che riguarda anche l'adiacente area dei Campi Flegrei. Il paleosuolo è infatti riconoscibile su un'area molto vasta e contiene abbondanti tracce di presenza dell'uomo.

Nelle aree medio distali del vulcano, questo paleosuolo è ricoperto prima dai depositi di alcune vaste eruzioni flegree, quali l'Agnano 3 e il PaleoAstroni, rilevabili come ceneri fini in tutta l'area compresa tra i Campi Flegrei e la Piana di Caserta-Acerra, e di quella pliniana di Agnano-Monte Spina, i cui prodotti coprono un'area di qualche migliaio di chilometri quadrati, e sono ancora ben distinguibili su tutto l'apparato del Somma-Vesuvio, sulle piane circostanti il vulcano e sugli Appennini, almeno fino ad Avellino. Le tracce antropiche in questo paleosuolo complesso, che in molti casi contiene tracce di ceneri di eruzioni distali, diventano via via più abbondanti fino al Bronzo Antico, fino all'eruzione pliniana delle Pomici di Avellino (Rolandi et al., 1993; Cioni et al., 1999; Mastrolorenzo et al., 2006).

I prodotti di quest'eruzione pliniana, a causa dell'allungamento dell'asse di dispersione del deposito di fall verso il capoluogo irpino, sono ampiamente distribuite nell'area in esame, sebbene siano costituiti da una sequenza di cinque unità eruttive (EU1-5), associate ai livelli decimetrici di pomici e di ceneri delle due fasi principali dell'evento vulcanico. (Sulpizio et al., 2010a, b). Le pomici sono state depositate a nord-est del vulcano per caduta da un'alta colonna eruttiva di tipo pliniano, anticipata da basse colonne eruttive di breve durata e pulsanti (unità eruttiva EU1) che hanno depositato un doppio livello di cenere fino ad una distanza di diverse decine di chilometri. Le unità successive, EU2, EU3 ed EU4 sono state messe in posto durante la fase principale

dell'eruzione, durante la quale forti esplosioni magmatiche generarono la colonna eruttiva di tipo pliniano con un' altezza massima di circa 30 km. I prodotti sono costituiti da un livello di pomici da bianche a grigie verso l'alto, distribuito verso nord-est su un'area di oltre 15.000 km².

L'unità finale (EU5), infine, comprende una successione di depositi di almeno quattro correnti piroclastiche diluite e turbolente, generate da ripetute esplosioni freato-magmatiche, costituite da un'intercalazione di livelli di cenere da fine a grossolana con presenza di strutture da piano-parallele ad ondulate, aventi distribuzione verso nord-ovest ed estese fino ad una distanza di 25 Km dal vulcano. Dopo l'eruzione delle Pomici di Avellino, un'area vastissima, comprendente le piane ad ovest, a nord e a est del vulcano e alcune valli appenniniche, furono interessate da una generale destabilizzazione idrogeologica e dal ripetersi di numerosi fenomeni alluvionali di energia. L'eruzione delle Pomici di Avellino fu seguita da un lungo periodo di scarsa presenza dell'uomo nelle aree maggiormente colpite dall'eruzione (Di Lorenzo et al., 2013) e alcuni secoli dopo da almeno 8 eruzioni da stromboliane a sub-pliniane, i cui prodotti prevalentemente da caduta denominato AP1-AP6 per l'intervallo stratigrafico nel quale si rilevano (Avellino-Pompei) sono distribuiti nelle aree ad est del vulcano e separati da paleosuoli e depositi alluvionali a comprova di intervalli di quiescenza del vulcano di diverse decine-centinaia di anni (Di Vito et al., 2013). Gli episodi vulcanici di tipo sub-pliniano e successivi all'eruzione di Pompei del 79 d.C., nel 472 d.C. e nel 1631, presentano fenomeni simili a quelli delle eruzioni pliniane, ma di scala inferiore, con colonne eruttive non superiori a 20 km di altezza e correnti piroclastiche distribuite fino a distanze interiori a 10 km (Rosi & Santacroce, 1983; Rolandi et al., 1993; Rosi et al., 1993; Sulpizio et al., 2005). L'accumulo di grandi quantità di materiale piroclastico sciolto lungo i versanti dei rilievi attorno alla piana nolana ha favorito nel tempo la generazione di lahar, debris flow e di ripetuti fenomeni di alluvionamento che ne hanno frequentemente causato l'impaludamento ed il seppellimento sotto spesse coltri detritiche (Palestri, 2004b; Di Vito et al., 2013 a, b).

Numerose eruzioni di bassa energia, legate all'attività del vulcano a condotto aperto, si verificarono prevalentemente tra il I e il III secolo d.C., tra il V e l'VIII secolo d. C, e nel periodo 1631-1944 (Arrighi et al., 2001; Santacroce & Sbrana, 2003; Santacroce et al., 2008).

1.2 I CENTRI ABITATI ED IL SISTEMA DI VIABILITA'

Il centro economico, civile, culturale, religioso e militare dell'area è da sempre stato la città di Nola che, durante la fase di grecizzazione della Campania e nella fase preromana, ha accentrato su di sé la vita e la storia della fertile pianura ponendosi in essa come fattore di unione e coesione.

Gli assetti agrari, tra l'altro, sono espressione delle varie centuriazioni romane effettuate sul vasto territorio dalla tarda età repubblicana (II sec a.C.) sino alla prima età imperiale (I sec d.C.), come riportato in Figura 7.

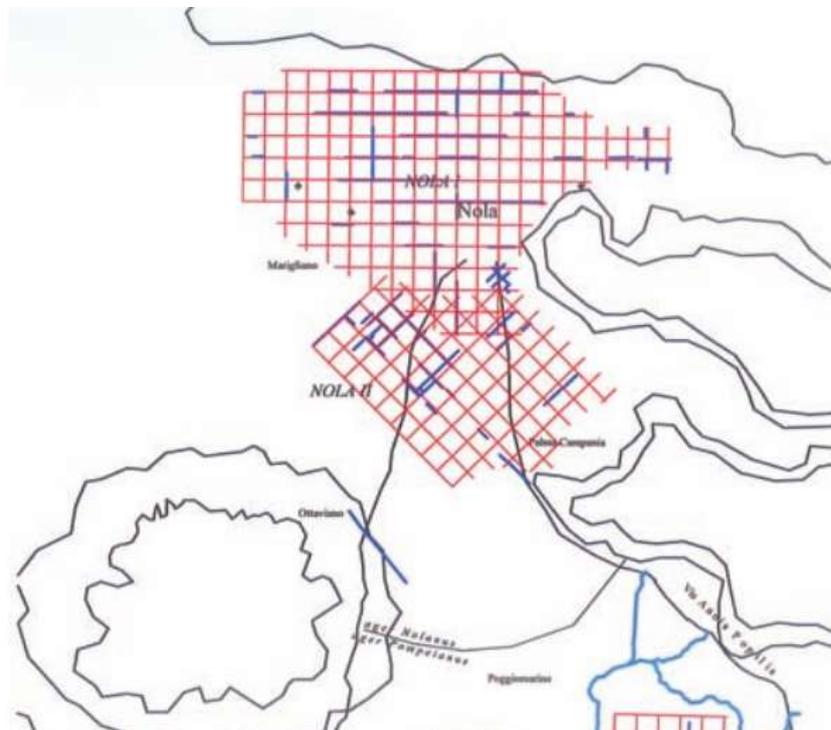


FIGURA 7 : Le centuriazioni Nola I e II (Chouquer et al., 1987 modificata)

La porzione nord-est della plaga, occupata dai centri abitati di Casamarciano, Comiziano, Tufino, trova il suo primitivo sviluppo tra l'XI e ed il XIII secolo quando, in aggiunta ai vecchi agglomerati urbani delle *curtis*, si distribuirono sul territorio masserie e casali gravitanti intorno alla città fortificata o intorno a rocche e cinte murarie disposte sui rilievi (Buccaro, 2009).

Quest'area, cinta dai Monti di Cicciano e di Canello a nord-ovest, di Avella a nord-est, di Visciano a sud-est (Figura 8), si slarga verso l'Agro su una superficie di 13,95 Km², con una densità abitativa odierna pari a 673,05 ab/km² ed una situazione demografica riportata nella tabella territoriale:



FIGURA 8 : Caratteristiche Territoriali delle Aree in studio

Nel XVIII secolo Nola, Città Regia e Vescovile, apparteneva alla provincia di Caserta ed era uno dei cinque capoluoghi di Terra di Lavoro; sotto la propria potestà giudiziale, comprendeva ben sedici casali: Camposano, Casamarciano, Cimitile, Cisterna, Comignano, Cutignano, Faivano, Livardi, Livieri, Mariglianella, Quadrelle, Quindici, Saviano, Scosciano, Scarafito, Tufino, L'intero Agro Nolano, pertanto, aveva dimensioni ancora maggiori includendo nei propri confini le terre di Cicciano e di Roccarainola a nord, Avella e Baiano a est, Lauro e Casali a sud-est, Palma e San Gennaro a sud e Marigliano e Casali ad ovest (Musco, 1997; Avella, 2006).

Nell'ambito della localizzazione dei vari centri urbani e di quelli in studio, riveste una notevole importanza l'impianto viario del territorio costituito dalla Strada Popilia e dalla Via Appia.

Il primo tracciato stradale, articolato intorno all'asse di collegamento Napoli-Nola (Cimitile) fino ad Avella, noto nel Medioevo come "Via Antiqua" ed in epoca moderna come "Strada Regia, Real Cammino o Consolare di Puglia", si sovrappose nel tratto iniziale alla Via Neapolis-Abellinum, raggiungendo la carrozzabile per Brindisi tramite i centri di strada di Gallo, Schiava di Tufino e Baiano. Nell'attuale sistema viario, oggi rappresentato dalla Strada Nazionale delle Puglie (Zona Rettifilo Galluccio-Schiava) e che costituisce un'efficace arteria di flusso veicolare verso l'Irpinia, Nola e l'area Acerrano-Pomiglianese, si innesta da nord l'antico tracciato (Regio Abolito) e da sud una parte della Strada Pedemontana (S.P. Casamarciano-Schiava).

Il nucleo originario di **Casamarciano**, che si sviluppa alle pendici del sistema occidentale dei Monti di Visciano e Nola risulta costituito dalla progressiva fusione di quattro agglomerati: le "Case di Cola", "le Case di Marciano", i Rioni "Curti e Vriana", quest'ultimo è il toponimo dell'antica Hyria o Hyrina sorta nel X secolo a.C., nell'area amministrativa, compresa tra le quote di +475 m e di +43 m sul livello medio mare, ricadono anche le frazioni di Schiava (lato destro verso Avellino) e Trivio. Il settore più settentrionale è ubicato a cavallo della via Nazionale delle Puglie, tra la progressiva Km 55+87 e Km 55+300 in direzione Avellino; quello meridionale è compreso tra la Provinciale Nola-Schiava ed il rilevato autostradale della A16 Napoli-Canosa.

Il Comune di **Tufino** consta di un centro urbano principale, da cui prende il nome, e di tre frazioni Risigliano, Vignola e Schiava (lato sinistro verso Avellino), ma le prime notizie storiche sui centri abitati della zona, risalenti agli inizi del XIV secolo (Rationes Decimarum della Campania) fanno riferimento anche al casale di Ponticchio scomparso nel XVII sec senza fare alcun cenno di Schiava, di successiva edificazione. Questa frazione, posta alla confluenza delle importanti strade per Visciano, Avella e Casamarciano nasce dall'accorpamento

di precedenti nuclei abitativi sparsi, incrementando la sua importanza dal 1753, solo a partire dal 1946 essa fu divisa con Casamarciano, allo stato attuale, Tufino ne amministra il lato sinistro direzione Avellino.

La fascia di sviluppo centrale, collocata tra le quote +80 m s.l.m. e +130 m s.l.m. e con pendenze debolissime, stimate non superiori al 4% verso ovest, si incunea tra i rilievi del Monte Spraghera, a sud, e del Colle di Pietra, Costa Grande e Piano Maggiore, a Nord.

Il Comune di **Comiziano**, nelle fonti antiche "Cumignano" ma che, con Regio Decreto del 1909, fu cambiato in "Comiziano", deve il suo nome alla Gens Cominia che aveva qui un vasto possedimento feudatario.

Con la Signoria degli Orsini, il borgo divenne casale di Nola e, dopo questa parentesi storica passò dalla famiglia Mastrilli a quella Del Balzo, si affermò come comunità autonoma nel XVII secolo, infine, eretta a Municipio insieme alla frazione Gallo. La topografia del territorio comunale, a morfologia sub-pianeggiante, mostra una lieve pendenza (2%) con vergenza verso Sud-Ovest, le quote altimetriche sono comprese tra i +50 m e +75 m s.l.m.

1.3. RIFERIMENTI CARTOGRAFICI ED UNITA' GEOLITOLOGICHE

Il territorio nolano, posto sul margine orientale della Piana Campana, comprende una zona rilevata e più acclive (>30%) collocata nel tratto orientale (primi contrafforti irpini) ed una zona di alta pianura circumvesuviana (Nolano-Basso Baianese) degradante verso ovest (<5%), queste aree sono entrambe raccordate da una fascia pedemontana a modesta pendenza (<10%).

Il riferimento topologico di vasta scala è costituito dal Foglio IGM n.448 (Ercolano) della Nuova Carta Topografica d'Italia in Scala 1/100.000 del 1996, Sezione I (Nola) in Scala 1 : 25.000.

I rilievi che si collocano a est e a nord-est di importanti centri dell'agro (Nola, Casamarciano, Avella, Baiano) costituiscono la punta più occidentale dei

contrafforti della catena del Partenio, quest'ultima localizzata tra il Monte Taburno (a nord-ovest) ed il complesso dei Monti Picentini (a sud-est).

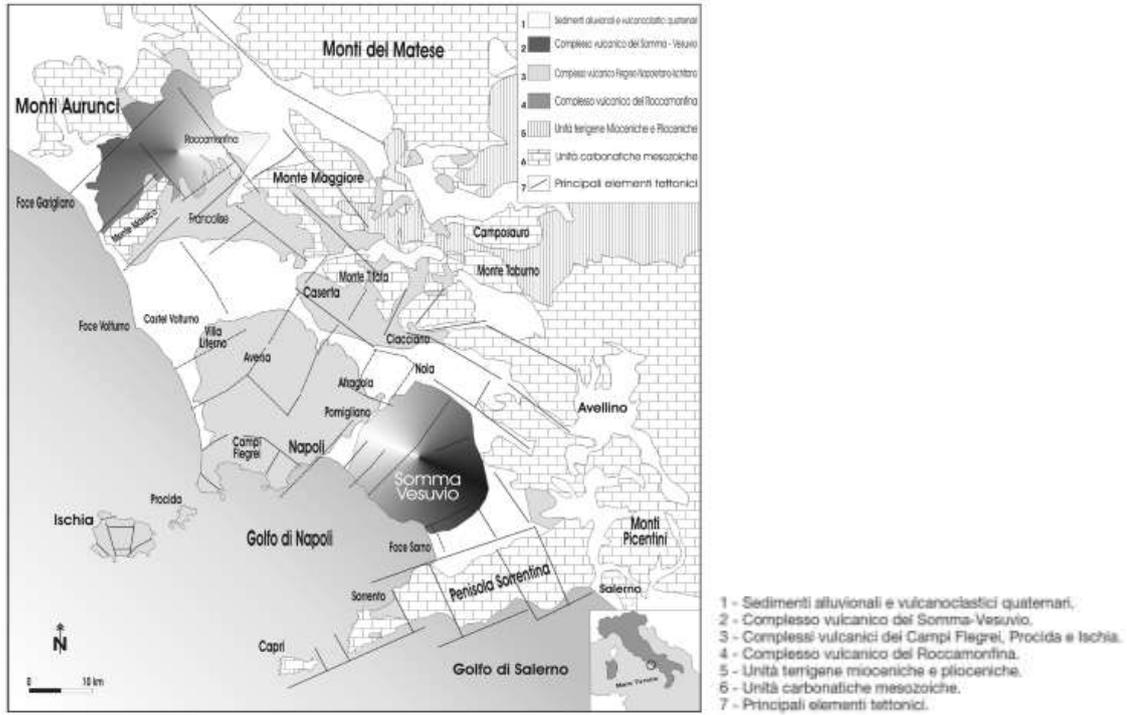


FIGURA 9 : Schema Geologico della Piana Campana

Dal punto di vista geotettonico, l'area appartiene al fronte d'accavallamento dell'Unità Monti Picentini- Monte Taburno che si sviluppa, per circa 60 Km, dal Monte Cervialto sino ai Monti di Caserta con una geometria arcuata. Quest'ultimo risulta disarticolato da numerose faglie ad andamento SO-NE e NO-SE, tra cui quelle con direzione N $120^\circ \pm 10^\circ$ sembrano aver giocato un ruolo fondamentale nella strutturazione di questa porzione di catena (Bravi S., 2006) Il sistema montuoso, infatti, può considerarsi costituito da almeno tre dorsali (Monti di Avella-Montevergine, Monte Pizzone e Pizzo d'Alvano), di diverse dimensioni, allungate tutte da Est a Ovest, e separate da profondi valloni, con corsi d'acqua a regime torrentizio da est ad ovest, le come maggiori sono Monte Vergine (+1480 m), Monte Avella (+1598 m) e Monte Alto (+1357 m). Il corpo orogeno, risulta bene individuato a nord/nord- est dal T. Sciminaro e F. Acqualonga che incidono la Valle di Monteforte Irpino e lungo cui scorre la

Strada della Terra di Lavoro (Strada Statale 7/bis), a sud-sud-est dal Vallo di Lauro lungo cui si snoda la S.P. Nola-Lauro-Moschiano, ad est dal Colle Conciaturo fra Monti Esca e Pizzone, infine, ad ovest dall'Agro Nolano. Il medesimo contrafforte, ad andamento generale sud-est/nord-ovest, si compone anche dei Monti Faito-Cioppolo di Riccio-Monte Chiaiole -Monte De Censi, inoltre, i Monti di Visciano e Nola. Questi ultimi, che sono scissi in dossi in dossi e conche interne, raggiungono un'altezza media di +500 m sul livello medio mare, ponendo la loro vetta più elevata nel Monte Donico (+620 m), delimitati alla base dalla rotabile Visciano-Schiava- bivio Seminario-bivio Stella Livardi- rotabile Casamarciano- - S. Maria della Neve- Alveo Camaldoli. La maggiore di queste alture è il Monte Spraghera (+475 m), collocato a N-E, altre due alture si ergono a circa 1 Km a S, di pari altitudine e di cui una denominata "Boschitello" (+390 m), più a S a circa 1 Km, si sviluppano altre colline, la prima è indicata "dei Camaldoli", per l'eremo che vi sorge, la seconda è nota come "Camaldoli Vecchio" (+380 m), la terza non ha un nome particolare, ancora più a S, si ritrova la collina di Santa Maria a Parete (+380 m), infine, ad E si elevano le alture di Cicala (+225 m) e dell'Oreale o di San Clemente (+350 m).

I domini geolitologici, distinti per genesi, età e modalità di evoluzione geomorfologica, sono evidenziati nel paesaggio attraverso la *carta geologica* realizzata dall'ISPRA (ex APAT-Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici) quale sintesi dei rilevamenti eseguiti a scala nazionale nell'ambito del progetto **CARG, Cartografia Geologica Nazionale**, a Scala 1:50.000 (Figura 10).

La struttura dei gruppi montuosi fa capo ad *elementi carbonatici giurassico-cretacici*, formati in mari poco profondi, sollevati dall'orogenesi terziaria e variamente smembrati dalla tettonica nel Pliocene (RDT, CRQ, CCM, CDO, UNITA' MESOCENOZOICHE LATTARI PICENTINI CRT,).

I depositi che mantellano i versanti e si collocano tra i medesimi o/e riempiono il fondovalle sono rappresentati, a prescindere da rari depositi miocenici di alta quota (BPD), da *sedimenti clastici prevalentemente quaternari (FL)*, *depositi vulcanici (TGC)* e *depositi piroclastici (PNV) in sede o indifferenziati (SINTEMA VESUVIANO/ISCHITANO FLEGREO Sub-Sintema Agro)*.

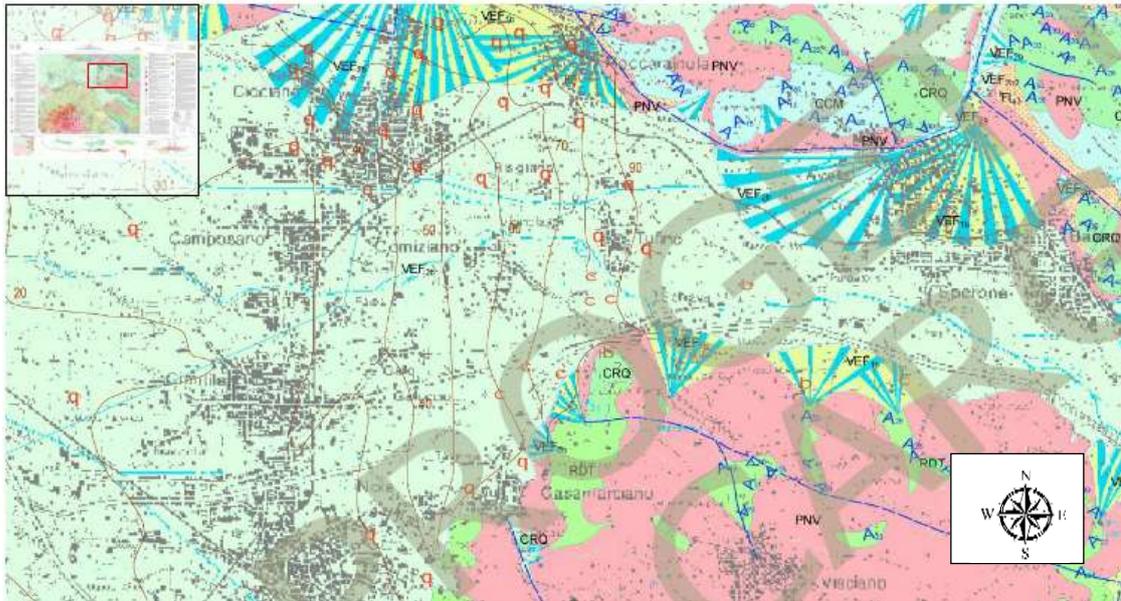


FIGURA 10: Particolare della Cartografia Geologica

Progetto CARG dal Foglio 448 (Ercolano) - Fonte: ISPRA- Area Nolana

LEGENDA

SINTEMA VESUVIANO-FLEGREO (VEF)

Il sintema è compreso tra la discontinuità erosiva bacinale, localmente di non deposizione (paleosuolo) presente a tetto dei depositi dell'Ignimbrite Campana (39 Ka) e la superficie topografica. Esso comprende tutte le formazioni stratigrafiche del Pleistocene Superiore più giovani dei 39 ka ed include tutti i prodotti vulcanici emessi dal Somma-Vesuvio, nonché i prodotti vulcanici più recenti dei Campi Flegrei. Al suo interno si riconoscono alcune formazioni di ordine inferiore che definiscono i vari sub-sintemi vulcanici e vulcanico-sedimentari [**Pleistocene Superiore–Attuale**]



SUBSINTEMA SCANZANO (VEF2)

Il subsintema è compreso tra il tetto dell'Ignimbrite Campana e la discontinuità erosiva o non di deposizione riconosciuta alla transizione riconosciuta tra Pleistocene superiore ed Olocene. Al suo interno sono riconoscibili depositi relativi a diversi sistemi deposizionali incisi ed in parte terrazzati (depositi alluvionali e di conoide alluvionale, **VEF1b**), ad alimentazione mista sia carbonatica che vulcanoclastica, oltre a depositi detritico-colluviali non cartografabili. I conoidi sono spesso formati da depositi in matrice sostenuti da clasti

sia calcarei che vulcanici (pomici e scorie) con matrice prevalentemente cineritica. La componente vulcanica è assolutamente prevalente nei conoidi lungo la Valle di Quindici ed il versante nord delle colline di Visciano. Questi conoidi sono spesso formati da depositi mediamente sortiti e grossolanamente stratificati originati da flussi iperconcentrati. All'interno del subsistema sono spesso frequenti depositi piroclastici da caduta appartenenti alle formazioni delle Pomici Verdoline (PVD) e delle Pomici di Base (PPB). **[Pleistocene superiore tra 39 e 10,5 ka]**

Aree perivolcaniche e rilievi



SUBSISTEMA AGRO NOCERINO-SARNESE (VEF2)

Il subsistema è compreso tra una superficie di erosione o di non deposizione che interessa il tetto del sottostante subsistema di Scanzano e la superficie topografica. Al suo interno sono riconosciuti i depositi piroclastici distali e medio distali e vulcano-sedimentari presenti nelle parti esterne all'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio. Inoltre sono riconoscibili depositi fluviali di piana di esondazione, di fondovalle, di conca endoreica e di conoide ad alimentazione mista sia carbonatica che vulcanoclastica (**VEF2b**). Nella Piana del fiume Sarno sono stati distinti anche depositi limosi con intercalazioni di torbe (**VEF2e3**). I depositi di piana alluvionale sono prevalentemente limoso sabbiosi con intercalazioni di travertino (**VEF2f1**), mentre quelli di fondovalle, di conca endoreica e di conoide alluvionale sono prevalentemente sabbioso-ghiaiosi (**VEF2b2**). Il sistema inoltre comprende i depositi detritico-colluviali dell'unità di Piano delle Selve (**PNV**)



UNITA' PIANO DELLE SELVE (PNV)

Depositati detritico-colluviali sabbioso limosi e sabbioso-ghiaiosi a vario grado di pedogenizzazione di natura prevalentemente vulcanica (ceneri, pomici, scorie) con presenza di livelli arricchiti di clasti carbonatici. Si riconoscono livelli piroclastici di caduta in posto (**Mercato-PMR, Avellino-PAV, Pollena-PNA, 1631-PMX**). I depositi dell'unità coprono in maniera discontinua i versanti e le paleosuperfici sommitali dei rilievi appenninici **[Olocene]**.

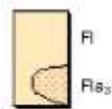
In modo più sporadico perché quasi del tutto eliminati dall'erosione, si ritrovano verso la pianura centrale, i depositi dell'unità **[CV]- Gruppo delle Cinquevie --** Banchi di lapilli scoriacei e pomicei ben selezionati riferibili a depositi di caduta, separati da sabbie limose brune ricche di materia organica (paleosuoli).

Il gruppo include i prodotti vesuviani di età compresa tra i 18 ka (PPB) e il 1906 d.C. **-[Pleistocene superiore (18 ka) - Attuale]** ed i depositi dell'unità **[CCU]- Unità di Casalnuovo-Casoria -** Banchi di lapilli scoriacei e pomicei ben selezionati, riferibili a depositi di caduta flegrei, separate da sabbie limose brune ricche di materia organica (paleosuoli).

Al tetto sono frequentemente presenti depositi cineritici massivi e/o debolmente stratificati riferibili a deposito di flusso piroclastico della formazione delle piroclastiti di Avellino PAV - [Pleistocene superiore (18 ka) - Tardo Olocene]

DEPOSITI PIROCLASTICI INDIFFERENZIATI

DISTRETTO FLEGREO



SUPERSINTEMA FLEGREO-ISCHITANO

Il supersintema racchiude i depositi di riempimento del “graben campano” compresi tra il tetto del substrato carbonatico e la discontinuità al tetto dell'Ignimbrite Campana. In affioramento le unità cartografate sono l'Unità di Cannello (UNC), composta da sabbie calcareniti di ambiente litorale con subordinati livelli conglomeratici a clasti ben arrotondati con fori di organismi litofagi, detriti di falda ad elementi carbonatici (a3) e depositi piroclastici dell'eruzione dell'Ignimbrite Campana (TGC). I detriti di falda comprendono breccie carbonatiche cementate, da stratificate a caotiche, talora in matrice sabbiosa limosa, con scarsa componente vulcanoclastica Rappresentano più generazioni di detriti di versante e sono più antiche della deposizione dell'Ignimbrite Campana. [Pleistocene inferiore- Pleistocene superiore?? (>39 Ka)]



Ignimbrite Campana I.C. (o TGC) [39 ka]

Banco cineritico massivo contenente lapilli pomicei chiari e scorie nere, litici lavici e cristalli sciolti di sanidino, con tipiche strutture a fiamma, riferibile ad una ignimbrite da debolmente saldata a litificata, di colore dal grigio al marrone giallastro. Localmente alla base è presente un livello ben selezionato di pomici scorie debolmente porfiriche a sanidino

ERA	PERIODO	PIANO	ETA' MA.	FACIES CONTINENTALE	UNITA' STRATIGRAFICA	
NEOZOICA ERA QUATERNARIA	OLOCENE	Versiliano	-0.01	<10 Ka	PNV [VEF2, PMR - PAV-PNA- PMX], CV-CCU-FI	
		Sup		15 Ka	CCU- CV	
	PLEISTOCENE	Med	Milazziano	-0.018	18 Ka	CCU- CV
			Siciliano	-0.039	39 Ka	FI- TGC
		Inf	Emiliano			UNC- FI
			Calabriano/Vill.	-1.8		Fla'

TABELLA 1: Successione Cronostratigrafica delle Unità Stratigrafiche Quaternarie

UNITA' CARBONATICHE DELLA CATENA DEI MONTI LATTARI PICENTINI

Unità Tettonica dei Monti di Avella- Nola e Lauro

SUB- UNITA' TETTONICHE DEI MONTI DI AVELLA



BRECCE DI PUNTA DEL CAPO (BPD)

Brecce e conglomerati con clasti carbonatici poligenici in matrice calcareo-marnosa rossastra. Si presentano in affioramenti molto limitati, in leggera discordanza sui carbonati mesozoici. I clasti sono per lo più costituiti da Calcari del Cretacico superiore con *Moncharmontia apenninica* (DE CASTRO), *Accordiella conica* FARINACCI, *Aeolisaccus sp.*, *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINIERI), *Miliolidi*. Presenti anche clasti eocenici con *Spirolina sp* e rari clasti di calcari pelagici con *Globorotalia sp*. Lo spessore non supera i 3-4 m. **Membro caotico del Vallone Cantarielli (ac)** Argille ed argille sabbiose verdastre, giallastre o rossastre, inglobanti clasti di peliti micacee, blocchi di arenarie quarzose e micacee, di calcilutiti e calcari marnosi, talora con microfaune paleogeniche [*Nummulites sp*, *Alveolina sp*, *Orbitoididae*] e rari clasti e blocchi granitici. Il complesso raggiunge uno spessore di una decina di metri e si rinviene al di sopra delle breccie del Cioppolo di Riccio o direttamente sui Calcari della Dorsale di Visciano. Ricorda decisamente olistostromi ed olistoliti di terreni ad affinità sicilide ("Argille Varicolori *Autoct.*") riconosciuti nelle formazioni arenacee e conglomeratiche medie-supra-mioceniche del Foglio 466 SORRENTO [TORTONIANO SUP.?)



CALCARI A RADIOLARITI (RDT)

Nella parte bassa prevalgono calcari (*mudstones*, *wackestones* e *packstones*), bianchi, avana e grigi, con livelli di dolomie loferitiche e stromatolitiche grigiastre e giallastre, alla parte medio-alta *mudstones*, *wackestone* biancastri con Rudiste. Tra i microfossili della parte bassa sono presenti *Pseudorhapydionina dubia* (DE CASTRO), *Biplanata peneropliformis* HAMAOUÏ & SAINT-MARC, *Nezzazata simplex* OMARA, *Biconcava bentoni* HAMAOUÏ & SAINT-MARC, *Cisalveolina fraasi* (GUMBEL), *Pseudolituella nella reicheli* MARIE, *Miliolidae*, *Nezzazatidae*, *Chrysalidina gradata* D'ORBIGNY, *Cuneolina parvonia parva* HENSON e tra i macrofossili *Requienidae*, *Nerinedae*, queste ultime sono abbondanti in un orizzonte del Cemoniano inferiore-medio. Nella parte media i fossili sono rari e poco significativi, spesso costituiti da solo miliolidi. La parte alta contiene *Dicyclina schlumbergeri* MUNIER CHALMAS, *Accordiella conica* FARINACCI, *Moncharmontia apenninica* (DE CASTRO), *Scandonea sannitica* DE CASTRO, *Thaumatoporella Parovovesiculifera* (RAINIERI), *Rotalidae*, *Miliolidae*, *Discorbidae*. I Calcari della Dorsale di Visciano presentano uno spessore affiorante di oltre 700 m e si sono depositi su *shelves* carbonatici a bassa energia e periodica tendenza all'emersione. Passano stratigraficamente a calcari con requenie e gasteropodi [CENOMANIANO- SENONIANO]



CALCARI CON REQUIENIE E GASTEROPODI (CRQ) membro dei calcari a marne e Orbitoline

La parte inferiore della formazione è costituita da calcari (*mudstones*, *packstones* e *grainstones*, talora finemente pseudoolitici), biancastri, avana e grigi, a luoghi dolomie, in strati da medi a spessi. In essa sono presenti Nerineidi, Caprinidi e alghe dasicladacee, tra cui *Salpingoporella* cemi RADOICIC *Salpingoporella anulata* CAROZZI, *Triploporella? Cf neocomiensis* RADOICIC, *Praturlonella danilovae* (RADOICIC); tra i foraminiferi sono presenti Valvulinidi, cuneoline "primitive", *Pseudocyclamina lituus* (YOKOYAMA), *Orbitolinopsis capuensis* (DE CASTRO) La parte superiore è costituita da calcari, a luoghi con livelli di lumachelle a Requenie, con *Praechrysalidina infracretacea* LUPERTO SINNI, *Orbitolina (Mesorbitolina) texana* (ROEMER), *Orbitolina (Mesorbitolina) parva* DOUGLAS, *Paracoskinolina tunesiana* PEYBERNES, *Neoiraqia insolita* (DECROUZE & MOULLADE), *Cuneolina camposauri* SARTONI E CRESCENTI, *Cuneolina laurenti* SARTONI & CRESCENTI, *Cuneolina scarsellai* DE DE CASTRO, *Debarina hahounerensis* FOURCADE, RAOULT E VILA, *Sabaudia minuta* (HOFKER), *Ovalveolina reicheli* DE CASTRO ed alghe dasicladali tra cui *Salpingoporella dinarica* RADOICIC e *Salpingoporella turgida* RADOICIC. Lo spessore della formazione, che passa stratigraficamente ai sottostanti Calcari a *Cladocoropsis* e *Clypeina*, è di circa 600 m. gli ambienti deposizionali sono rappresentati da *shelves* idrodinamici con basso idrodinamismo, tendenti ad una maggiore stagnazione nel-l'Aptiano. **[BARRESIANO pro parte ALBIANO]**



CALCARI CON CLADOCOROPSIS E CLYPEINA (CCM)

Calcari e calcari dolomitici, spesso pseudoolitici, a luoghi stromatolitici e loferitici, *mudstones*, *wackestones* e *packstones* grigi, avana o biancastri, in strati da media a spessi. La parte bassa, costituita in prevalenza da *mudstones* e *packstones* avana, contiene talora orizzonti con *Cladocoropsis mirabilis* FELIX alla quale si associano *Kurnubia Palastiniensis* HENSON *Valvulina lugeoni* SEPTFONTAINE, *Pfenderella arabica* REDMOND, *Valvulinidae*, *Texturaliidae* *Nubeculariidae*, ostracodi. Nella parte media sono frequenti *wackestones* e *packstones* con *Parurgonina caelinensis* CUVILLIER, FOURY E PIGNATTI-MORANO e *Clypeina jurassica* FAVRE passanti a *mudstones* biancastri con sola *Clypeina jurassica*. La parte alta della formazione e' generalmente ricca di *Campbelliella striata* (CAROZZI), a luoghi associata a *Salpingoporella annulata* (CAROZZI). Lo spessore della formazione raggiunge i 400-450 m. L'ambiente deposizionale é di tipo lagunare protetto con circolazione ristretta per la parte inferiore con tendenza, nella parte superiore, con episodi di maggiore apertura a più elevato idrodinamismo. La formazione passa stratigraficamente ai sottostanti calcari oolitici ed oncolitici. **[Calloviano pro parte- Berrasiano basale]**



CALCARI OOLITICI E ONCOLITICI (CDO)

Calcari oolitici e pseudoolitici, talora dolomitici (parte inferiore e media) in strati spessi e medi, di colore biancastro, talora avana o nocciola; calcari biodetritici più grossolani, soprattutto nella parte media, in strati medi, di colore avana e grigio, ai quali si intercalano sempre più frequentemente, nella parte alta della formazione, calcari a grana fine (*mudstones* e *wackestones*). I microfossili della parte inferiore e media sono costituiti soprattutto da *Valvulina lugeoni* SEPTOFONTAINE, *Siphovalvulina spp.* *Mesoendothyra croatica* GUSIC, *Selliporella donzelli* SARTONI & CRESCENTI, talora abbon-dantissima in strati di colore biancastro. Nella parte alta, in strati di *mudstones* e *wackestones*, avana o beige chiaro sono presenti *Pfenderina*

salernitana SARTONI & CRESCENTI, *Pfenderella arabica* REDMOND, *Satorina apuliensis* (?) FOURCADE & CHOROWICS. Presenti in tutta la formazione anche *Thaumatoporella parvovesicu-lifera* (RAINIERI) e *Cayeuxia sp.* Tra i macrofossili si osservano gasteropodi e coralli isolati. Lo spessore della formazione raggiunge i 400 m. Nella parte inferiore della formazione è documentato un ambiente di piattaforma carbonatica aperta, passate gradualmente ad ambienti lagunari protetti di piattaforma interna. La formazione passa stratigraficamente ai sottostanti Calcari a Palaeo-dasycladus. [Toarciano terminale-Calloviano]

Le successioni stratigrafiche affioranti nell'area studiata risultano essere una complessa alternanza di depositi sedimentari e vulcanici, con questi ultimi che hanno fornito parte del materiale clastico a disposizione (Figura 11). I depositi delle eruzioni rilevabili in questa zona sono di origine sia vesuviana che flegrea e rappresentano, almeno per gli ultimi 18 Ka, ottimi livelli guida per le correlazioni tra le diverse unità sedimentarie e per il loro inquadramento cronologico.

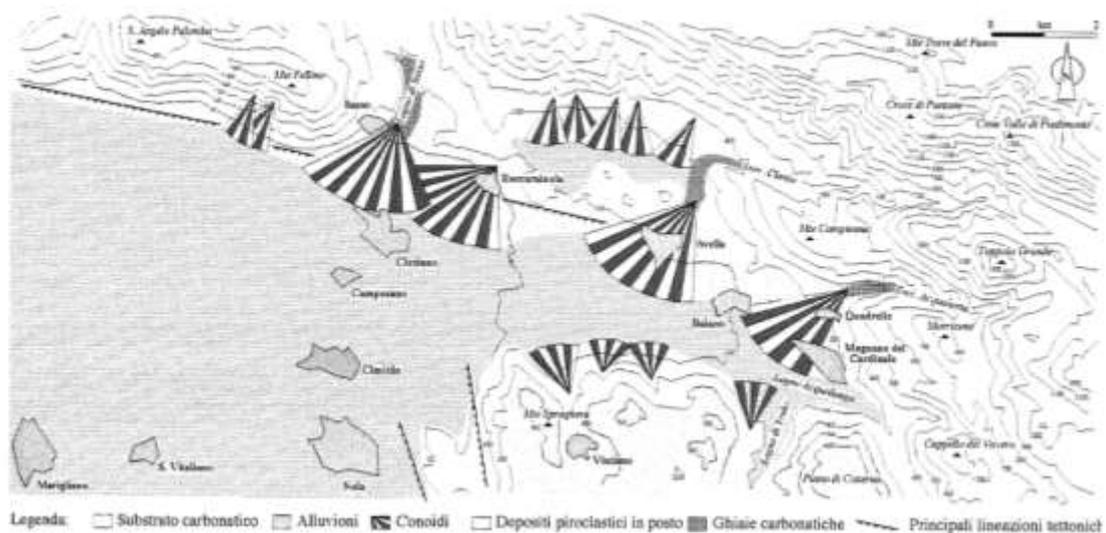


FIGURA 11 : Schema Geologico della Bassa Valle del Baianese

Nel sub-sistema di Scanzano, compreso tra il tetto dell'Ignimbrite Campana e la discontinuità erosiva o non di deposizione alla transizione riconosciuta tra il Pleistocene superiore e Olocene, sono state riconosciute **tre unità detritico colluviali, quattro unità fluviali di fondovalle (VEF1b) e l'unità vulcanica dell'Ignimbrite Campana** associata ai depositi piroclastici indifferenziati (FI). I rapporti stratigrafici tra di esse sono esemplificati nella Figura 12

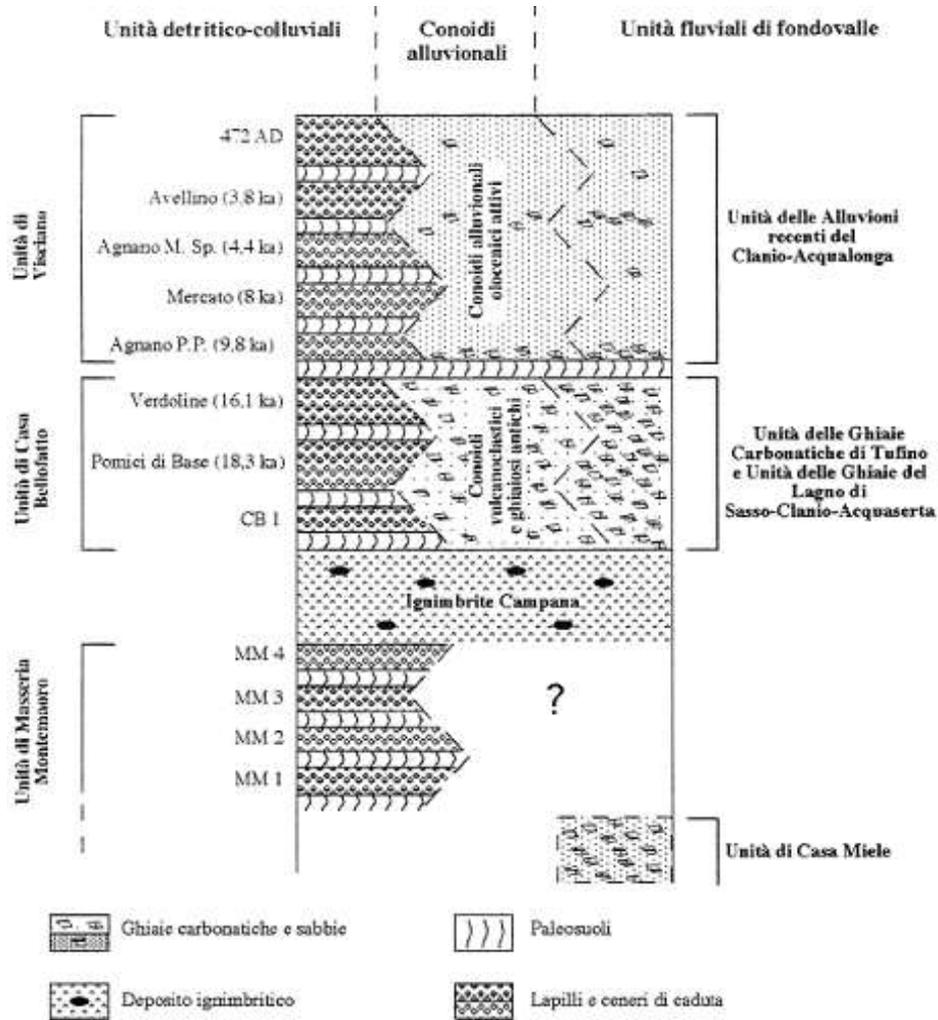


FIGURA 12 : Schema riassuntivo dei rapporti tra le unità fluviali di fondovalle, i conoidi alluvionali ed i depositi di versanti. N.B. Viene messa in evidenza anche la posizione stratigrafica dei vari livelli vulcanici presenti e, quando conosciuta, la loro età (Di Vito et al., 1998)

UNITA' MONTEMARO: Affiora raramente ed è visibile soprattutto in alcune cave ai piedi dei versanti, dove poggia direttamente sul substrato: essa è costituita in prevalenza da alternanze di depositi colluviali formati da sabbie limose e da depositi piroclastici di lapilli e ceneri, in questi ultimi sono stati individuati cinque livelli piroclastici di caduta non noti in precedenza in letteratura, ma probabilmente riconducibili all'attività dei Campi Flegrei precedente l'eruzione dell'Ignimbrite Campana.

UNITA' DI CASA BELLOFATTO: Si ritrova quasi esclusivamente alla base dei versanti, mentre è assente sulle superfici sommitali dei rilievi di Visciano. Si tratta di alternanze di depositi colluviali formati da sabbie limose e da depositi piroclastici di lapilli e ceneri.

Lo sviluppo di questa unità è successivo alla messa in posto del TGC., con tre eruzioni: CB1 di probabile origine flegrea, Pomici di Base (PPB- 18,3 Ka; spessori 50-60 cm) e Verdoline (PVD-16 Ka spessori 20-30 cm; Andronico et al., 1995; 1996); provenienti dal Somma Protostorico.

UNITA' DI VISCIANO: Essa mantella la parte basale dei versanti e tutta la zona intorno al paese, ricoprendo direttamente le unità dei conoidi antichi e quella dell'unità colluviale di Casa Bellofatto. Si tratta di alternanze di depositi piroclastici e depositi colluviali costituiti da sedimenti sabbioso limosi con abbondante materiale vulcanoclastico e clasti carbonatici sparsi. Al suo interno sono visibili cinque depositi di caduta, il più antico di questi risulta essere il deposito di Agnano Pomici Principali (P.P. 9,8 Ka; Alessio et al., 1971; Lirer et al., 1987; Rosi e Sbrana, 1987), di poi, esigui prodotti dell'eruzione di Mercato (PMR 8 Ka, Santacroce, 1987)), i prodotti dell'eruzione flegrea di Agnano Monte Spina (AMP 4,4 Ka, Rosi e Sbrana, 1987; Orsi, 1997), l'eruzione di Avellino (PMV 3,8 Ka, Lirer et al., 1973) e Pollena (PNA 472 AD, Santacroce, 1987).

Nel sub-sistema Agro, compreso tra una superficie di erosione o di non deposizione che interessa il tetto del sottostante sub-sistema di Scanzano e la superficie topografica, si riconoscono - le unità fluviali di fondovalle e - le conoidi ad alimentazione denominate con la sigla **VEF2b**.

UNITA' CASA MIELE: Affiora solo in piccoli lembi sulla sinistra orografica della valle del lago di Sasso. I depositi sono formati da ghiaie carbonatiche a basso grado di arrotondamento organizzate in strati piano paralleli o a festoni, il fabric è variabile da

clasto sostenuto a matrice sostenuto. La matrice è fortemente arrossata ed a tetto è riconoscibile un paleosuolo arrossato, Questi depositi sono sormontati, con contatto erosivo diretto, dall'Unità delle ghiaie del lago di Sasso-Clanio-Acquaserta;

UNITA' DELLE GHIAIE DEL LAGNO DI SASSO-CLANIO-ACQUASERTA: Sono indicati i depositi fluviali grossolani presenti nelle valli omonime. Si tratta di depositi ghiaiosi carbonatici che raggiungono spessori dell'ordine di 10-15 m. i depositi, formati da clasti poco arrotondati, sono prevalentemente clasto sostenuti e possono essere privi di matrice o con una matrice variabile nel contenuto piroclastico.

Il top deposizionale raccorda senza soluzioni di continuità con quello di grossi apparati di conoide descritti successivamente.

Questi depositi, nelle rispettive valli, formano un unico terrazzo la cui superficie è ricoperta da depositi dell'unità colluviale di Visciano;

UNITA' DELLE GHIAIE CARBONATICHE DI TUFINO: Lungo il fondovalle del Clanio-Acqualonga immediatamente al tetto dei depositi dell'Ignimbrite Campana, sono individuabili depositi formati da ghiaie carbonatiche con spessori superiori anche ai 10 m. Le ghiaie spesso riempiono incisioni al tetto dell'I.C.. Buone esposizioni di questi depositi sono visibili in molte cave tra i paesi di Tufino e Comiziano. In queste zone le incisioni e le variazioni di spessore di queste unità mostrano un andamento del drenaggio parallelo all'asse della valle attuale. Nei casi osservati i depositi ghiaiosi poggiano direttamente sopra l'Ignimbrite Campana con superficie di base nettamente erosiva e risultano formati da clasti carbonatici con vario grado di arrotondamento e tessitura clasto-sostenuta, con rari livelli sabbiosi e paleosuoli intercalati, la matrice risulta essere prevalentemente di origine vulcanoclastica;

UNITA' DELLE ALLUVIONI RECENTI DEL CLANIO AQUALONGA: Sull'unità delle Ghiaie Carbonatiche di Tufino è presente al tetto un paleosuolo più o meno spesso che marca un netto cambio nella sedimentazione e nell'apporto di materiale clastico carbonatico. I depositi successivi mostrano una netta prevalenza di materiale vulcanoclastico con frequenti depositi piroclastici conservati, tra cui il più antico è quello delle Pomice Principali di Agnano.

I conoidi alluvionali presenti nell'area in studio sono divisibili, sulla base delle caratteristiche litologiche e tessiturali, in due gruppi principali: conoidi alluvionali antichi, oggi parzialmente incisi nella zona medio-apicale e conoidi alluvionali attivi che si incastrano, in parte sormontandoli, su quelli precedenti. Il passaggio tra questi due gruppi di conoide coincide con la deposizione dei prodotti dell'eruzione di Agnano P.P.

a)- Conoidi alluvionali ghiaiosi antichi. sono individuabili nei corpi su cui si sviluppano i paesi di Sasso. Cicciano, Roccarainola, Avella e Quadrelle, Si tratta di ampie conoidi con una pendenza media che si raccordano ai depositi terrazzati all'interno delle stesse valli. Esse sono formate da ghiaie e blocchi carbonatici con basso grado di arrotondamento, con una matrice ricca di materiali piroclastici rimaneggiati. Non sono presenti al loro interno depositi piroclastici di caduta, i depositi di tipi trattivo sono prevalenti. Si tratta di depositi posteriori all'eruzione del TGC. Anche in questo caso, il tetto è marcato da un paleosuolo più o meno spesso che soggiace talvolta ai depositi dell'eruzione di Agnano P.P. In base ai rapporti stratigrafici ed alle eruzioni che li ricoprono questi conoidi sono da considerarsi coevi all'Unità delle Ghiaie Carbonatiche di Tufino;

b)- Conoidi olocenici attivi: la caratteristica litologica principale di questi corpi è la ricchezza di materiale vulcanoclastico associato a minori quantità di materiale clastico carbonatico. Gli affioramenti naturali sono piuttosto rari, trattandosi di corpi potenzialmente attivi e depositi detritico-colluviali non facilmente cartografabili.

1.4. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA

Nell'area nolana converge il reticolo di drenaggio proveniente dalla Valle del Clanio e dal Vallo di Lauro, dai Monti di Cannello e dal Monte Somma. Il vasto territorio, oggetto dell'antica attività estrattiva dell'Ignimbrite Campana, collocato nell'alta valle dei Regi Lagni, coincide con il settore più

occidentale dell'Area del Baianese, comprendente quella centrale del bacino dei Torrenti Gaudo-Scimmaro, Avella e quella del sottobacino orientale del Quindici, sinteticamente corrispondenti alla superficie territoriale occupata dai cinque Comuni prossimi alla Piana Campana (Casamarciiano, Comiziano, Roccarainola, Tufino, Visciano).

CORPI IDRICI SUPERFICIALI:

Gli impluvi Gaudo e Scimmaro, per alcuni studiosi il solo torrente Avella, ricalcano approssimativamente il tracciato dell'antico Clanis o Glanius, in epoca tarda trasformato in *Lanius* o *Laneum* (Lagno), ossia il mitico fiume che nell'antichità nascendo nei Monti Irpini, dopo aver raccolto le acque selvagge e sorgive che confluivano nel tratto più basso della piana nolano-acerrana, sfociava nei pressi dell'attuale foce del Volturno; i suoi rami dovevano corrispondere ai due tratti sinuosi delle carte topografiche, quali il canale di Bosco Fangone ed il Torrente Clanio.

Alla fine del Cinquecento si pose l'esigenza di una riqualificazione ambientale di questo corso d'acqua che, divenuto ampio e tortuoso, ristagnando gradualmente in una propria palude maleodorante e malsana, decimava la popolazione con epidemie di malaria, come quelle del 1504 (Remondini, p. 203; ASDN, Fondo Capitolare N. 53, f. 37 v) e del 1601 (Cavallari, 1602).

Nel 1592 il Vicerè Giovanni de Zunica commissionò all'architetto Domenico Fontana il difficile compito del riequilibrio idraulico ed agrario della vastissima area della Terra di Lavoro, compresa tra Nola ed il Lago Patria e dello approvvigionamento idrico per la Città di Napoli (Verde, 2007), in seguito, le opere di rettificazione, inalveazioni e canalizzazioni secondarie si devono all'architetto Giulio Cesare Fontana su incarico del Vicerè Pietro Fernandez de Castro. Criterio fondamentale della bonifica idraulica iniziata dai dominatori spagnoli, perfezionata nel XVII secolo con una prima rete di canali di pianura (Regi Lagni) e, a partire dal XIX secolo protrattasi fino alla prima metà del XX secolo, fu quella di separare gradualmente le acque di pioggia provenienti dalla

zona montana (acque alte) da quelle che cadono e ristagnano nella piana (acque basse). Allo stato attuale, i torrenti che scendono dai rilievi appenninici confluiscono nella pianura nolana in un "lagno mastro", arginato e separato lateralmente da "controfossi" di scolo delle acque provenienti dalle campagne, la cui pendenza tende gradualmente a diminuire verso W-NW sino all'ansa di Acerra, nota come forcina di Casapuzzano (Fiengo, 1988; 1998)

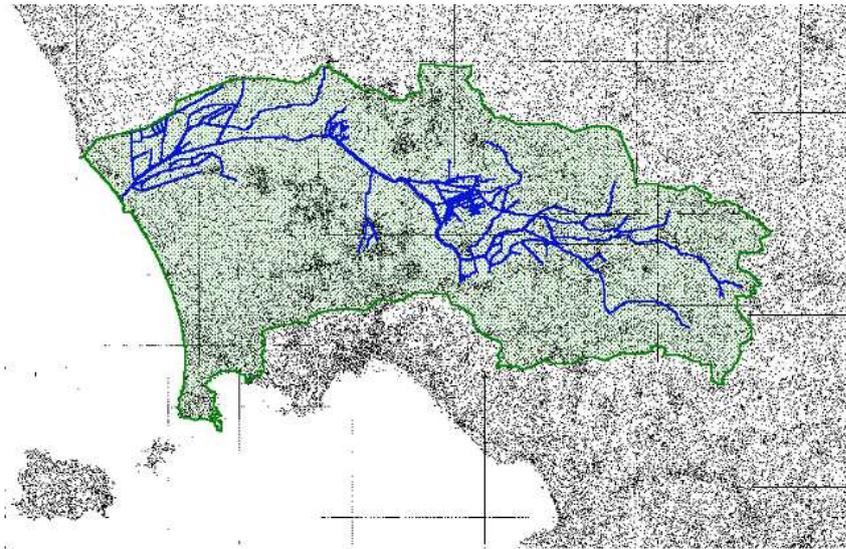


FIGURA 13 : Bacino Idrografico dei Regi Lagni, comprensivo di rete idrografica

In particolare, l'opera di risanamento idraulico del territorio nolano fu ritenuta completata attraverso la promulgazione delle Leggi n. 712 del 20 giugno 1912 e n. 195 del 22 marzo 1930.

Il reticolo idrografico degli impluvi che si riversano nell'area sub-pianeggiante ad est di Nola è riportato nella cartografia tematica del PSAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) dell' Ex-Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania), Aggiornamento 2010, attualmente rientrante nella più vasta Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale (DGPR n. 143/2012).

Il Torrente Gaudò (L=23,125 Km), sviluppandosi in gran parte sui Monti di Avella e sulle propaggini settentrionali dei Monti di Visciano, in corrispondenza della vasca di laminazione di Sperone (Av) si presenta come recapito finale nell'area più a valle di tutte le acque di ruscellamento provenienti dalla parte

montana (Torrenti di Acqualonga e di Acquaserta) e pedemontana (Torrente Sciminaro) costituita da una notevole ramificazione di affluenti ed aste secondarie (Figura 14). Questo canale riprende il suo corso attraversando prima terreni agricoli, costeggiando la Strada Nazionale delle Puglie (S.S 7/bis) in destra idraulica e, dopo aver raccolto in sinistra orografica, le acque riunite di due valloni provenienti dai Monti di Visciano (Alveo Cuparelle), sottopassa, tra il Ponte Piccolo ed il Ponte di Schiava, la Strada Nazionale delle Puglie attraverso un tratto tombato di 15 m, piega poi verso Tufino con direzione nord-ovest in corrispondenza delle vecchie cave di tufo (Tufare Scoperte) e riprende la direzione da est ad ovest. Immediatamente a ovest della frazione Vignola, con un breve collegamento di poco più di 350 m, il medesimo sversa parte delle sue acque nell'alveo di Avella e procede poi con un notevole salto verso Comiziano.

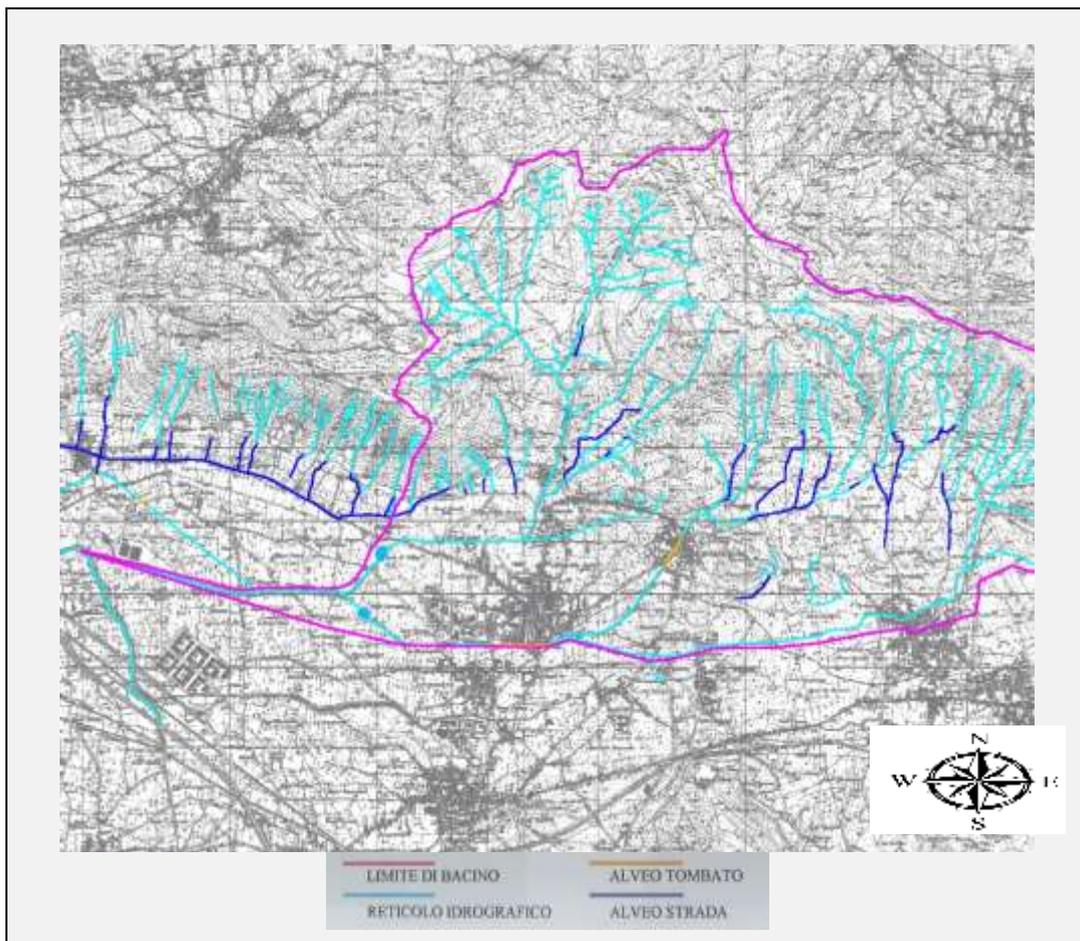


FIGURA 14 : RETICOLO IDROGRAFICO DEI TORRENTI GAUDO ED AVELLA
PSAI -EX- AUTORITY DI BACINO NORD-OCCIDENTALE DELLA REGIONE CAMPANIA

OGGI AUTORITA' DI BACINO REGIONALE DELLA CAMPANIA CENTRALE (DPGR. N.143/2012)

Il Torrente di Avella (L=22,125 Km), sino alla sua origine alle falde sorgive del Monte Vallatrone (Bocca dell'Acqua, Fontana di Sambuco, del Monaco, di Pianura, delle Fontanelle), successivamente, con l'immissione di due affluenti principali, il Lagno di Sasso ed il Lagno di Roccarainola posti rispettivamente a valle ed a monte del centro urbano di Cicciano, scorre in un alveo quasi rettilineo in direzione da est ad ovest, attraversando la zona di Ponticchio, un tempo boscosa ed oggi prevalentemente agricola e, dopo aver superato la parte più settentrionale dell'abitato di Tufino, lambisce tangenzialmente le frazioni di Vignola e di Risigliano.

Il Lagno di Sasso si presenta piuttosto ramificato a differenza del Lagno di Roccarainola che ha uno sviluppo lineare. In corrispondenza della frazione di Risigliano, poco a monte della confluenza con il Lagno di Roccarainola, il Torrente di Avella muta la sua destinazione in T. Clanio e poi, verso la pianura, in Canale di Bosco Fangone.

Il reticolo idrografico che interessa i monti di Casamarciano e Nola nasce da tre aste montane, poste, le prime due, in località Astolelle che confluiscono nello alveo-strada sito a ridosso dell'Area Cimiteriale con un deflusso delle acque collinari che procede per il tratto di alveo-strada asfaltato costituito da Via Cimitero e prolungamento Via Olivella (Figura 15).

Successivamente, si perviene ad una diramazione che se, da un lato drena il flusso delle acque verso valle, lungo una strada asfaltata, dall'altro prosegue la sua natura di alveo-strada, verso sud, dove confluisce la terza asta montana, nell'impluvio posto a ridosso del Castello di Mercogliano. Da questo punto, l'alveo strada prosegue attraverso Via D. A. Vaccaro e Via Nuova San Clemente fino alla località Oreale, dove il flusso delle acque collinari è drenato verso l'asta di pianura, situata ad ovest del centro abitato di Casamarciano.

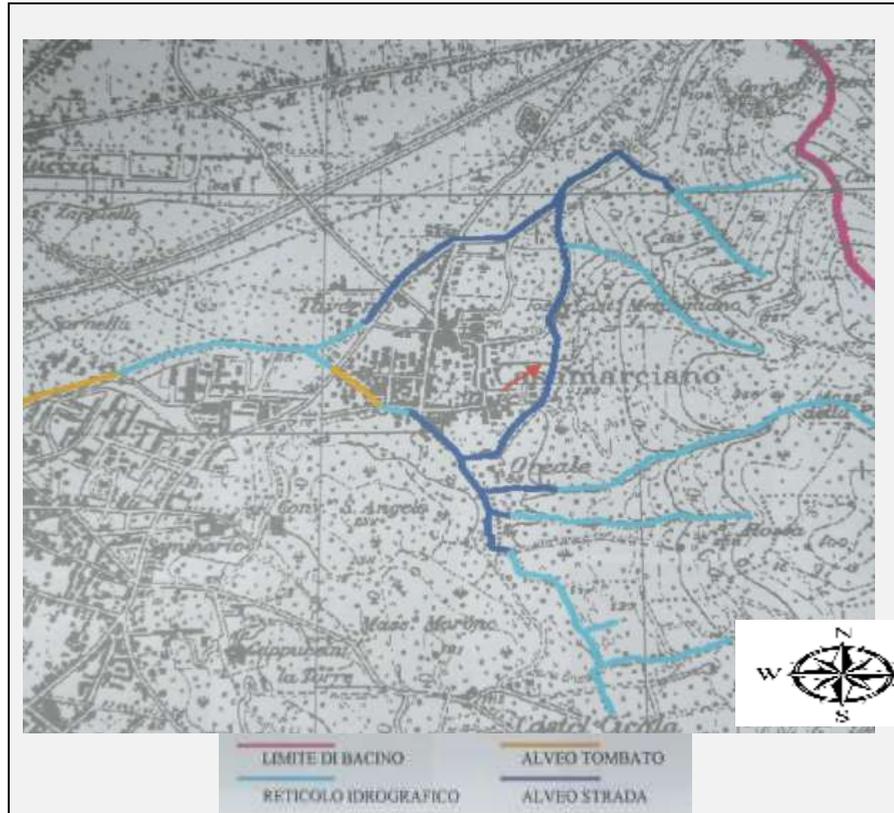


FIGURA 15 : RETICOLO IDROGRAFICO DEL TORRENTE DI CASAMARCIANO (OREALE) PSAI- EX- AUTORIZZAZIONE DI BACINO NORD-OCCIDENTALE DELLA REGIONE CAMPANIA AUTORIZZAZIONE DI BACINO REGIONALE DELLA CAMPANIA CENTRALE (DPGR. N.143/2012)

Il Torrente Oreale, noto anche come Alveo di San Clemente, perché nasce dalla zona collinare posta ad oriente dell'abitato di Casamarciano, è di notevole estensione e sviluppo in lunghezza (L=5.825 Km).

L'asta principale che attraversa il territorio comunale in direzione sud-est e nord-ovest, risulta utilizzato per strada per poi, a ridosso del paese, immettersi in un tratto tombato che attraversa gran parte del predetto abitato per poi riversare direttamente le proprie acque, subito dopo l'attraversamento con la Strada Provinciale Nola-Schiava, nell'alveo di Casamarciano.

Il predetto impluvio, dopo aver percorso un tratto di 1.6 Km in direzione est-ovest, raggiunge la Contrada Sarnella in tenimento di Nola, piegandosi poi verso nord; al termine del tratto tombato di Via Cimitile, si sviluppa parallelamente alla Variante S.S7 bis, divenendo affluente in destra orografica del lago Quindici con origine dai Monti Lauretani e che, in corrispondenza

dell'intersezione tra la linea ferroviaria Canello-Avellino e la sezione di chiusura rappresentata dalla Strada Nazionale delle Puglie (S.S. 7/bis)-Circumvallazione (Ponte Ciccone), in Nola, provvede a veicolare le acque verso il sistema di drenaggio della plaga tra Nola e Acerra (RR. Lagni).

CORPI IDRICI PROFONDI:

In relazione alle diverse caratteristiche genetiche e di permeabilità delle rocce, è possibile evidenziare nell'area due importanti complessi idrogeologici qui schematizzati:

Acquifero Carbonatico (calcari, calcari dolomitici e dolomie): affiora estesamente nelle aree montane e collinari, mentre sprofonda di parecchie migliaia di metri e viene ricoperto da una spessa serie di sedimenti plio-quadernari nella zona centrale della Piana Campana.

La permeabilità primaria del mezzo per porosità è bassissima, quella secondaria per fratturazione/carsismo è medio-alta ($K_v = 0.0021 \div 0.0028$ cm/sec).

L'assorbimento di grandi quantitativi di pioggia lo rende sede di una importante circolazione delle acque sotterranee, con scaturigini locali verso i Monti di Canello.

Motivi tettonici a carattere compressivo riconosciuti nella dorsale del Monte Fellino (Bravi e al., 2006) hanno permesso di ipotizzare la presenza di una sub-struttura idrogeologica a cui può essere ascritta la circolazione idrica sotterranea basale che affiora nelle sorgenti di Calabricito (0.700 m³/sec) e di Mefito I e II (0.500 m³/sec) che sono localizzate nei pressi di Canello, ma anche l'azione di ricarica delle falde idriche di pianura.

Acquifero Quaternario: (depositi detritici pedemontani ed alluvionali, depositi piroclastici): le prime due unità idrogeologiche, con permeabilità primaria quasi sempre elevata ($K_v > 0.015$ cm/sec) affiorano alla base dei rilievi carbonatici, lungo gli impluvi o nei relativi tratti terminali con spessori modesti.

I litotipi piroclastici, permeabili per porosità ($K_v < 0.028$ cm/sec), ricoprono a macchia le morfologie calcaree, si rinvengono frammisti ai depositi clastici o sono il riempimento della piana circostante. L'acquifero è alimentato dalle piogge e dagli scambi con il sistema carbonatico, lungo le zone di contatto.

Le sue potenzialità idriche sono racchiuse nel potente spessore di piroclastiti e/o di depositi sedimentari sciolti e grossolani che generalmente si rinvengono a letto dell'Ignimbrite Campana poco fratturata e mediamente permeabile ($K_v=0.0037$ cm/sec) e che, quando potente e continuo sull'area, agisce da semipermeabile o come elemento di netto confinamento.

La circolazione idrica sotterranea avviene attraverso una falda digitata in più livelli (falde sovrapposte) ma che conserva carattere di unicità, con interscambi su scala locale ed una generalizzata direzione di deflusso.

Al di sopra dell'Ignimbrite Campana è talora presente uno spessore di piroclastici sciolte sede di modeste falde freatiche, in contatto con il sistema idrico superficiale, situazione che è tipica dell'area acerrana ed in alcune aree settentrionali e occidentali dell'area in studio, in tenimento di Cicciano e Nola.

La corrente idrica sotterranea proveniente dalle formazioni calcaree del Casertano e Nolano costituisce *l'afflusso principale alle falde di pianura*, specie per quanto concerne gli strati acquiferi raggiunti dalle trivellazioni profonde.

Nell'acquifero i valori della trasmissività variano da $1.5 \cdot 10^{-2}$ a $1.5 \cdot 10^{-3}$ m²/s, con i più elevati riscontrati tra Acerra e la dorsale del Monte Fellino nella fascia centrale della Pianura se si ammette un innalzamento della trasmissività "*sensu latu*" dato il con-vergere dei flussi idrici periferici.

I travasi sotterranei, calcolati con l'ausilio del gradiente idraulico e da un cospicuo numero di valori della trasmissività indicano un "flusso di ingresso" che, dai rilievi carbonatici verso la piana, ammonta a $22 \cdot 10^{-6}$ m³/sec circa.

In vicinanza di questi rilievi, inoltre, le acque conservano ben chiara *l'impronta carbonatica* quantunque la stessa possa risultare anche parzialmente modificata ad opera dell'azione di lisciviazione delle coltri piroclastiche di superficie (arricchimento in alcalini).

Queste variazioni, se esistenti, risultano comunque via via sempre più marcate allontanandosi dalle propaggini calcaree, un fenomeno evidenziato dalla distribuzione dei rapporti ionici $K(Ca+Mg)/r(Na+K)$ e durezza (% Ca, Mg).

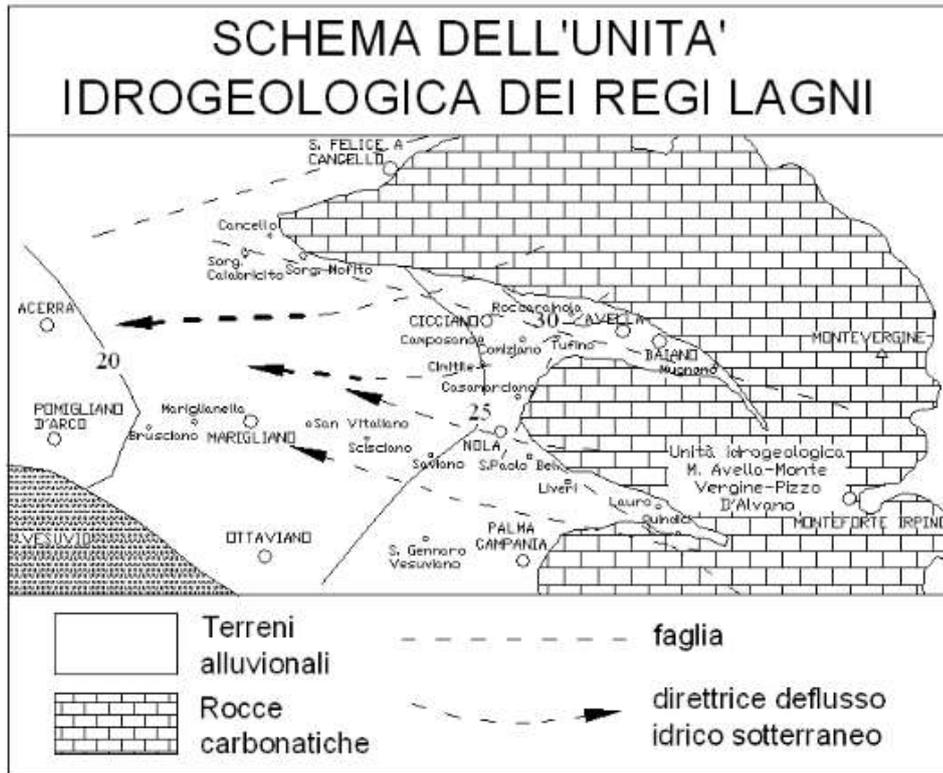


FIGURA 16 : Schema di circolazione sotterranea (Civita, 1973)

In prossimità delle colline di Casamarciano, l'acquifero principale si posiziona a discreta profondità, accolto nelle formazioni calcaree e tamponato ad ovest dai depositi piroclastici di pianura

L'alimentazione sotterranea proviene da un ampio bacino idrogeologico che è delimitato dai rilievi carbonatici dell'Avellinese (Monti di Avella) e del Nolano (Monti di Visciano), in linea generale, i Monti di Avella hanno una circolazione idrica sotterranea basale orientata da est a ovest, con recapito nelle sorgenti di Canello e che traggono alimentazione anche dalla struttura idrogeologica di Monte Vergine (Civita et al., 1970; Civita et al., 1973).

Ulteriori recapiti della struttura idrogeologica sono rappresentati da travasi idrici sotterranei verso l'acquifero della Piana Campana dove, al passaggio tra i due acquiferi, sono presenti le coltri detritico-piroclastiche che, relativamente più permeabili, sono responsabili di modesti deflussi impostati nell'acquifero quaternario di alta pianura (Figura 16).

1.5. MORFOGENESI E CONDIZIONI TETTONICO-STRUTTURALI

I lineamenti strutturali principali dell'area sono rappresentati da faglie, per lo più di tipo distensivo e trascorrente, ad andamento appenninico (faglie Nola - Cicciano-Cancello, Mugnano del Cardinale-Roccarainola) e antiappenninico (faglia Avella- Capo di Ciesco -Tuppo Tuottolo), ma sono presenti anche faglie e master joint aventi direzione est ovest (faglia Casamarciano- Piano di Cisterna) sovrascorrimenti (allineamento Cancello-Roccarainola), come quello che condiziona la struttura del Monte Fellino, parte della più ampia dorsale dei Monti di Avella (Figura 17).

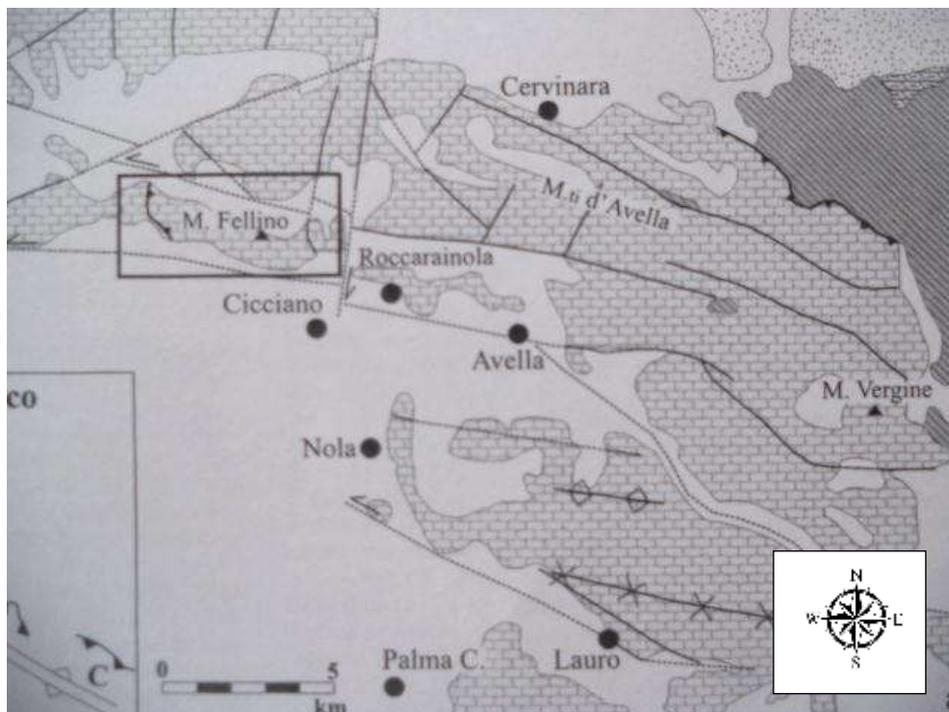


FIGURA 17: La dorsale dei Monti di Nola e del Fellino (da Bravi et al., 2006)

Accurate esplorazioni geofisiche hanno appurato che il substrato calcareo scende rapidamente nei pressi di Cicciano oltre i 700 m, acquistando un dislivello di 500 m tra Cancellò e Marigliano e scomparendo appena più a sud dal raggio d'indagine (Rosi e Sbrana, 1987).

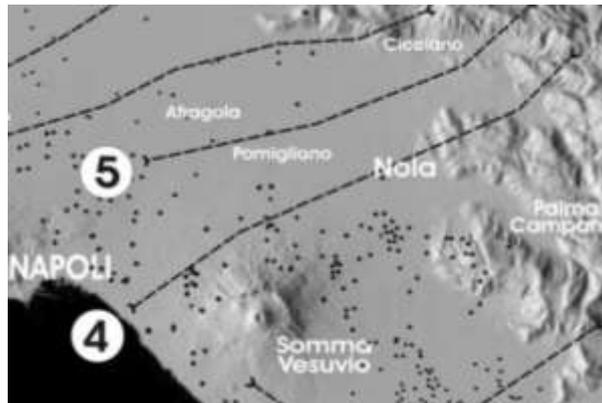


FIGURA 18: Ubicazione di sondaggi meccanici, con tracce di sezioni geologiche nella piana napoletana

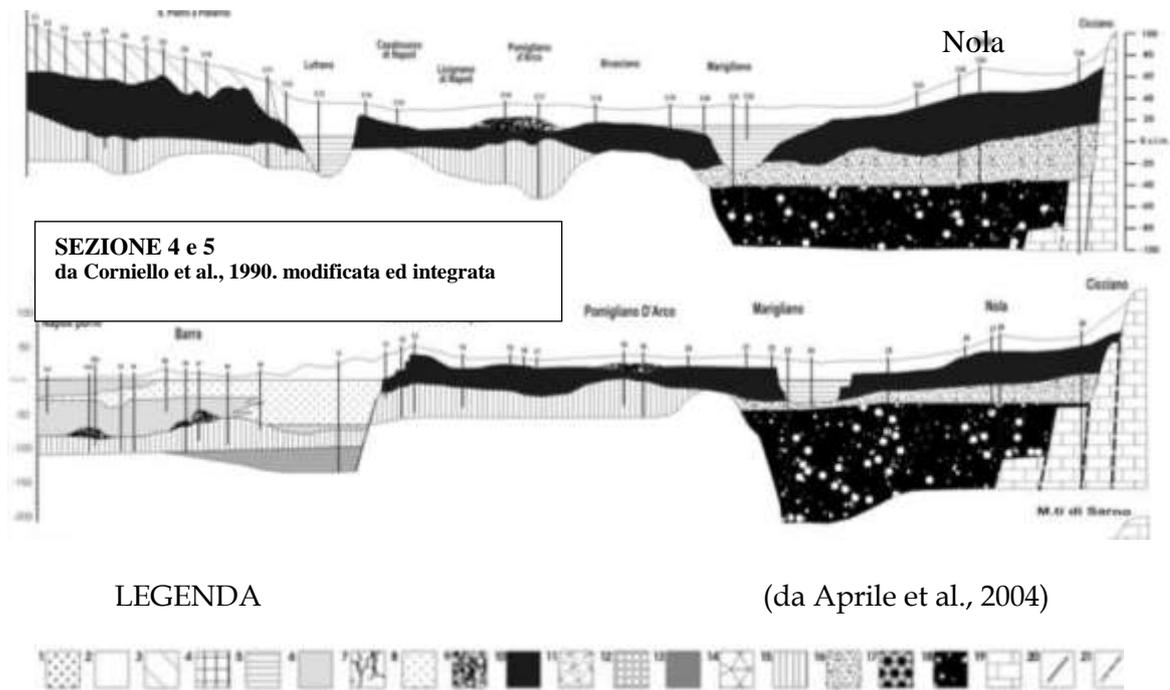


FIGURA 19 - Sezioni geologiche schematiche di vasta scala, orientate W-E, comprendenti l'Area Nolana

1 - Depositi di spiaggia ed eolici (attuale – recente); 2 - Depositi alluvionali e piroclastici subaeree (in posto e/o rimaneggiati) flegree e vesuviane (Attuale – Olocene); 3 - Tufo Giallo del Gauro (circa 10,5 ka B.P.); 4 - Tufo Giallo Napoletano (circa 12 ka B.P.); 5 - Depositi alluvionali e transizionali (lagunari e palustri) del "Complesso Versiliano"; 6 - Depositi di spiaggia e litorali del "Complesso Versiliano"; 7 - Piroclastici e lave dell'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio (Olocene); 8 - Depositi alluvionali e piroclastici in posto o rimaneggiati post IC (Olocene – tardo Pleistocene superiore); 9 - Lave del Monte Somma (tardo Pleistocene superiore); 10 - Ignimbrite Campana (circa 39 ka B.P.); 11 - Depositi marini

L'assetto morfostrutturale che contraddistingue le dorsali carbonatiche dei Monti di Avella e di Nola-Lauro ha consentito lo sviluppo di un reticolo idrografico costituito da impluvi a basso ordine gerarchico, a regime torrentizio e, per lo più, a controllo strutturale.

Il sistema di drenaggio, fatta esclusione di alcune catture di impluvio nell'area di Visciano e meno sviluppato nelle aree interne più depresse, alimenta da sempre la formazione di conoidi di deiezione che segnano il passaggio all'area di pianura. In quest'ultima area, infatti, la struttura principale è una lunga anticlinale rovesciata a geometria serrata vergente a nord-ovest.

La piega rovesciata, con direzione assiale $N 50^\circ - 70^\circ$ ed il sovrascorrimento risultano ripiegate da una seconda fase plicativa caratterizzata da pieghe aperte ad andamento $N 100^\circ - 120^\circ$.

Le successioni coinvolte sono costituite dalle unità carbonatiche di età compresa tra il Lias inferiore ed il Cretacico superiore e che affiorano sia nella dorsale di Monte Fellino che in aree contigue, quali i Monti di Avella e di Nola-Lauro.

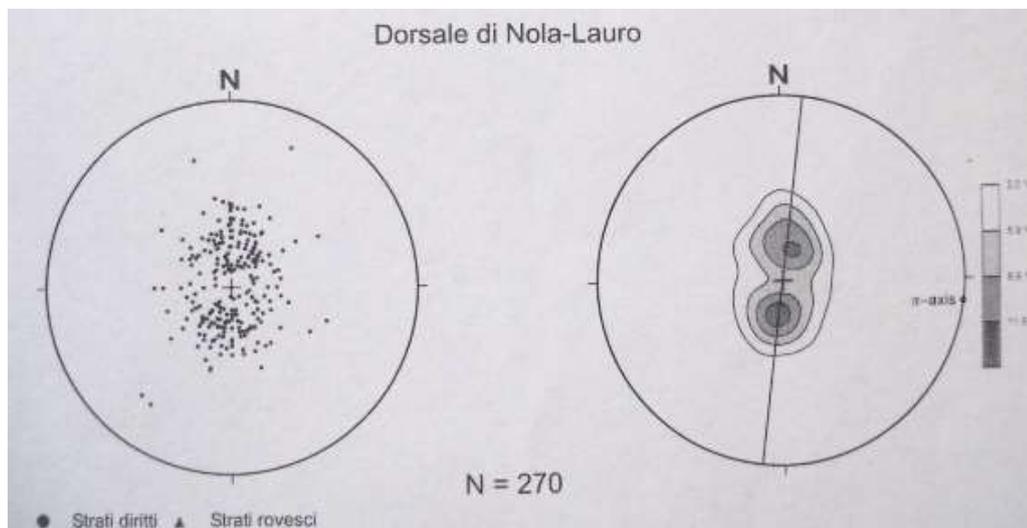


FIGURA 20 : Stereogramma dei poli di strato (reticolo di Schmidt, emisfero inferiore) e relativo contour della sola dorsale di Nola-Lauro (da Bravi et al., 2006)

La piega rovesciata del Monte Fellino si interrompe in direzione nord in corrispondenza di una faglia a componente trascorrente sinistra orientata N 120° che mette a contatto la struttura monoclinale più orientale dei Monti di Avella con la dorsale di Monte Fellino.

In un contesto più ampio i lineamenti tettonici N 120° ± 10° disgiungono le restanti dorsali carbonatiche in modo più o meno continuo con rigetti che in pianta risultano chiaramente sinistri.

Il netto disarticolamento delle unità calcaree in blocchi relativamente indipendenti o/e ancora ribassati è mascherato dalla presenza delle coperture detritiche e vulcaniche.

CAPITOLO 2

L'IGNIMBRITE CAMPANA NELL'AGER NOLANUS

2.1 L'ERUZIONE DELL'IGNIMBRITE CAMPANA (I. C.)

Il vulcanismo flegreo continentale è comunemente suddiviso sulla base del riconoscimento di due eventi eruttivi principali [Ignimbrite Campana 39 Ka (De Vivo et al., 2001) e Tufo Giallo Napoletano 15 Ka (Deino et al., 2004)], i cui depositi da sempre hanno rappresentato degli ottimi marker stratigrafici per la ricostruzione della evoluzione geologica della pianura napoletana.

La formazione vulcanica più diffusa è senz'altro quella dell'Ignimbrite Campana (I.C.), che è il prodotto della principale attività esplosiva della regione mediterranea durante il Quaternario (Barberi et al., 1978) e testimoniata dalla messa in posto di prodotti sia di caduta che da corrente piroclastica su una gran parte della Regione Campana ($3 \cdot 10^6$ Km², Civetta et al., 1997) e che, nelle propaggini più estreme, sono stati riconosciuti come livelli di ceneri ritrovati fino in Russia (Thunell et al., 1978; Barberi et al., 1979; Sparks & Huang, 1980;

Cornell et al., 1983; Rosi & Sbrana, 1987; Fedele et al., 2002; Wulf et al., 2004; Perrotta et al., 2006; Pyle et al., 2006).

L'Ignimbrite Campana costituisce uno dei depositi tra i più importanti per potenzialità e tenore di minerale utile presenti sul territorio (Sersale, 1978; De Gennaro et al., 1982; 1987; 1990; 1995a; De Gennaro e Langella, 1986; Passaglia et al., 1990).

L'interesse geologico per questa piroclastite ha riguardato soprattutto l'individuazione del centro d'origine ed in particolare se essa fosse attribuibile all'attività di uno dei vulcani presenti nella regione (centro di emissione unico) o invece ad eruzioni locali (più centro di emissione), secondo modalità che prescindono da un edificio vulcanico (Scacchi, 1890; Franco, 1900).

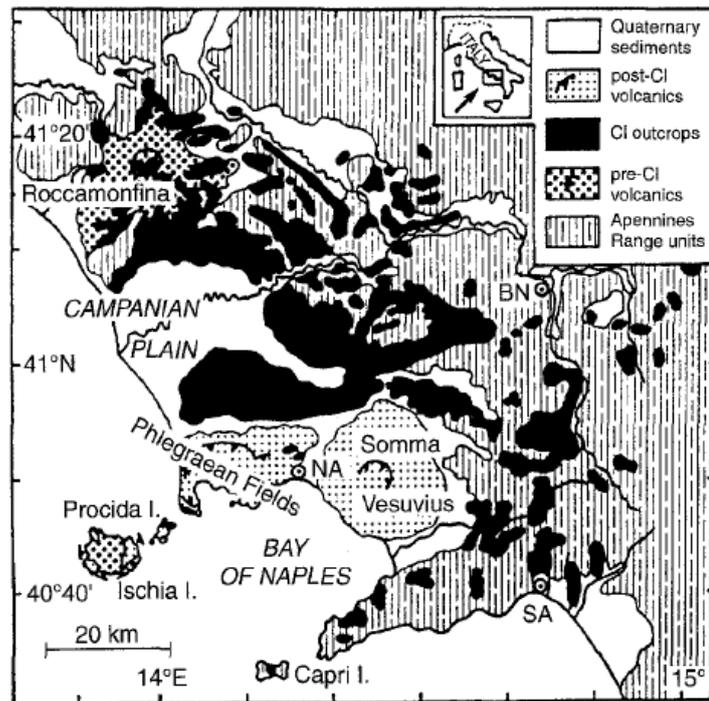


FIGURA 21: Distribuzione areale dei depositi dell' I.C. (o TGC),
tra le città di Benevento, Napoli e Salerno (Rosi, 1996)

Sulla base della distribuzione del deposito da caduta (Figura 21), l'area sorgente dell'Ignimbrite Campana è probabilmente da localizzarsi ad est dei Campi Flegrei (Perrotta & Scarpati, 2003). Questa ipotesi è stata privilegiata da autori recenti (Fisher et al., 1993; Orsi et al., 1996; Ort et al., 1999; Rosi e Sbrana, 1987,

Bohrson, 2006), che suggeriscono che l'Ignimbrite Campana sia stata alimentata dai Campi Flegrei e che l'eruzione ad essa collegata abbia portato alla formazione di una caldera del diametro di 12 km, il cui centro ricade nel Golfo di Pozzuoli. Più controversa è l'individuazione dell'area di emissione del flusso piroclastico che è stata localizzata all'interno dei Campi Flegrei (Rittmann, 1950; Rosi et al., 1983; Rosi & Sbrana, 1987; Barberi et al., 1991), lungo una frattura posta pochi chilometri a nord dei Campi Flegrei (Di Girolamo, 1970; Barberi et al., 1978; Di Girolamo et al., 1984; Lirer et al., 1987), in una grossa depressione strutturale al centro della Piana Campana (depressione di Acerra, Scandone et al., 1991), a nord est di Napoli (Rossano et al., 1996), infine, De Vivo et al. (2001) e Rolandi et al., (2003) sostengono che l'origine della Ignimbrite Campana, così come quella della presenza di ignimbriti più antiche con caratteristiche di facies prossimali, distribuite in un arco di tempo compreso tra i 320 Ka e i 19 Ka, possa essere dovuta ad un sistema di fratture neotettoniche legate ai movimenti della Piana Campana degli ultimi 500 mila anni. Attualmente l'ipotesi più accreditata è quella del centro unico d'emissione localizzato, molto probabilmente, tra Napoli e i Campi Flegrei (Perrotta et al., 2006).

A sostegno di quest'ultima ipotesi, vi sono numerosi dati che testimoniano come l'Ignimbrite Campana rappresenti un'unica formazione, con variazioni graduali in spessore ed in estensione.

L'unicità della formazione è avvalorata dal fatto che:

- è una "semplice unità di raffreddamento" (Ross e Smith, 1961), i cui termini non si ripetono nell'ambito dell'intero deposito;
- si osserva un graduale aumento delle dimensioni delle pomici e delle scorie dalla periferia a Napoli all'area flegrea (Di Girolamo, 1970; Di Girolamo e Morra, 1987).

In quest'area, infatti, il ritrovamento di scorie e di lapilli di maggiori dimensioni, che indicano la notevole vicinanza alla probabile zona d'origine e la loro distribuzione lungo una direttrice appenninica, suggerisce per il

L'Ignimbrite Campana un'origine di tipo fissurale, con una frattura di circa 25 km di lunghezza (Di Girolamo, 1970; Di Girolamo e Morra, 1987).

Diversa è l'opinione di Rosi & Sbrana (1987) che hanno invece ipotizzato una frattura arcuata sul bordo settentrionale dei Campi Flegrei quale zona d'origine dell'Ignimbrite Campana, la cui eruzione avrebbe portato alla formazione della caldera flegrea.

Secondo Orsi et al. (1996), nel corso dell'eruzione della Ignimbrite Campana, si ebbe la migrazione del centro eruttivo ed un'incipiente calderizzazione.

Il collasso della caldera, il cui margine settentrionale non è attualmente esposto, si è realizzato sia attraverso la formazione di nuove faglie sia attraverso la parziale riattivazione di alcune strutture regionali preesistenti.

L'area collassata, pertanto, comprende una parte sommersa ed una emersa.

La caldera flegrea copre un'area di circa 230 km² e racchiude tutti i centri eruttivi attivi dopo l'eruzione dell'Ignimbrite Campana.

Assumendo uno sprofondamento di circa 700 m, in media, come suggerito dalle perforazioni profonde (AGIP, 1987), il volume collassato è di circa 160 km³ in buon accordo con il volume stimato di magma eruttato nel corso dell'eruzione (150 km³), come evidenziato da Orsi et al., 1996. Stime sulla quantità di materiale eruttato ipotizzano valori da 80 (Thunnell et al., 1979) a circa 150 km³ DRE (Fisher et al., 1993; Barberi et al., 1978; Civetta et al., 1997).

I depositi delle facies più prossime alla zona di emissione dell'Ignimbrite Campana, osservabili in affioramenti conservatisi in pochi affioramenti della caldera flegrea, sono rappresentati da una complessa sequenza stratigrafica (la "Breccia Museo") costituita principalmente da breccie litiche grossolane ed orizzonti saldati (Rosi & Sbrana, 1987; Perrotta & Scarpati, 1994; Melluso et al., 1995; Rosi et al., 1996; Perrotta et al., 2006; Fedele et al., 2008), uno dei più caratteristici della sequenza è rappresentato dal "Piperno" (Rittmann, 1950; Perrotta & Scarpati, 1994; Rosi et al., 1996; Perrotta et al., 2006; Fedele et al., 2008), un deposito costituito da un'alternanza di livelli di ceneri saldate con scorie appiattite ("fiamme") dalla tipica tessitura eutassitica e da una breccia

grossolana costituita da frammenti di lava di colore grigio e che è stato prelevato come materiale da costruzione dai pochi affioramenti posti nel settore orientale dei Campi Flegrei e di Napoli.

I depositi delle facies intermedie, come quelli situate nella Piana Campana e nella Catena Appenninica, ad una distanza massima di circa 80 km dall'area di emissione, consistono in un deposito pliniano di pomice stratificate (Rosi et al., 1999; Perrotta & Scarpati, 2003) che passa verso l'alto ad un tufo grigio saldato ["Tufo Grigio Campano (TGC)"] e che a luoghi si rinviene massivo e litificato ("Tufo Grigio Litificato (LYT)"), di colore giallastro, a seguito di complessi processi diagenetici (Fisher et al., 1993; Rosi et al., 1999; De Vivo et al., 2001; Cappelletti et al., 2003).

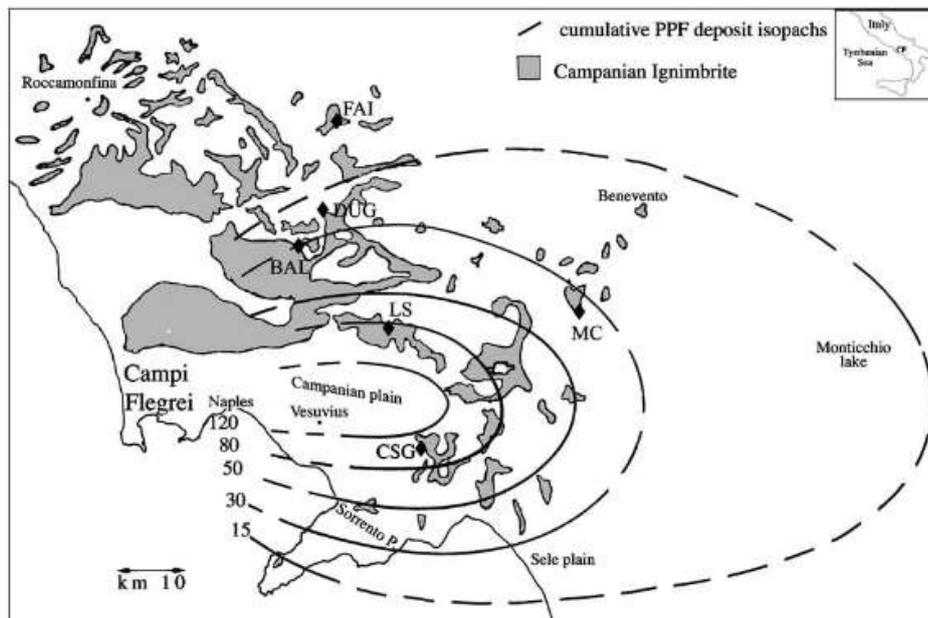


FIGURA 22 - Mappa della distribuzione prossimale dell'I.C. (area ombreggiata) e delle isopache (spessore espresso in cm) dei depositi da caduta relativi all'eruzione dell'I.C.[da Cappelletti et al., (2003) - modif.].

Il deposito dell'Ignimbrite Campana assume una distribuzione radiale attorno ai Campi Flegrei e colma la Piana Campana (Figura 22) con spessori che risultano compresi tra i 60 m in prossimità della caldera ed in varie decine di metri ai piedi dell'Appennino (Bellucci, 1994; Rolandi et al., 2003).

In particolare sui rilievi appenninici, la distribuzione dell'Ignimbrite Campana mostra chiare evidenze di un significativo controllo topografico.

Infatti, nella fase finale della sua messa in posto, l'Ignimbrite Campana si sarebbe accumulata nelle valli per scorrimento dai versanti assumendo spessori minori (Fisher et. al., 1993).

2.2. STRATIGRAFIA E COMPOSIZIONE MINERALOGICA DELL'I.C.

Gli ultimi studi condotti da vari Autori hanno chiarito le relazioni tra le facies prossimali e distali dell'eruzione dell'Ignimbrite Campana (Fedele et al., 2008; .

In Figura 23 si riporta la colonna stratigrafica ricostruita della formazione.

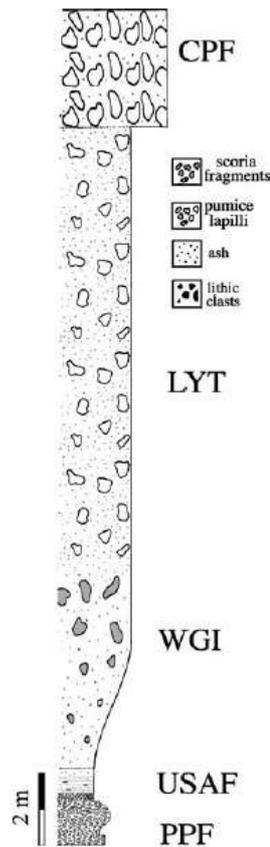


FIGURA 23: Colonna stratigrafica dell'I.C. da Cappelletti et al. (2003)

I depositi prossimali sono costituiti da una complessa sequenza di sei unità (Fedele et al., 2008), comprendenti: -1) deposito di pomici pliniane da caduta (PPF "*Plinian Pumice Fall*"); -2) il deposito cineritico-sabbioso, incoerente e stratificato, equivalente dell'unità distale USAF, -3) un tufo saldato con scorie collassate ("*Piperno*" Auct.) che passa lateralmente ad un'ignimbrite grigia, equivalente della successiva unità distale WGI; -4) un deposito pomiceo non classato (LPFU- "*Lower Pumice Flow Unit*"); 5) una breccia grossolana ricca in litici (BU, "*Breccia Unit*"), interstratificata con un deposito di spatter saldati (SU, "*Spatter Unit*"), infine, - 6) un deposito pomiceo incoerente non classato (UPFU- "*Upper Pumice Flow Unit*").

I depositi più distali sono costituiti principalmente dall'unità WGI ("*Welded Grey Ignimbrite*"), una facies grigia saldata, con una parte massiva più bassa, a grana relativamente fine, che contiene lapilli pomiceo sparsi e rari lapilli scoriacei, sfumando verso l'alto in una zona che presenta lapilli scoriacei arrotondati e fessurazioni colonnari, poi ricoperta dall'unità LYT (*Lithified Yellow Tuff*), una facies gialla litificata costituita da una matrice cineritica con dispersi lapilli pomiceo arrotondati e localmente anche poche scorie grossolane disperse (Cappelletti, 2003).

A questi si aggiungono nella successione un'unità basale da flusso (USAF *Unconsolidated Stratified Ash Flow*), costituita da un livello stratificato da cineritico a sabbioso, dal biancastro al rossastro verso l'alto ed un'unità sommitale da flusso (CPF- *Coarse Pumice Flow*), un deposito di pomiceo grossolano immersi in matrice sabbiosa che chiude l'intera sequenza (Cappelletti et al., 2003).

Lo studio comparativo delle caratteristiche sia mineralogiche che vulcanologiche fa ipotizzare che le unità più distali dell'Ignimbrite Campana, ossia LYT e WGI, entrambe classificabili come trachiti, con elevate concentrazioni di potassio, si siano formate in conseguenza di processi secondari caratterizzati da differenti temperature di messa in posto e, relativamente alla facies LYT, da interazione con acque meteoriche (Morra et al. 2010; Langella et al., 2013).

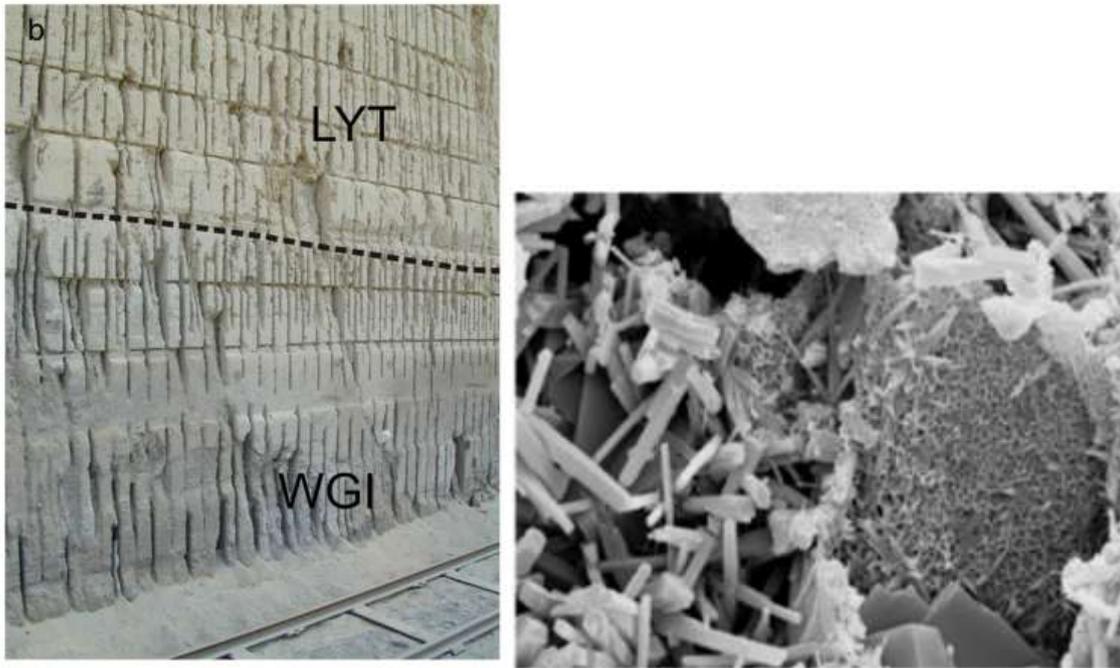


FIGURA 24: a sx: Transizione della facies WGI nella facies LYT osservata su un fronte di cava, da Langella et al., 2013; a dx, cristalli di phillipsite allungati con smectite e cabasite nella facies gialla LYT dell' I.C. (Località Comiziano), da Morra et al., 2010

L'unità WGI, caratterizzata da temperature di deposizione più elevate, è stata interessata da un processo di litificazione che è stato in messo in relazione a fenomeni di devetrificazione post-deposizionali che hanno portato alla cristallizzazione di feldspato autigeno, presente secondo concentrazioni che vanno dal 30% al 90%. In particolare, la facies grigia è caratterizzata da un elevato contenuto di K - feldspato, sia pirogenico che autigeno, fasi che rappresentano circa il 90% del totale, a cui si associano tracce di clinopirosseno, biotite ed ematite sono del tutto subordinati, mentre la meionite individuata esclusivamente nei livelli dell'agro nocerino-sarnese.

L'unità LYT, invece, caratterizzata da più basse temperature e sottoposta alla circolazione dell'acqua meteorica, ha subito un intenso e spiccato processo di zeolitizzazione, che ha prodotto - la cristallizzazione di tectoalluminosilicati

alcalicalcici idrati intermedi, quali la phillipsite e la cabasite, fino ad una concentrazione totale media pari a circa il 60% e - la litificazione del deposito.

La composizione mineralogica della facies gialla si caratterizza, pertanto, oltre per la menzionata componente zeolitica con tenori confrontabili di phillipsite e cabasite, anche per subordinate e quantità variabili di analcime e smectite, inoltre, sono state riconosciute fasi pirogeniche, quali il K-feldspato (per circa il 20%) e minori quantità di pirosseno e biotite (Figura 24)

Facies	Smectite	Biotite	Feldspato	Phillipsite	Cabasite	Analcime	Pirosseno	Amorfo
Grigia	0	1 (± 1)	88 (± 13)	0	0	1 (± 1)	5 (± 1)	5 (± 13)
Gialla	5 (± 1)	1 (± 1)	20 (± 3)	28 (± 2)	25 (± 2)	4 (± 1)	5 (± 1)	12 (± 5)

TABELLA 2: Composizione mineralogica media (%) dell'Ignimbrite Campana in facies grigia e gialla

Sulla base di quanto proposto da Cappelletti, Morra et al. (2003, 2010) e allo stato attuale delle conoscenze, è stato possibile formulare alcune ipotesi circa l'evoluzione del processo minerogenetico all'interno della formazione nel suo complesso (Langella et al., 2013), descritto nel modello schematico di Figura 25:

- messa in posto in momenti successivi di due flussi piroclastici dei quali l'inferiore era caratterizzato da una temperatura più elevata, idonea alla saldatura ed alla feldspatizzazione, che decresce verso l'alto con conseguente riduzione progressiva del processo minerogenetico. Segue la successiva messa in posto di un secondo flusso a temperatura più bassa non sufficiente per la saldatura e la feldspatizzazione. La successiva percolazione di acque meteoriche di infiltrazione in un mezzo con una permeabilità valutabile in 10^{-5} m/s avrebbe innescato il processo di idrolisi (ossia passaggio in soluzione di ioni Na^+ , Ca^{2+} e K^+). e la dissoluzione della frazione vetrosa (devetrificazione) che, favoriti anche dalla temperatura del deposito, avrebbero portato alla riposizione degli ioni in un reticolo ossidrilizzato ed alla cristallizzazione di phillipsite e cabasite;

- messa in posto della coltre in un unico episodio con formazione di un deposito caratterizzato da un gradiente di temperatura decrescente verso l'alto che avrebbe comportato la formazione di una zona intermedia la cui temperatura era tale da non definire una feldspatizzazione spinta. Contestualmente, la parte

alta della formazione, ovviamente ancora calda, interessata dalla percolazione di acque meteoriche di infiltrazione, avrebbe innescato una progressiva zeolitizzazione la cui intensità raggiunge valori massimi nella parte centrale del livello, scemando, a sua volta, sia verso la zona di transizione di cui sopra, sia nei livelli più elevati verso la superficie.

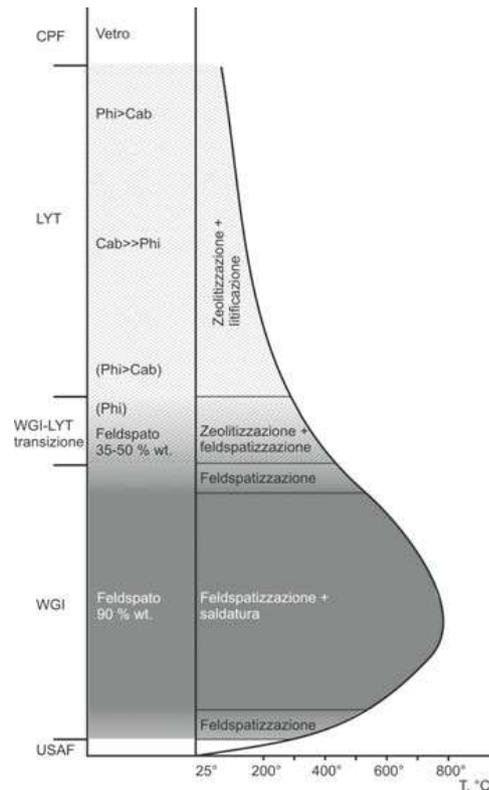


FIGURA 25 : Modello Schematico dei processi minerogenetici che interessano le diverse unità dell'I.C. (da Langella et al., 2013)

Le unità USAF e WGI dell'I.C. sono quelle maggiormente diffuse ed ubiquitarie nella Regione Campania. La loro estensione risulta continua, anche nelle aree collinari mentre risulta sporadica sui rilievi fino a 1000 m.

La facies LYT è presente nella porzione orientale della Piana Campana ed è confinata nelle principali valli della vicina Catena Appenninica coprendo un'area di 2000 Km², che diffusa in prevalenza in aree che non superano mai i 350 m sul livello del mare.

Infine, il CPF si rinviene solo in pochi e localizzati siti.

Il contatto verticale tra WGI e LYT è gradato e si esprime in pochi decine di centimetri. Gli altri contatti (USAF-WGI e LYT-CPF) sono generalmente netti.

2.3 CARATTERI FISICI E MECCANICI DELL'IGNIMBRITE CAMPANA

L'Ignimbrite Campana, usata singolarmente o con altri materiali locali, ha rappresentato uno dei primi materiali da costruzione dell'architettura della regione a partire dall'epoca romana, come testimoniato da rovine di teatri, ponti, tombe e le mura di cinta della vecchia Suessa (attuale Sessa Aurunca), S. Maria Capua Vetere e Treglia (Caiazza, 1986; Villucci, 1980). Per l'ampia diffusione sul territorio ma anche e soprattutto per la sua facile lavorabilità, il suo impiego più antico risale al VII a.C. con le *Matres Matutae*, sculture votive che simboleggiavano la fertilità e l'abbondanza, custodite presso il Museo Archeologico di Capua (CE), e/o con gli elementi decorativi della Pompei antica realizzati con il tufo grigio proveniente dalla vicina città di Nocera.

La popolarità di questo materiale, sia nella facies gialla (LYT) che nella grigia (WGI), lo rese idoneo sin dal periodo gotico (XI-XIV secolo) come elemento strutturale che facciavista, i cui esempi sono diffusi in tutta la regione anche concentrati particolarmente nella provincia di Caserta.

Esempi con tali finalità si rinvennero nel Castello di Manocalzati (Av), nelle Cattedrali di Sessa Aurunca, Casertavecchia e di S. Angelo in Formis (Ce), ancora, nelle torri del Castello di Federico II a Capua, nel Palazzo Fieramosca e quello di Antignano a Capua (Ce), nella Chiesa della Annunziata a Carinola (Caserta), nel quadriportico medioevale della Cattedrale di Salerno e, infine, nell'acquedotto Carolino del XV secolo, realizzato su progetto di Vanvitelli (Maiuri, 1950).

Nelle Tabelle 3 e 4, si riportano i parametri fisico-meccanici caratteristici della I.C. in facies grigia (WGI) e facies gialla (LYT), Langella et al., 2013.

		n°campioni	media	min	max	dev. st.
Peso di volume secco	(kN/m ³)	93	11,42	9,66	14,80	0,71
Peso specifico reale	(kN/m ³)	93	25,53	22,26	26,30	0,45
Compattezza		93	0,45			
Assorbimento per capillarità	(gr/cm ² ·s ^{1/2})	4	0,165	0,160	0,169	0,003
Capacità di imbibizione	(%)	16	41,61	38,17	52,28	3,38
Porosità aperta	(%)	93	55,24	42,06	62,79	0,03
Raggio dei pori medio	(μm)	3	7,62	6,84	8,26	
Superficie specifica	(m ² /g)	3	1,57	0,64	2,95	
Volume totale dei pori	(cm ³ /g)	3	0,48	0,47	0,48	
Resistenza a compressione uniassiale	(MPa)	17	5,23	1,07	11,68	2,80
Coefficiente di dilatazione termica lineare	10 ⁻⁶ mm/mm * °C ⁻¹	3	0,78	0,67	1,00	
Velocità ultrasonica a secco	(m/s)	89	1691	1221	2379	297,92
Velocità ultrasonica a saturazione	(m/s)	49	1491	1004	2153	380,25

TABELLA 3: Parametri fisici dell'Ignimbrite Campana in facies grigia (WGI), da Langella et al., 2013)

		n°campioni	media	min	max	dev. st.
Peso di volume secco	(kN/m ³)	40	10,97	9,85	12,10	0,52
Peso specifico reale	(kN/m ³)	40	22,68	21,51	23,13	0,29
Compattezza		40	0,48			
Assorbimento per capillarità	(gr/cm ² ·s ^{1/2})	6	0,014	0,012	0,015	0,001
Capacità di imbibizione	(%)	10	34,73	28,49	40,43	5,24
Porosità aperta	(%)	40	51,61	46,85	57,20	0,02
Raggio dei pori medio	(μm)	3	0,66	0,56	0,79	0,09
Superficie specifica	(m ² /g)	3	8,91	8,07	9,60	0,63
Volume totale dei pori	(cm ³ /g)	3	0,36	0,33	0,41	0,04
Resistenza a compressione uniassiale	(MPa)	13	6,45	4,11	8,02	1,01
Coefficiente di dilatazione termica lineare	10 ⁻⁶ mm/mm * °C ⁻¹	3	-25,40	-21,50	-28,50	
Deformazione volumetrica	(%)	9	0,49	0,3	1,01	0,21
Velocità ultrasonica a secco	(m/s)	64	1777	1672	2204	112,63
Velocità ultrasonica a saturazione	(m/s)	33	1621	1536	2092	89,11

TABELLA 4: Parametri fisico-meccanici dell'Ignimbrite Campana in facies gialla (LYT), da Langella et al., 2013)

Tutti i valori misurati mostrano una estrema variabilità per entrambe le facies mentre non si riscontrano sostanziali differenze tra le due facies.

Le uniche differenze più evidenti sono quelle relative a parametri strettamente condizionati dalla composizione mineralogica della roccia, tale fattore incide inevitabilmente su una più marcata variabilità dei parametri singoli per la prima facies contro una maggiore omogeneità per la seconda.

In primo luogo, si osserva che il coefficiente di dilatazione lineare assume un valore positivo per la facies grigia e valore negativo per la facies gialla, un comportamento da mettere in relazione alla presenza di zeoliti che, essendo alluminosilicati idrati, a seguito del riscaldamento si reidratano con una conseguente riduzione del volume.

Anche i valori del peso specifico reale differiscono in modo abbastanza marcato, risultando più alti nella facies grigia come risposta all'elevato contenuto di feldspato a cui si contrappone la presenza di zeoliti a più basso peso specifico nella facies grigia.

I bassi valori del peso di volume secco, gli alti valori dell'assorbimento per capillarità e della capacità di imbibizione sono da mettere in diretta relazione con l'elevata porosità aperta di entrambi i materiali, che si concretizza nell'elevata attitudine ad assorbire acqua.

I risultati dei test di porosimetria a mercurio, infatti, evidenziano che le dimensioni dei pori ricadono totalmente nella classe dei macropori con conseguente distribuzione di tipo unimodale, ma con un raggio medio dei pori maggiore di circa un ordine di grandezza per la facies grigia (7.62 μm) rispetto a quella della facies gialla (0.66 μm).

Il valore decisamente più alto della superficie specifica per la facies gialla (8.91 contro 1.57) è sicuramente da mettere in relazione al più elevato grado di zeolitizzazione.

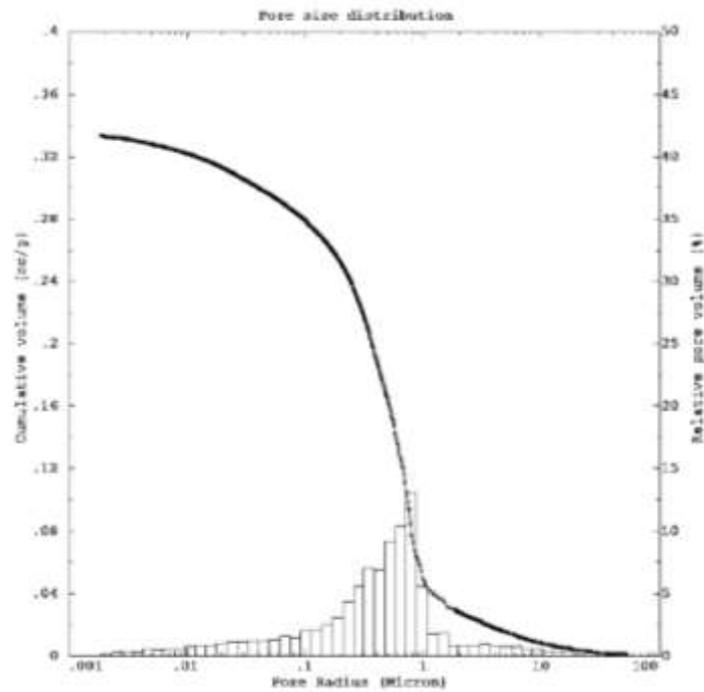
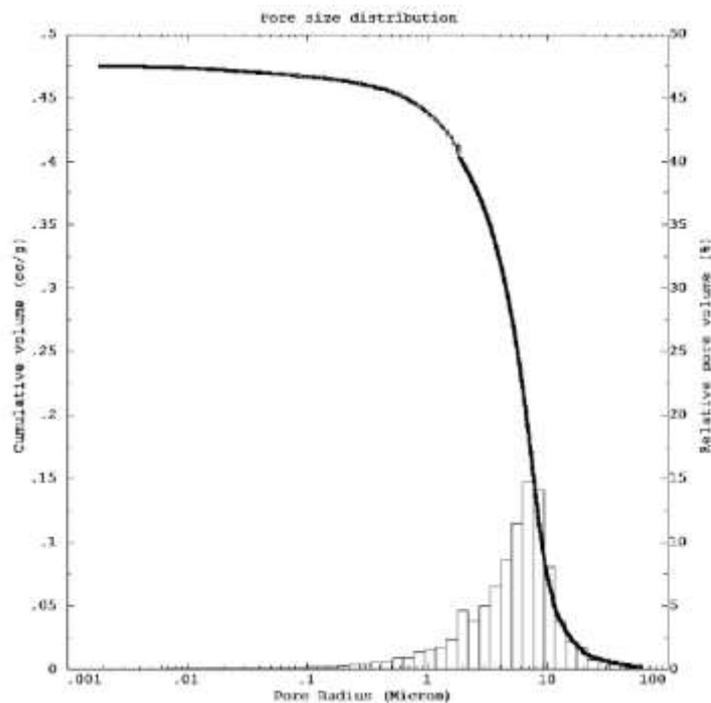


FIGURA 26 : Distribuzione della dimensione dei pori nelle due facies dell'I.C.
in alto, LYT; in basso WGI, (da Morra et al., 201, from Papa, 2010 modificata)



Le due facies WGI e LYT presentano bassi valori di resistenza a compressione, con una estrema variabilità di questo parametro da imputare all'eterogeneità tessiturale della roccia.

Infine, si evidenzia la riduzione della velocità ultrasonica in provini saturi rispetto a quella misurata in provini allo stato secco, fenomeno tipico di campioni macroporosi.

Su questa base si può concludere che entrambe le modificazioni di facies possono essere definite rocce tenere (weak rock), macroporose e leggere (Primavori, 1997).

CAPITOLO 3

LE CAVITA' ANTROPICHE DELL'AGER NOLANUS

3.1 CENNI STORICI

Lo sfruttamento della facies gialla dell'Ignimbrite Campana (LYT) per la produzione di blocchetti sagomati per l'edilizia, si attua ancora oggi in aree della provincia di Caserta e di Salerno. Alcuni centri abitati della pianura nolana (Casamarciano, Tufino, Comiziano e, in misura minore, Cicciano e Roccarainola) hanno avuto la loro importanza economica nel prelievo dal sottosuolo di materiali variegati (pozzolane, sabbia o ghiaia, pietra calcarea, tufo grigio campano) che sono stati impiegati per il loro sviluppo urbanistico e per istanze esterne (Penta, 1935).

Ancora oggi, le aperture effettuate in pianura (tufare scoperte) o nel fianco della montagna (Cava di Pietra) disposte a nord dell'area in esame (nella zona a monte della S.P. Casamarciano-Schiava, S.P. Epitaffio di Schiava-Comiziano, Regio Abolito e la Strada Variante 7/bis) provano l'antica aspirazione del territorio allo sfruttamento di queste importanti risorse geologiche.

L'utilizzo dell'Ignimbrite Campana nell'Agro Nolano viene documentato sin dalla fine del IV sec a.C. attraverso il rinvenimento ai confini con il Comune di Casamarciano (Masseria Sarnella e Via Seminario), di tombe decorate, tra le quali spicca quella composta da dieci lastre di tufo locale con pareti dipinte detta "del Cavaliere" (Figura 27), probabilmente, un rappresentante sannita del ceto aristocratico locale.



FIGURA 27: Tomba del Cavaliere, IV sec. a.C.- Museo Archeologico di Nola

Il toponimo di Tufino viene riferito per primo da Ambrogio Leone che nel 1514, nel *De Nola Patria*, individuando un *Thophinum pagum*, derivante da *tofus* o *tophus*, attraverso l'aggettivo *tufinus*, *a*, *um*, appoggiato a qualche sostantivo, come *ager*, *fundus*, *mons*, segnalava un'area con una serie di cave che fornivano il materiale edilizio alla Città di Nola (Musco, 1997):

*"Idem vero nomen pago dedit, quod Tophinum appellatur. In hoc item loco topoque
lapidicinae altae fiunt in usum universae fabricae Nolarum "*

E' chiaro però che lo storico nolano intendeva riferirsi ad un'area ben più vasta di quella contenuta nei limiti amministrativi degli odierni centri urbani e che, nel XIV secolo, rientravano tra i Casali della Città di Nola, centro giuridico e amministrativo dell'Agro.

Recenti ricerche condotte presso l'Archivio di Stato della Terra di Lavoro concordano nel ritenere che l'attività estrattiva locale dell'Ignimbrite Campana abbia trovato un suo intensificarsi all'inizio del XIX secolo, a seguito del sisma del 26 Luglio 1805 con una motivazione storica che fu dettata soprattutto dalla distanza delle cave del tufo flegreo e dall'elevato costo per il trasporto.

Sul finire del XIX secolo, inoltre, il principale esempio di esportazione era quello verso la città di Napoli, dove la facies gialla (LYT) intendeva rivestire un ruolo di rilevanza nella sostituzione dell'ormai e con difficoltà reperibile "Piperno" impiegato per la realizzazione di elementi architettonici e porzioni degli edifici meno esposte (Fiengo & Guerriero, 1999; Calcaterra et al., 2000)

In occasione di vari sopralluoghi effettuati negli anni Sessanta da un noto studioso locale, venne ritrovata in una lucerna a vasca aperta con orlo trilobato dritto (Avella L., 1998, p.1440, fig. 2608): sebbene sia attestato fin dal XII secolo, questo tipo di manufatto, che di solito è rivestito di vetrina, è particolarmente diffuso in contesti due e trecenteschi (Figura 28)



FIGURA 28: Lucerna a vasca aperta rinvenuta nella cava adiacente la parrocchiale di Gallo

Qualora, come sembra plausibile, l'utensile è pertinente alla frequentazione medioevale delle cave, avremmo un utile elemento per datare l'estrazione del tufo nell'area nolana (Ebanista, 2012).

Nel corso del XVIII secolo, lo sfruttamento dell'Ignimbrite Campana nel sottosuolo dell'area era già una pratica consolidata e nella redazione dei Catasti Onciari Locali venivano solitamente contrassegnati ed inseriti nella toponomastica locale i fondi terreni nei quali si evidenziava la presenza dei pozzi di accesso alle cave sotterranee o, ancora, quelli destinati a Cava-Cantine:

Dal Catastu Generale Unitatis Terre Casamarciani, (ASN, Onciario,1755 Volume 2 Atto d'Ordine da 927 a 930):

"Ottaviano De Stefano del fu Natale, abita[ndo] in casa propria nel luogo detto "La Taverna" sita nell'infrascibendo territorio, possiede,.....

- ***Un territorio arb.sto e vitato di moja cinque nel luogo detto la Taverna, giusta li beni di Carmine Napolitano, Marcello Stefanile, Andrea d'Errico, e via pubblica, nel quale esservi più monti sfondati dal cavar pietre, e la suddetta Casa di Abitazione nel mezzo, vi sono rimaste moja tre, e mezze di territorio coltivabile, tiene a cenzo del Nobile Monistero di S. Chiara di Nola,..[ff. 89-90];***

"Nobile Monistero di Montevergine di Casamarciano sotto il titolo della Santissima Annunciata, possiede

- *Una masseria di fabrica vicino l'abitato, consistente in quattro camere superiori, cortile, aria di triturare vittovaglie, **Grotte o' sia cantine, e cellaro de riponere il vino**, ed altri luoghi inferiori, giusta la via pubblica, da più parti, e giardino di d.º Monistero, serve proprio uso di detto Monistero. [f.116r];*

Nell'area napoletana sono stati molteplici i metodi di sfruttamento della Ignimbrite Campana o del Tufo Giallo Napoletano: allo scoperto (cave a fossa) o in sotterraneo (in galleria, a volta curva, a bottiglia, a campana), questi sistemi di attacco sono stati adottati nel corso dei secoli e hanno arrecato danni alla stabilità del sottosuolo.

Le cave erano solitamente gestite da cavaatori specializzati che, tramite una gara d'appalto prendevano in gestione il terreno da coltivare in sotterraneo pagando al proprietario del fondo la somma pattuita.

L'attività estrattiva fu regolamentata nella prima metà del XIX secolo da Statuti Urbani o Municipali che imponevano precise condizioni per valorizzare la futura area di cava, quali - l'eliminazione degli scoli piovani che avrebbero potuto invaderla intralciando lo sfruttamento; - una fascia di rispetto della stessa superficie dalle arterie stradali (15 m); modeste penetrazioni nella proprietà (150 m); - la realizzazione di una mulattiera da tener al riparo da invasioni di acque fangose e sufficientemente solida per reggere al trasporto del materiale estratto; - un sufficiente spazio per la fenditura dei massi tagliati, per l'accumulo del materiale utile e la movimentazione dei veicoli, infine, - il rispetto di distanze più o meno costanti tra i pozzi di accesso al giacimento sotterraneo (interasse 12 m), al fine di non sconfinare in profondità in lotti strettamente attigui, un fenomeno che era piuttosto ricorrente (Mascolo & Petrillo, 1983).

I *cavamonti* o *montaioli*, cosiddetti perché cavavano il *monte di pietra*, erano a volte mestieri grami che si tramandavano di padre in figlio, orario di lavoro dall'alba al tramonto, si iniziava da bambini utilizzati per il trasporto a spalla delle pietre (se troppo pesanti venivano appoggiate sulla pancia) oppure per realizzare gli stretti pozzi di accesso e ci si specializzava poi nel separare dall'ammasso le porzioni di tufo da trasferire in superficie per la loro sbozzatura, in genere, una *paranza* era costituita da 7-8 persone per ogni punto di prelievo, il lavoro veniva scandito da una cantilena di cinquanta strofe, alla fine della quale si erano prodotte cinquanta pietre lavorate (*conci*).

Il metodo di sfruttamento "*a bottiglia o a campana*" (Aveta, 1987), caduto in disuso dal 1929 a Napoli, fu impiegato nell'area nolana sino alla prima metà del XX sec., in pratica, dal piano di campagna si approfondiva un pozzo cilindrico verticale (*occhio di monte*), quasi sempre rivestito, fino a raggiungere il tufo litoide, collocato nei territori in studio al di sotto di spessori variabili di

piroclastici e detriti alluvionali; dopo averlo attraversato per 1.0 - 2.0 metri, il taglio della roccia lapidea procedeva per zone successive, dall'alto verso il basso, chiamati volgarmente *mancanti*.

Il distacco della facies gialla dell'ignimbrite Campana (LYT) in grossi massi di forma pressoché regolari (70*60*60) cm³, detti *quadroni*, veniva fatto con il metodo della puntata (*zeppiatura*), in pratica, si scavavano canaletti (*caraci*) della larghezza di 20 cm impiegando un particolare piccone (*smarra a zenna o a zappone*), la pietra si staccava dal fronte con dei cunei di ferro incastrati con una mazza di ferro di 10 Kg di peso.

Al termine dello sfruttamento dell'ammasso tufaceo, veniva a determinarsi una camera ipogea con diametro max. di 8 - 10 m. ed un'altezza da un min. di 10 m (vicino alla dorsale calcarea) ad un max. di 16 - 20 m (nella pianura), secondo una forma del cielo "a corda", quasi semicircolare, spesso parabolica, quasi semiellittica o a più centri, che è anche quella più resistente, così da assicurare con un franco in volta, il sostegno dei terreni superiori (Figura 29-a).

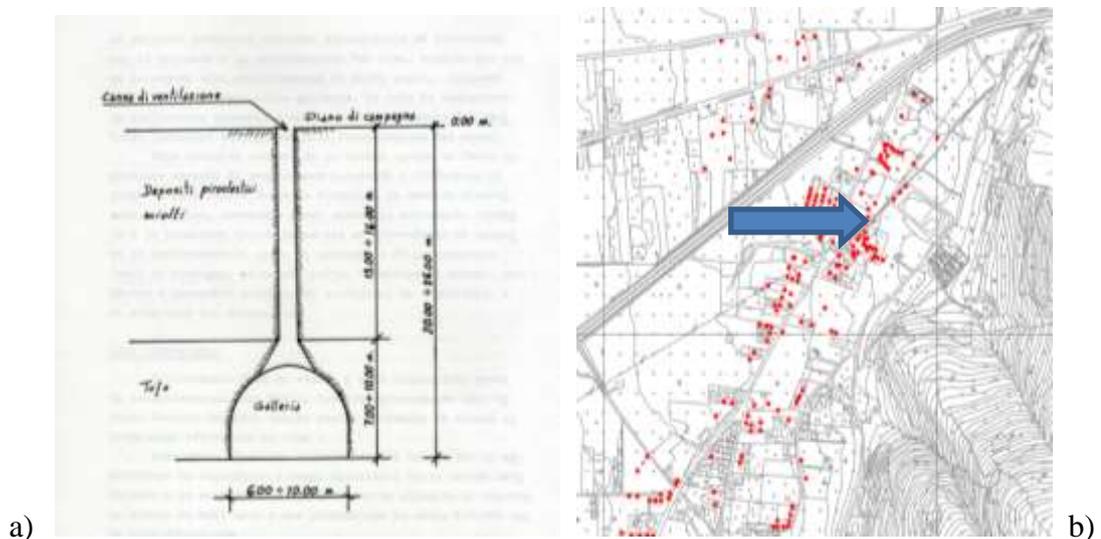


FIGURA 29 : Sezione verticale di una cavità a campana con canna di ventilazione (a), (da Cristiano, 1988) . Disposizione a quadriglia delle bocche di monte (b)

A fronte di una coltivazione più vasta e meno pericolosa per le maestranze, che accusavano spesso la mancanza di aria, il metodo di avanzamento mutò con l'adozione di pozzi *allineati* o *a quadriglia*, secondo una rete di gallerie ortogonali che lasciavano delle pareti integre che fungevano da pilastri a sostegno della

volta e della coltre piroclastica, inoltre, unendo le basi delle stesse camere, che prendevano il nome di tese, a mezzo di cunicoli di passaggio che erano alti e larghi 2 m circa (Figura 29-b). Gli occhi di monte costituivano il mezzo più importante per l'accesso/sfruttamento del fronte tufaceo in profondità, dal momento che da essi si attuava a mezzo di una struttura meccanica (*o'ngegno*), riprodotta nella Figura 30, azionata in senso antiorario da due uomini (*piccola ruota*) o da un animale da tiro (*grande ruota*), la risalita dei blocchi tufacei in superficie.

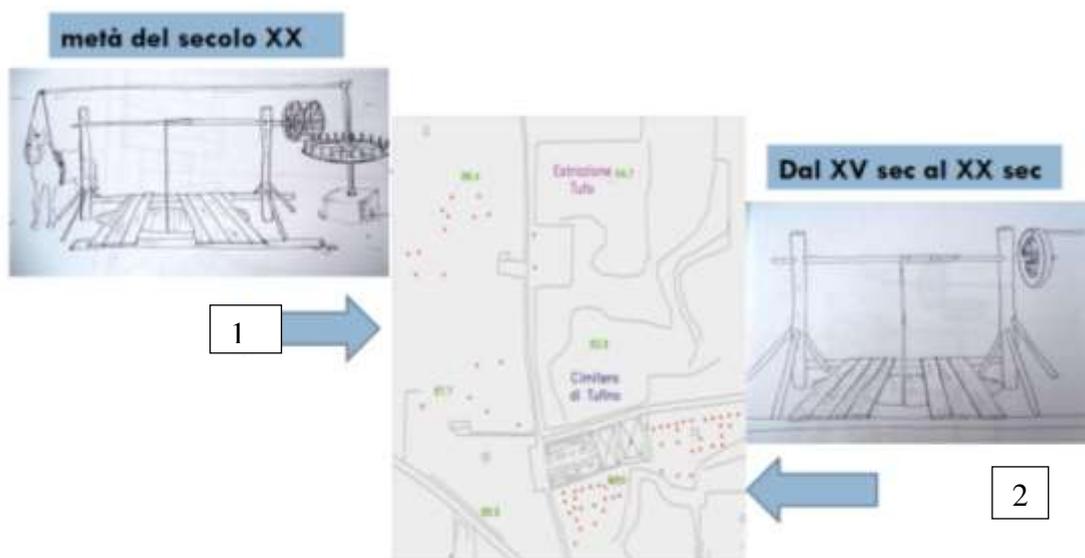


FIGURA 30: Sistemi antichi di estrazione del tufo: la piccola ruota (1) e la grande ruota (2)

La piccola ruota (*o a pioli*), impiegata nelle cave molto piccole e poco profonde, era collegata ad un asse su cui era legata una robusta fune di canapa lunga quanto la profondità più il raggio dei cavi, al fine di facilitare l'estrazione dei massi staccati e maggiormente distanti dal foro di accesso.

All'apertura del foro di estrazione, in superficie, venivano appoggiate a lato due travi in legno di essenza forte, sempre di castagno per le sue note caratteristiche di resistenza alle intemperie, sulle quali venivano appoggiate degli assi di legno, lasciando una apertura di soli 20 cm per consentire lo scorrimento della fune, queste assi si sollevavano quando erano a contatto con il masso in salita e si riabbassavano appena questo le aveva superate,

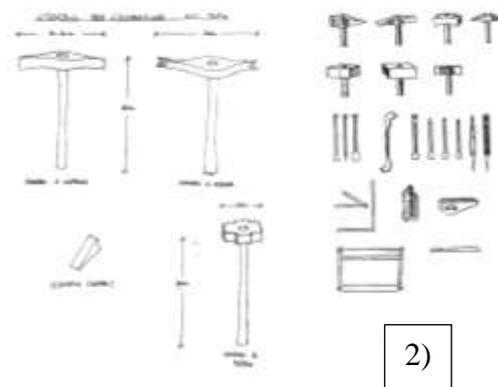
bloccandone la ricaduta nella cava che poteva facilmente avvenire dato lo stress a cui erano sottoposti gli operai incaricati di far girare la ruota.

La grande ruota (o *dentata*), dettata anche dall'esigenza di inizio '900 di estrarre massi anche più grandi (≈ 1 mc) da uno scavo "in serie" e con un sistema di leve più leggero del precedente, collocata orizzontalmente al lato del foro di apertura, portava superiormente dei denti di legno che azionavano una ruota doppia collegata all'asse di arrotolamento della fune. La ruota orizzontale, inoltre, era unita ad un lungo asse di legno o ferro (la sdanga), ad L, la cui parte inferiore era appoggiata ad una pietra di piperno, nella quale veniva praticato un foro circolare che permetteva a questo asse di girare e l'altro estremo presentava i legamenti per l'animale da tiro (un cavallo).

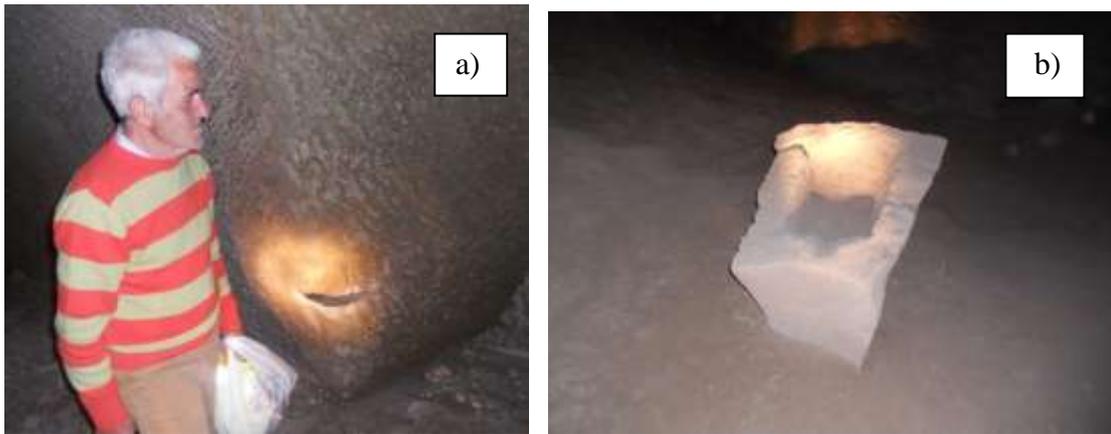
I vari quadroni, una volta estratti, erano divisi in tanti pezzi (*attozzatura*), battendo con mazzuole e sciamarre, le zeppe di ferro e gli scalpelli su essi posizionati, fino a farne pietre di forma quadrata di 25 centimetri, con una produzione giornaliera che poteva arrivare anche fino a duemila conci. Sino al 1900 potevano formare un metro cubo circa 76 conci (pietre da due) o 80 conci (pietre da uno); poi con l'impiego delle seghe si ridussero gli spessori (0.20 m) ed aumentarono le lunghezze (0.40 m). Alla fine degli anni '40, da ciascun blocco si ricavavano circa 100 pietre di 15/30 cm, che venivano caricate su carri trainati da cavalli e trasportate ai cantieri edilizi.



FIGURA 31
1) Smarra a zenna e Smarra a Zeppone



2) Altri utensili dei cavamonti
da Mascolo & Pietrillo, 1983



3) Sistemi di raccolta delle acque operato in cavità da un cavamonte: l'incavo realizzato a parete (a) o in un blocco di tufo sagomato (b) Foto Caccavale G., 2010

Dopo l'introduzione della ruota dentata, fu inevitabile che si pensasse ad un tipo di scavo più profondo e più ampio di quello usato nel precedente sistema, si iniziò così a cavare la pietra in direzione della pianura, scendendo a profondità di oltre 30 m dalla superficie e con diametri delle cavità sempre maggiori (>15 m), infine, lo scavo in serie e l'avidità dei proprietari determinò una situazione delicata in seno al mancato censimento dei siti ed all'instabilità dei terreni sovrastanti. Esaurita la cava, infatti, i proprietari del fondo erano soliti rimetterlo a coltura, pianando i cumuli di materiale di scarto (*taglime*) e/o lasciandone parte nel sottosuolo.

Il foro di estrazione veniva occluso mediante una voltina (*lamia*) realizzata nel collo della bottiglia (nei tipi più antichi, essa era costituita da travetti in robusto legno o ferro, disposti a croce latina (+) o greca (X), sui quali appoggiare bene incastrati degli sbocchi tufacei (*spaccatelle*), infine, riempito con alcune fascine (*sarcinielli*), taglime fine (*asche*) e terreni sciolti, si provvedeva al censimento dei luoghi abbandonati con contrassegni duraturi (alberi di ciliegio, arancio amaro, nespolo, etc..).

A seguito dell'uso indiscriminato fatto nel sottosuolo, le autorità vararono regolamenti che proibivano lo scavo in serie e fissava a 6 metri la distanza da una cava, mentre di 3 metri doveva essere la distanza da una cava all'altra.

Questa legge, però, fu applicata molto di rado e, in più, con l'avvento della II seconda guerra mondiale e, quindi, con la possibilità di reperire facilmente esplosivi di vario genere, furono spogliate vecchie cave nelle quali, con tali ordigni, furono assottigliati i grossi pilastri di sostegno.

Alla fine degli anni '50, a seguito a vari incidenti che interessarono le maestranze, con provvedimenti prefettizi singoli in tutta la Provincia di Napoli, si giunse alla definitiva chiusura di tutte le cave sotterranee (1957, estensore D. Bardi), in seguito, le tecniche di estrazione cambiarono e furono sostituite dalle cave a fossa, denominate in zone come *tufare scoperte*, ma da decenni ormai non più in esercizio.

La tecnica successiva delle cave a cielo aperto ha distrutto sui lotti che vennero coltivati molte bocche di cava preesistenti, per la creazione dei fronti di attacco e delle gradonature.

La facies gialla dell'Ignimbrite Campana (LYT) veniva raggiunta asportando ed impiegando anche gli strati terrigeni sovrastanti, come il lapillo per confezionare i calcestruzzi leggeri, la pozzolana per l'impiego negli intonaci e nelle malte cementizie e le sabbie per la produzione dei cementi.

Si rese necessario, tuttavia, l'uso di macchine escavatrici di notevole grandezza, con le quali si potevano eseguire sterri profondi anche oltre i 15 metri, dalle dimensioni in pianta rilevanti ($S = 45000 \text{ m}^3$), vietando in piccole proprietà le cave di modeste dimensioni ($S < 500 \text{ m}^2$).

L'asporto della roccia veniva attuato con seghe montate su binari, con lame dal diametro di 1 m, fissate una volta verticalmente, per il taglio in profondità, ed una volta orizzontalmente, per il distacco delle pietre tagliate: questo metodo di estrazione, a differenza di quello più antico, pur permettendo di ottenere una pietra squadrata e pronta all'uso, determinò che la resistenza statica offerta da un siffatto conglomerato murario fosse inferiore a quello eseguito con le pietre cavate in sotterraneo, non perfettamente tagliate, ma dotate di un maggiore incastro nella messa in opera.

3.2 DOCUMENTAZIONE DISPONIBILE

Negli intenti della presente ricerca, è stata messa in campo un'azione di acquisizione di varie informazioni territoriali orientata su due direttrici complementari:

-sul piano tecnico-operativo, si è provveduto a vagliare e selezionare la corposa documentazione geologica acquisita dal mondo professionale ed in possesso delle Amministrazioni Comunali, si sono effettuati rilevamenti di superficie dell'intera area e un'attenta ricognizione dei centri urbani e relativa periferia, con il supporto logistico e testimoniale dei cavamonti in vita e della popolazione locale.

-sul piano storico-amministrativo, è stata valutata l'intera documentazione di Archivio presso gli Uffici Tecnici Comunali dei centri di Casamarciano, Tufino e Comiziano, inoltre, presso gli Archivi di Stato di Napoli e Caserta sono stati ricercati, visionati e, nei punti salienti, microfilmati, importanti informazioni custodite nei carteggi del XVII e XIX secolo;

Il lavoro di acquisizione, le cui attività sono specificate nel sottostante prospetto si è concretizzato nella costruzione di un database contenente più elementi territoriali.

PIANO DELLE ATTIVITA'	
PERCORSO STORICO-AMMINISTRATIVO	PERCORSO TECNICO-OPERATIVO
<p>Presso i Comuni: documentazione geologica interventi edificatori in aree cavate autorizzazioni sindacali apertura varie cave rapporti VV.UU e VV.FF.. dissesti negli abitati</p> <p>presso emeroteche specializzate: articoli dai quotidiani e periodici più letti e diffusi nel Nolano tra il 1973 ed il 2011</p> <p>presso gli Archivi di Stato di CE e NA: Intendenza Borbonica, Affari Comunali Casamarciano ASC 1805-1861 bb. 1177-1190 Tufino ASC 1805-1861 bb. 1320 -1337 Comiziano ASC 1805-1861 bb. 1276-1290</p> <p>Incartamenti della Direzione Generale Ponti e Strade per la realizzazione delle infrastrutture viarie del Regno:</p> <p>ASN Ponti e Strade f.1383 fs.lo 560</p> <p>la bonifica dei RR. Lagni: ASN Min. Int. II inv. fs 4677-4768-4679</p> <p>Catasti Onciari del XVIII sec.: Casamarciano, 1755 Tufino con annesse frazioni, 1746-1753-1754 Comiziano e Gallo, 1754</p>	<p>Informatizzazione dei seguenti elementi:</p> <p>occhi di monte o punti-cava grotte-cantina anthropogenic sinkholes sondaggi stratigrafici dati idrogeologici dissesti areali cave aree risanate</p> <p>Tematismo significativo: Carta delle attività estrattive e dei dissesti di superficie nei Comuni coinvolti nella ricerca</p> <p>Tematismi di supporto allo studio: Isopache delle piroclastiti (PNV) Isobate del top dell'I.C. (o TGC) Isopache delle ghiaie (VEF2b2) a tetto del TGC Isopache totali dell'I.C. (o TGC) Isopache sola facies gialla LYT Morfologia di deposizione dell'I.C. (o TGC)</p> <p>Organizzazione di schede descrittive:</p> <p>grotte-cantine cavità ispezionate e rilevate</p>

FIGURA 32: Percorsi di Ricerca per la fase di Raccolta dei Dati

3.2.1 DATI DI LETTERATURA

Le ricerche bibliografiche hanno mostrato che nella cartografia dell'Istituto Geografico Militare I.G.M. in Scala 1:25.000 edita nel 1954, venivano già riportate "a macchia" sul territorio diverse cavità a cielo aperto, cave a fossa ed aree interessate da forti depressioni, contrassegnate da barbette collocate lungo il limite interno di questi areali.

Nella Figura 33, viene evidenziata la presenza di cavità estese tra Masseria del Monaciello e Regio Abolito, in territorio di Comiziano, di quelle a confine in località Cesina, in territorio di Tufino, di altre sulla S.S.7 bis, in territorio di Casamarciano.

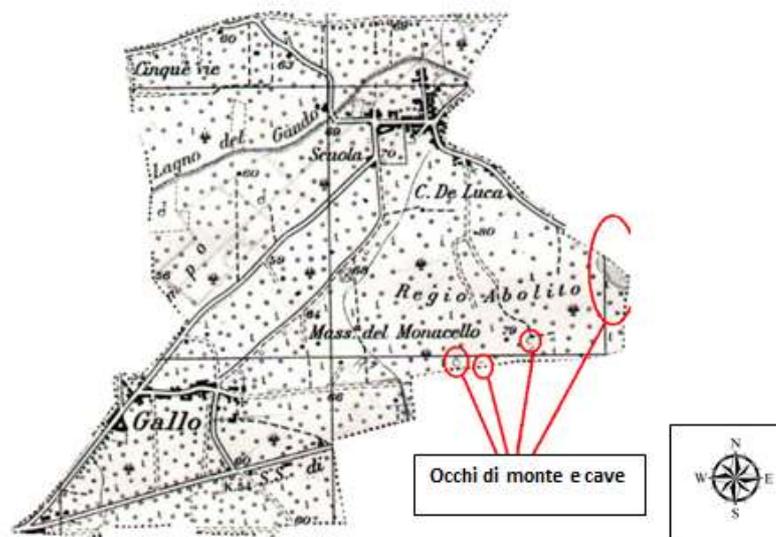


FIGURA 33 : Particolare del Foglio n.185 della Carta d'Italia, Nola, Tav. IV,

Scala 1:25.000 (I.G.M.-1954)

Nella cartografia più recente della Regione Campania, Scala 1:25000, approvata nel 1980, sono presenti ancora la cave e le stesse cavità inquadrate nel 1950. Una grossa cava, in territorio di Tufino (Contrada Cesina), è riempita (Figura 34).



FIGURA 34 : Particolare dello Stralcio Cartografico Regione Campania

Scala 1:25.000, anno 1980

Un analogo confronto può essere fatto su levate topografiche ancora più antiche, quale il comprensorio rilevato da una *Carta Topografica e Idrografica dei contorni di Napoli*, in Scala 1:25.000 approntata tra il 1839 e il 1850 (Coll. Vladimiro Valerio), la minuta di campagna *Dintorni di Napoli* I.G.M. del Foglio n. 6 Nola in Scala 1:25.000 (1875-1876), la Tav. IV N-O del Foglio 185 della Carta d'Italia in Scala 1:50.000 degli anni 1889 e 1896.



FIGURA 35 : Carta Idrografica e Topografica
 dei Dintorni di Napoli Nola 1817-1860



FIGURA 36: Particolare dal Foglio N°185
 della Carta d'Italia Tav. IV Nola 1909

In queste cartografie sono messe in risalto le località poste in pianura recanti toponimi collegati ad un'attività di cava sotterranea (Buca, Monte, Taglia) o, ancora, i precedenti areali, più marcati e definiti, posti in vicinanza di un'unica arteria stradale (rotabile Nola-Casamarciano-Schiava), riferentisi a modifiche della superficie topografica locale.

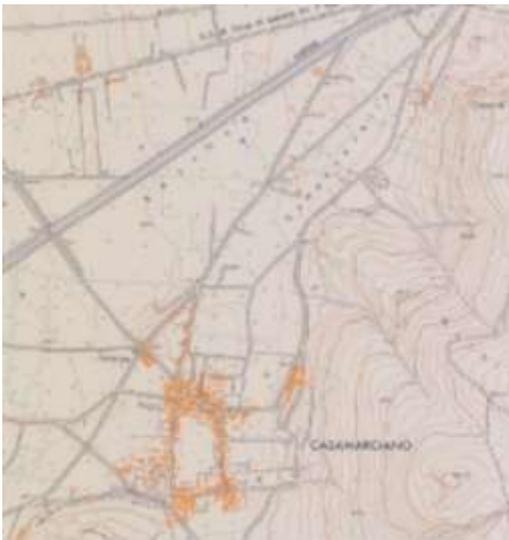


FIGURA 37: Foglio 15 CTP10K (1965)

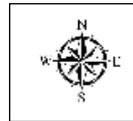


FIGURA 38 : Foglio N. 448071 CTN25K (1998)

Nelle rappresentazioni successive della cartografia di area, consistente nella - 1) Carta Tecnica Provinciale realizzata dalla STR di Napoli su levata del 1965 Foglio 15 in Scala 1: 10.000, - 2) Carta Tecnica Provinciale Cpt25K in Scala 1: 25.000 Foglio 448 derivata dalla Cpt5k, - 3) la Cartografia Tecnica Numerica del 1998 in Scala 1: 25.000 Elemento N. 448071, infine, le aerofotogrammetrie comunali, le cancellazioni dei luoghi di coltivazione riguardano alcune aree cavate a fossa, riempite e l'occultamento di vecchie superfici in dissesto a seguito di interventi edificatori.

Il dedalo di gallerie sotterranee, di cui le bocche-cava sono solo l'espressione superficiale, risulta oggi sempre meno ispezionabile per la presenza di stratificazioni successive che, in più casi, hanno parzialmente oscurato gli indizi dell'antica attività estrattiva, con interventi nel sottosuolo (uso di fondazioni

indirette di manufatti, realizzazione di pozzi d'acqua, sversamenti di inerti e scarti edilizi), che sono stati gradualmente la causa di ostruzioni o interruzioni, nei suoi assi centrali e diramazioni, del sistema sotterraneo.

La memoria storica di queste aree, tuttavia, riemerge puntualmente in occasione di vari interventi di pianificazione territoriale (edilizia pubblica e privata, PUC, PIP, PEEP, lottizzazioni convenzionate), nel corso dei quali diventano sempre più raffinate ed efficaci le indagini geologiche e geofisiche per l'individuazione del letto ed il letto di un vuoto sotterraneo (Figura 39).

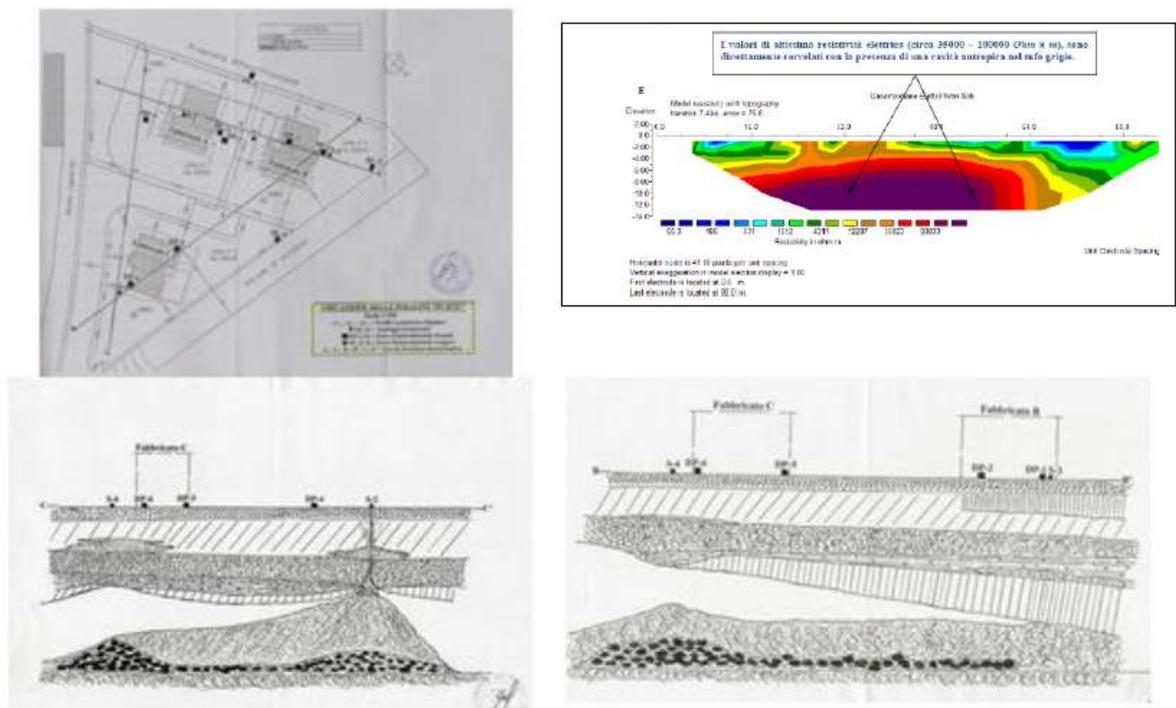


FIGURA 39 : Indagini geologiche e geofisiche in un sottosuolo interessato da cavità sotterranee ed interpretazione di una sezione geologica-tecnica derivante dall'interazione dei dati (Caccavale G., 2004)

Fino ad una trentina di anni fa, le indagini speditive e economiche per rilevare la presenza in zona di cavità tufacee erano la sismica a rifrazione o la geoelettrica tradizionale, nello specifico, l'inversione dei tratti dromocronici (diminuzione della velocità delle onde longitudinali V_p) o l'aumento anomalo della resistività (anche di decine di migliaia di $\text{Ohm}\cdot\text{m}$) denunciava l'esistenza del sottosuolo di strati "più lenti" o "di vuoti" ma, in questi casi, non era

possibile quantificare l'estensione orizzontale e verticale dello strato sismico o poco conduttivo di interesse. L'individuazione di una cavità sotterranea è nella maggioranza dei casi dovuta al manifestarsi di un dissesto. La ricerca di cavità sotterranee su un territorio andrebbe sempre condotta, in via preventiva su griglie di indagine disponendo di metodi di investigazione affidabili per tutti i tipi di cavità, dai temibili cunicoli in pozzolana alle grosse cavità in tufo e, tenuto conto dell'estensione del problema, di costo relativamente basso, come quelli elencati nella seguente Tabella 5:

INDAGINI DIRETTE	INDAGINI INDIRETTE
<ul style="list-style-type: none">- con soli sondaggi geognostici- con sondaggi guidati (indagine televisiva in foro ed indagine speleologica)	<ul style="list-style-type: none">- metodo gravimetrico- metodi geoelettrici (tomografie ERT)- indagini con georadar- metodi sismici (tomografie 2D, sismica in foro)

TABELLA 5 : Metodologie di indagine per la ricerca di cavità sotterranee

I metodi geoelettrici (tomografie ERT) ed i metodi sismici (tomografie GRM), applicati su siti con presenza di vuoti sotterranei, anche parzialmente riempiti, conducono oggi a risultati più che soddisfacenti per l'individuazione rispettivamente di "trappole di resistività" o "cupole sismiche", con restituzioni geofisiche in 2D -3D del sottosuolo per l'ubicazione delle indagini dirette.

La complessità ambientale, tuttavia, richiede di volta in volta una opportuna progettazione e programmazione delle indagini con un'attenta scelta delle varie metodologie disponibili, in funzione della realtà urbanistica, geologica e idrogeologica locale, nello specifico, si sottolinea che la necessità di operare in area urbana, come nella geometrizzazione dei cavi sotterranei, determina una serie di difficoltà logistiche e vincoli. quali quelli urbanistici, delle reti idriche ed elettriche e, per le indagini di tipo geofisico, anche la presenza di diverse

fonti di disturbo da parte di correnti vaganti e il cultural noise (attività antropica, traffico veicolare).

L'approccio al problema è ancora oggi argomento di dibattito ma, in linea di massima, si osserva che, se si posseggono gallerie e geometrie ben definite di questi cavi, con diramazioni ortogonali ma rettilinee ed a sezione circolare, l'alto numero di sondaggi necessari per una ricostruzione dell'andamento planimetrico dei vuoti può essere fortemente ridotto dall'impiego di indagini televisive in foro e speleologiche.

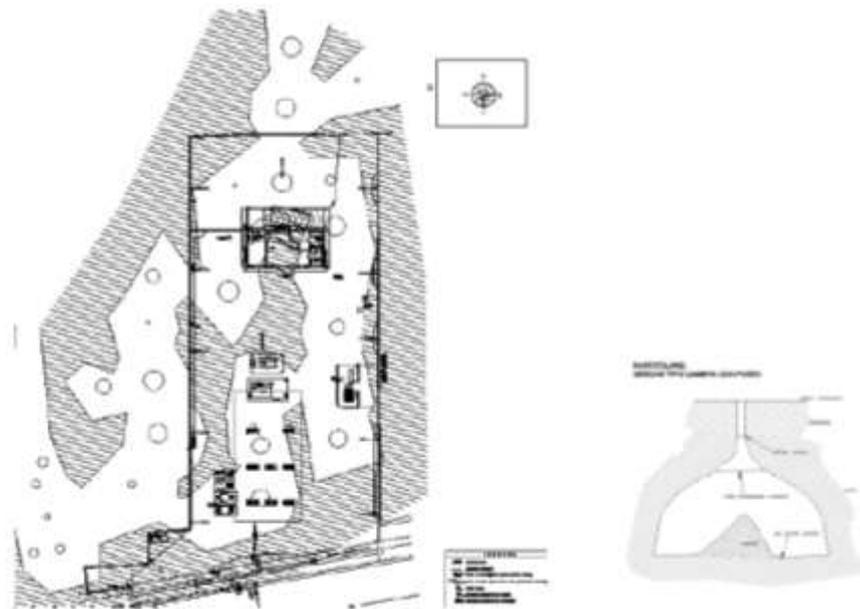


FIGURA 40 : Rilievo Planimetrico e Topografico di una cavità tufacea sita nel
Comune di Casamarciano (Na) SS.7bis (da Bocchino, 2009)

Prima variante (indagine televisiva in foro):

Nel sondaggio che ha incontrato il vuoto viene calata una telecamera (o un periscopio) munita di un proiettore di luce, con questa si ispeziona il vuoto all'intorno del foro individuando così la forma del vuoto stesso ed il suo sviluppo entro il campo di visibilità della telecamera. Si determina in superficie la direzione (o le direzioni) di massimo sviluppo visibile e l'entità dello

sviluppo stesso: in quella direzione ed alla distanza stimata si esegue un secondo foro che incontrerà nuovamente il vuoto; si cala in questo secondo foro la telecamera e si eseguono analoghe determinazioni, quindi, si ubica un terzo foro e così via. Nel caso si individui un incrocio di vuoti si esegue un sondaggio su tale incrocio, si ispeziona con la telecamera la nuova diramazione e se questa prosegue si ubica un nuovo sondaggio e così via. Con questa tecnica, sarebbe possibile effettuare una determinazione dell'andamento delle gallerie con lo stesso numero di sondaggi, ad esempio 10, che invece sarebbero pochi se fossero ubicati a caso. Nel caso le gallerie fossero piene d'acqua è possibile sostituire il sistema di telecamere con un sistema sonar ad ultrasuoni ed operare analogamente.

Seconda variante (indagine speleologica):

Se i vuoti sono sufficientemente sicuri per l'accesso di operatori, il primo sondaggio che ha trovato il vuoto viene allargato con una tubazione di diametro 600 mm attrezzata con scala fissa. Tramite questo i rilevatori entrano nel sotterraneo e lo rilevano con metodi topografici fin dove è possibile. La zona rilevata viene in tal modo esclusa dalla perforazione di altri sondaggi di ricerca che pertanto vengono concentrati nelle zone ancora da rilevare.

Procedere all'aggiornamento del censimento e del rilevamento puntuale delle cavità e dei segni e forme riconducibili a quelle interrate e/o eliminate consente di mettere in luce l'entità, lo stato e la distribuzione territoriale delle stesse, il grado di alterazione del sottosuolo rappresentando il primo intervento per la valutazione del rischio potenziale.

Il database di partenza è stato quello prodotto dal C.I.R.A.M. nel 2002, tuttavia, è stato necessario operare un distinguo di tutte le informazioni disponibili, soprattutto per il territorio comunale di Casamarciano (Na) dove risultavano censite alcune grotte-cantine e dissesti puntuali e areali non ben individuati,

imputabili all'apertura di voragini in corrispondenza di accessi ad ignote cavità o varietà di subsidenze interessanti il sistema di cavità ipogee.

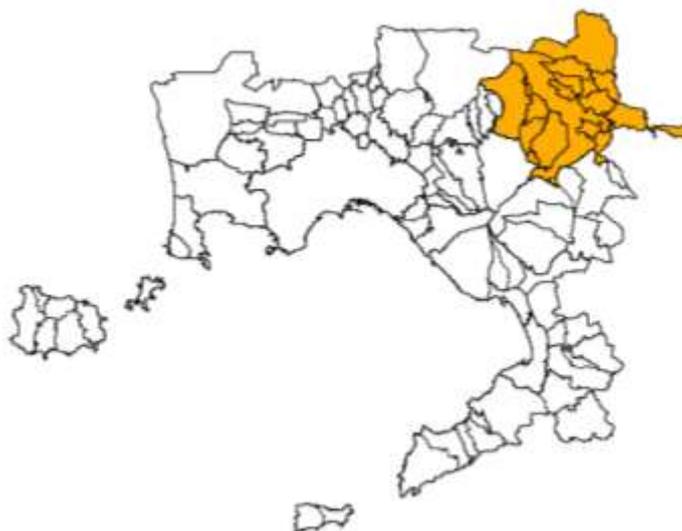


FIGURA 40-a) : PERIMETRAZIONE AMMINISTRATIVA DELL'AMBITO 5 AREA NOLANA

NUMERO DI CAVITÀ CENSITE E RILEVATE								
Cod. Istat	Comune	Cavità Censite			Cavità * Rilevate	Piante	Sezioni	Foto
		anteriore anno 2000	anno 2001	Totali				
002	Afragola	336	0	336	328	501	709	0
004	Anacapri	0	16	16	0	0	0	0
005	Arzano	155	5	160	5	5	9	9
006	Bacoli	0	15	15	1	1	0	1
007	Barano	0	24	24	0	0	0	0
011	Caivano	214	5	219	14	20	17	12
013	Camposano	0	1	1	1	1	0	0
014	Capri	0	8	8	0	0	0	0
016	Cardito	126	23	149	64	71	103	50
017	Casalnuovo	5	0	5	5	5	4	0
018	Casamarciano	0	32	32	0	0	0	0
019	Casamicciola terme	0	7	7	0	0	0	0
020	Casandrino	22	6	28	6	6	10	5
021	Casavatore	1	0	1	0	0	0	0
022	Casola di Napoli	0	1	1	1	1	3	2
023	Casoria	65	19	84	19	19	7	19
027	Cicciano	0	20	20	6	6	6	0
029	Comiziano	0	8	8	5	5	2	6

Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo

060	Pozzuoli	0	14	14	11	21	13	9
061	Procida	0	52	52	3	6	5	13
062	Qualiano	0	3	3	0	0	0	0
065	Roccarainola	0	11	11	1	1	0	0
073	Sant'Antimo	61	0	61	53	54	35	0
078	Serrara Fontana	0	68	68	0	0	0	0
084	Torre del Greco	0	3	3	0	0	0	0
085	Tufino	0	14	14	7	7	4	10
087	Villaricca	0	12	12	8	8	13	0

NUMERO DI ACCESSI DELLE CAVITA						
Cod. Istat	Comune	N° cavità	N° Accessi	Stato		
				accessibile	non accessibile	sconosciuto
002	Afragola	336	339	264	40	35
004	Anacapri	16	16	4	7	5
005	Arzano	160	160	5	0	155
006	Bacoli	15	15	14	0	1
007	Barano	24	25	24	1	0
011	Caivano	219	219	54	11	154
013	Camposano	1	1	0	1	0
014	Capri	8	9	0	1	8
016	Cardito	149	149	50	23	76
017	Casalnuovo	5	5	1	0	4
018	Casamarciano	32	32	0	0	32
019	Casamicciola terme	7	7	3	1	3
020	Casandrino	28	28	6	1	21
021	Casavatore	1	1	0	0	1
022	Casola di Napoli	1	1	1	0	0
023	Casoria	84	84	23	12	49
027	Cicciano	20	20	4	2	14
029	Comiziano	8	8	5	1	2
030	Crispano	67	67	1	0	66

061	Procida	52	52	3	48	1
062	Qualiano	3	3	0	2	1
065	Roccarainola	11	11	3	0	8
073	Sant'Antimo	61	62	28	13	21
078	Serrara Fontana	68	68	53	11	4
084	Torre del Greco	3	3	0	0	3
085	Tufino	14	14	9	2	3

Figura 41 : Estratti della Banca Dati del Progetto del C.I.R.A.M. sulle cavità del sottosuolo della Provincia di Napoli, dove si riportano le cavità censite nei vari comuni dello hinterland (quelli in rosso, ordinati secondo il codice ISTAT, sono di nostra attenzione).

Da quella prima attività di ricerca, emerge in maniera evidente che la disomogeneità dei dati disponibili sulle cavità dipendeva anche dalla procedura di acquisizione, sorretta peraltro dalla maggiore o minore disponibilità degli Enti Locali e delle popolazioni a farsi carico del problema.

La notevole quantità di dati resi disponibili dall'attività di rilevamento e ricognizione sul campo ha permesso di conoscere con maggiore precisione l'incidenza del problema, acquisendo:

- numero e densità di cavi presenti sul territorio in studio:

- caratterizzazione generale di diversi ipogei e dimensioni degli elementi strutturali (tipo di ipogeo, presenza di rami laterali, profondità, larghezze e altezze degli ambienti);

- condizioni litostratigrafiche, idrografiche, idrogeologiche, tettoniche delle aree esposte alla presenza dei sistemi ipogei;
- caratteristiche geotecniche generali dei terreni fra la calotta e la superficie topografica;

- caratteristiche geotecniche dei terreni nell'intorno dei pozzi di accesso;

- stato di conservazione ed entità dei fenomeni evolutivi di degrado nello intorno dei pozzi di accesso e nell'alterazione meccanica della calotta e dei piedritti della cavità;

- azione dovuta alla presenza di diversi sovraccarichi, quali arterie stradali, manufatti abitativi).

3.2.2 ATTIVITA' DI CAMPAGNA

La conoscenza e distribuzione dei punti-cava sui territori in studio così come la loro organizzazione in sistemi singoli (cavità isolate) o in serie (reticolo caveale) rappresentano un valido supporto alla definizione dello stato di alterazione di un sottosuolo che, nella maggior parte dei casi, viene esplorato con le più svariate ed attuali metodiche.

L'investigazione diretta delle cavità antropiche (speleometria) è senza alcun dubbio la metodologia di indagine più idonea per la ricostruzione topografica e geometrica di questi sistemi ipogei, dal momento che, solo in quelle circostanze, è possibile fornire indicazioni cartografiche, fotografiche e televisive,

sull'esistenza di aree soggette a maggiori criticità strutturale e da destinare ad interventi di risanamento.

In assenza di testimonianze scritte o di dati di scavo, può essere non sempre agevole datare l'escavazione degli ipogei nei banchi di tufo, questo perché le tipologie delle cavità e le modalità di estrazione, nella maggior parte dei casi si ripetono, infatti, invariate, anche a distanza di secoli.

Bisogna aggiungere che le stesse cavità antropiche-cantine, collocate in tempi e momenti diversi, conservano l'impronta del cavamonte incaricato di realizzarle il quale, non essendo sempre dell'Agro Nolano (si viene a conoscenza di maestranze provenienti dalla vicina Avella, Sperone, Frattamaggiore, Cava dei Tirreni e la stessa Napoli), poteva adottare le tecniche di estrazione maggiormente "collaudate dalla sua esperienza" e adeguate alla "qualità del tufo" da lavorare, finanche a "progettare e modulare lo sviluppo evolutivo dell'ipogeo" in modo differenziato a seconda delle necessità ed all'uso che nell'immediato doveva farsene.

Esempi chiari possono essere forniti da una cava dismessa presso la parrocchiale di Gallo di Comiziano, dalla cavità-cantina sita alla località Taverna di Casamarciano e dalla cavità Galeota sita alla Via Palazzo dei Conti in Tufino.

La prima, appartenente al Duca Carignani di Napoli, attualmente ostruita da accumuli di detriti che impediscono l'accesso, benché dismessa sin dal 1906, allorché venne individuata come potenziale sito di sversamento dei materiali eruttati dal Vesuvio (AGC, 1861-1942, n.340) con un'altra in Contrada "Arena" (ACC LL.PP., Cat. X classe XII, fasc.lo Cave e Miniere), fu coltivata interamente con il metodo "a galleria", inoltre, dalla documentazione fotografica superstite realizzata negli anni Sessanta (Avella L., 1998 p. 1440 Figg. 2604-2605-2606-2607), è possibile osservare, oltre ai segni lasciati dagli strumenti utilizzati per l'escavazione, un'immagine della parete destra della cava di tufo con la presenza di un'incisione rettangolare segnata per avviare lo scavo di un ambiente o di una galleria, poi non più eseguito ma, di sicuro, opportunamente

calibrato in vista di nuove e richiesti prelievi di materiale di buona qualità (Figura 42).

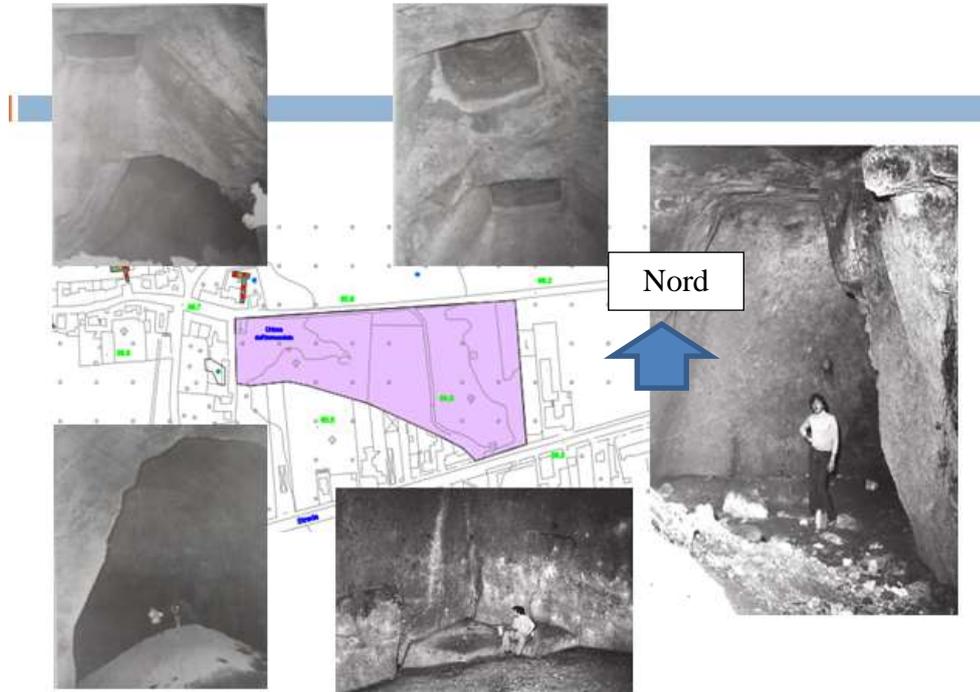


FIGURA 42: Antiche Foto della Cava Carignani, Gallo di Comiziano (Na), in Avella, 1998

La cavità situata in località "Taverna", coincidente con le antiche "Grotte, o' sia cantine e cellaro per riponer il vino" del soppresso Monastero dei Verginiani di Casamarciano (Napoli) e attualmente con un soprassuolo occupato da un parco residenziale, ancora ispezionabile per circa 900 m² escludendo un tronco parzialmente occultato per una superficie di 200 m² nella direzione della S.P. Nola-Casamarciano-Schiava, si sviluppa all'inizio secondo una navata centrale a partire dalla fine della rampa in discesa, con tre ulteriori rami che, formando un vero e o proprio incrocio, si intersecano quasi ortogonalmente e dove l'ultimo ramo diventa inaccessibile (Figura 43).

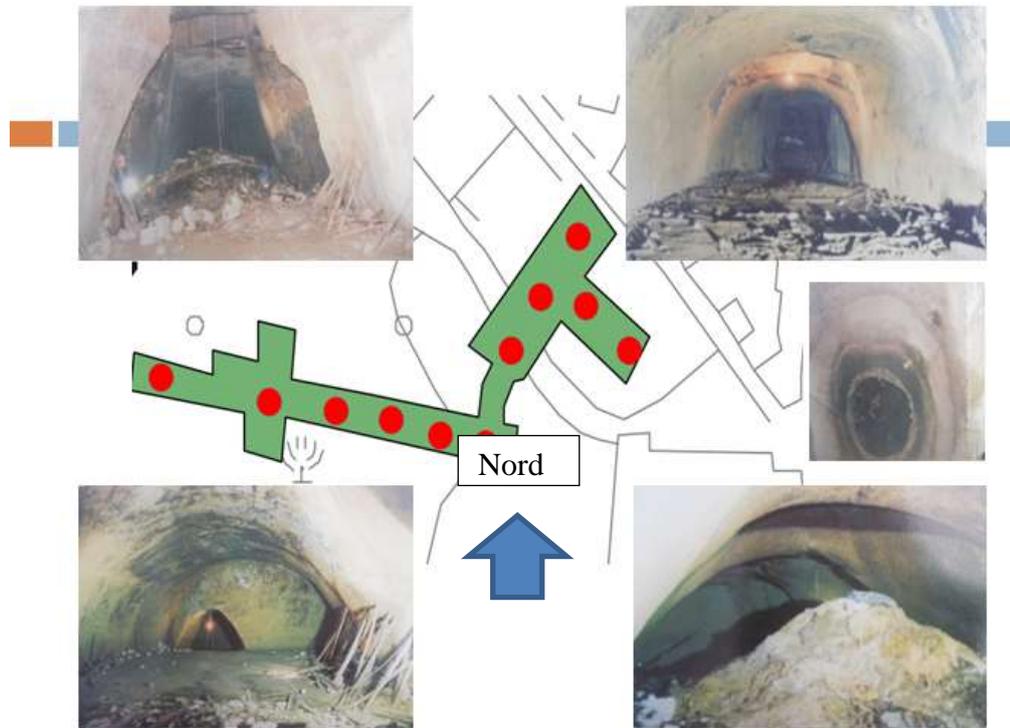


FIGURA 43 : Cavità situata in Località “Taverna”- Casamarciano (Na)

Le dimensioni dello scavo, come dai rilevamenti topografici in loco (Spizuoco A., 2003), non presentandosi uniformi a seguito di una differente e non identica geometria dell'intradosso della sezione trasversale per l'intero sviluppo, variabile in modo significativo anche nei rami secondari, acclarerebbe l'ipotesi di maestranze diverse che avrebbero operato nella cava in tempi diversi.

La cava Galeota, posta a sud-est del centro abitato di Tufino, si sviluppa secondo ambienti aventi una sezione differenziata, che va dalla più antica trapezoidale (galleria) a quella parabolica recente (archi a tutto sesto), con altezze delle volte che rimangono sostanzialmente costanti (Figura 44).

Ne deriva che i sistemi di attacco verticale ed orizzontale adottati nell'ammasso tufaceo possono essere certamente attribuiti all'impiego di maestranze specializzate esterne del XIX secolo, napoletane o del vicino retroterra, ma con la rivisitazione successiva degli ambienti da parte di cavamonti locali per necessari prelievi di materiale solo lungo i pilastri (quartatura).

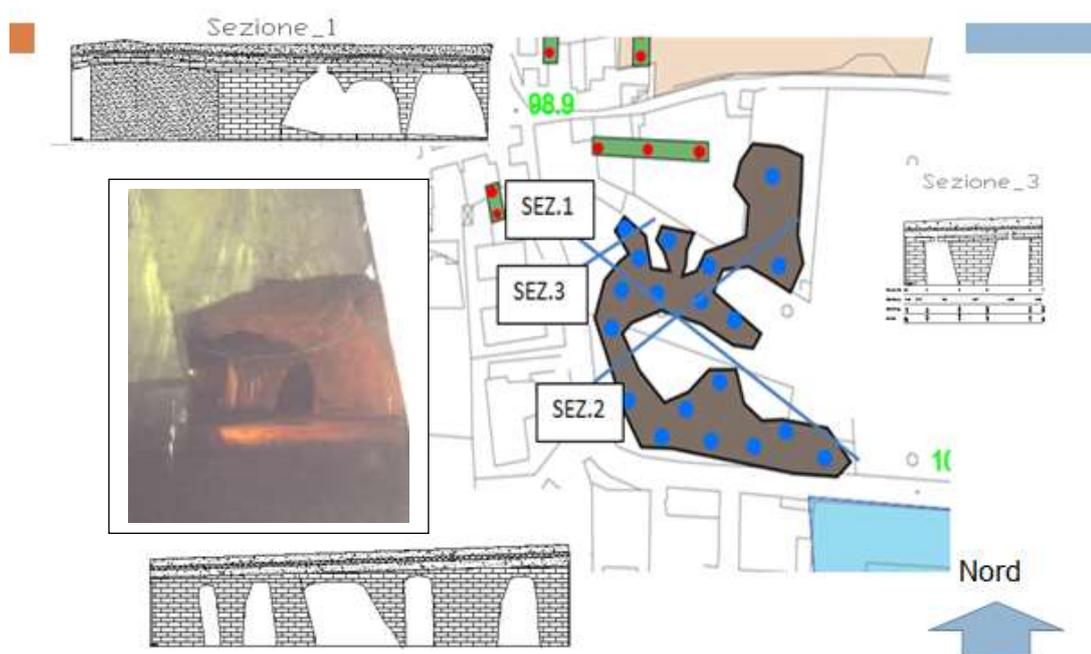


FIGURA 44 : Cavità Galeota situata in Via Palazzo dei Conti - Tufino (Na)

Se per molti versi, le cavità aperte all'interno dei centri abitati, furono sì al soldo della costruzione delle "case palaziate" del ceto aristocratico locale e della fermentazione delle uve delle proprie terre o, ancora, furono determinanti nel secolo XX per la veloce conurbazione tra gli antichi quartieri di Casamarciano (Cavità Carraturo su Via Roma ex Via Casa Cola e Cavità Russo con Cavità Di Buono su Corso Raffaele Napolitano (ex via del Cerquone), le cave aperte lungo gli assi viari menanti verso Nola furono impiegati nel secolo XIX per la edificazione di strutture militari della Città (Quartiere della Cavalleria) o per la ricostruzione, così come in tanti paesi del Regno di Napoli, di importanti edifici religiosi danneggiati dal terremoto del Molise del 26 luglio del 1805 (Campanile e Antica Cattedrale, Seminario Vecchio e Soppresso Monastero di San Paolino). come emerge dagli Atti Notarili e Amministrativi custoditi nell'Archivio di Stato di Caserta:

-"...le Cave di Pietra Tufo, ove si incontrano cavi sotterranei]..... sono il risultato delle estrazioni per fabbricare, fatte nel corso di tanti anni, non solo per la costruzione degli edifici nolani e, specialmente del gran Quartiere di Cavalleria, ma ben anche per quelli costruiti in diversi Comuni del Distretto [di Nola]" [dall'Ufficio della Corrispondenza della Direzione Generale di Ponti e Strade a firma dell'Ing. Abate a Sua Eccellenza Segretario di Stato e Ministro degli Affari Interni in Napoli in data 17 Giugno 1817, Intendenza Borbonica, Affari Comunali, Nola Contenzioso Amministrativo, b.1179-1180 aa. 1819-1823];

-"...la fabrica di pietre [del Campanile e della Cattedrale, su disegno dell'architetto Carlo Praus, tavolario di Casa Reale] si fa' di Casamarciano,..." [dall'Istrumento di Appalto di Fabriche, Gennaro Ruopoli, Atti Notarili, n. 134, a. 4 Febbraio 1806];

-"...Orsola Pugliese del Comune di Casamarciano,...dovendosi costruire delle fabbriche nell'abolito Monistero di San Paolino di Nola, ivi si condusse a trasportar le pietre [di tufo], onde poter avere il salario giornaliero" [ASC, Intendenza Borbonica, Affari Comunali, Casamarciano, b. 1177, aa. 1809-1814]

Sulla forma, geometria e stato delle cavità tufacee del Nolano si sono acquisiti dati interessanti nelle aree di Casamarciano e Tufino dove il rilievo speleologico ha costituito il primo passo nella ricerca di responsabilità penali per alcuni gravi dissesti insorti su un cantiere in allestimento (S.P. Nola-Schiava) o nell'edificabilità di un soprassuolo (Contrada Cesina).

Gli accessi a queste particolari aree sono sempre impegnativi (dalle bocche con discesa e progressione in corda, a raso da anfratti in aree sprofondate) o più morbidi (discenderie con gradini discontinui o per lunghi tratti inesistenti), in ultimo, la presenza negli ambienti di cumuli di terra e massi (residui della estrazione e lavorazione del tufo) crollati dalle volte e dagli spigoli possono impedire l'accesso ad ambienti laterali stessi delle cavità.

Nello specifico, si tratta di ambienti sotterranei, ai margini dei due centri abitati, che si sviluppano in aree agricole poco frequentate, alla base di modesti rilievi collinari (De Luzio, 2004) o su aree edificate (Bocchino, 2010; Cozzolino, 2012).

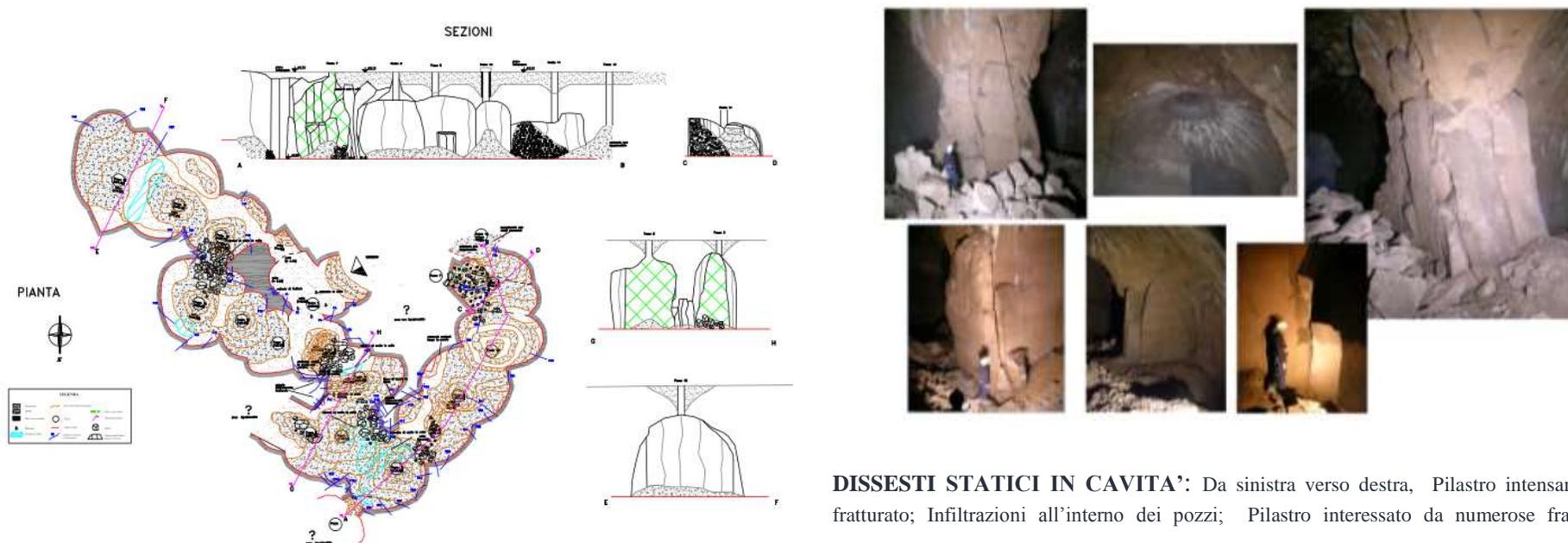
Lo sviluppo di queste cavità, alcune molto estese (4000 m²), si attua secondo più rami lunghi anche un centinaio di metri, le camere possono presentare una sezione da trapezoidale a parabolica, l'altezza media dei tunnel è di 10-13 metri, la larghezza più frequente è di 10 - 12 metri, il piano calpestio si pone a -18/-20 metri dal piano campagna, in ultimo, la stretta contiguità delle camere concorre a creare zone di debolezza strutturale.

Un'indagine strutturale compiuta in questi ambienti, nei quali è stato possibile acquisire una vasta documentazione fotografica (Figure 45, 46 e 47) ed effettuare riprese televisive, ha riscontrato in modo non diffuso - **1) massi in bilico sotto la volta delle cavità** prossime agli imbocchi o negli accessi a raso dove il tufo risente di variazioni di umidità e temperatura non trascurabili che inducono stati tensionali ripetuti nel tempo - **2) presenza di crolli dei rami più estremi** causati dal cambio di tenacità dell'ammasso tufaceo e dalle diversità stratigrafiche che si riscontravano nel corso della coltivazione, con un veloce abbandono dei percorsi; - **3) crolli di blocchi tufacei** di alcuni metri cubi staccatisi dall'alto delle cavità con messa a nudo delle ghiaie e sabbie di copertura; - **4) uno stato di fratturazione** che, di fatto, si concentra lungo alcuni pilastri con grosse porzioni di roccia fratturata alla base (*dislocazione*) o per tutta la sua lunghezza sino all'attacco delle volte di tufo (*sfettatura*); - **5) il mancato rivestimento** dei pozzi di accesso che per vari metri attraversano piroclastiti sciolte o moderatamente consolidate, -**6) infiltrazioni d'acqua**, spesso a carattere di stillicidio più o meno intenso, particolarmente concentrato nelle volte più esposte o ben visibili lungo i pozzi; - **7) semplici scollamenti** delle porzioni superficiali ed esposte del tufo lungo alcune pareti delle cavità, a causa di fratture con un andamento parallelo a queste ultime, infine, -**8) presenza di rifiuti** solidi e scarti edilizi.



FOTO DEGLI AMBIENTI

ACCESSO A RASO DELLA CAVITA' ; POZZO DI ACCESSO; POZZO A SEZIONE CIRCOLARE NON RIVESTITO NELLA PORZIONE PIROCLASTICA ED ALLUVIONALE.



DISSESTI STATICI IN CAVITA': Da sinistra verso destra, Pilastro intensamente fratturato; Infiltrazioni all'interno dei pozzi; Pilastro interessato da numerose fratture;

FIGURA 45 : RILIEVO PLANIMETRICO E TOPOGRAFICO DI UNA CAVITA' ANTROPICA

STRADA PROVINCIALE NOLA- SCHIAVA, CASAMARCIANO (NA) da De Luzio, 2004



FOTO DEGLI AMBIENTI, Da sinistra verso destra: Discesa in cavita' con pozzo incamiciato; Stanza di cavita' ostruita; Cumulo di materiale piroclastico misto a rifiuto posto alla base di un pozzo di accesso; Zona di cavita' rilevata

FOTO DEGLI AMBIENTI, a destra, Pozzo di accesso non rivestito; In basso da sinistra verso destra, Panoramica delle varie camere; Collegamento tra due camere e cumuli di detriti; Crolli di blocchi tufacei dalla volta



FIGURA 46 : RILIEVO PLANIMETRICO DI UN SISTEMA DI CAVITA'

CONTRADA "CESINA" Tufino (NA), da Bocchino, 2009



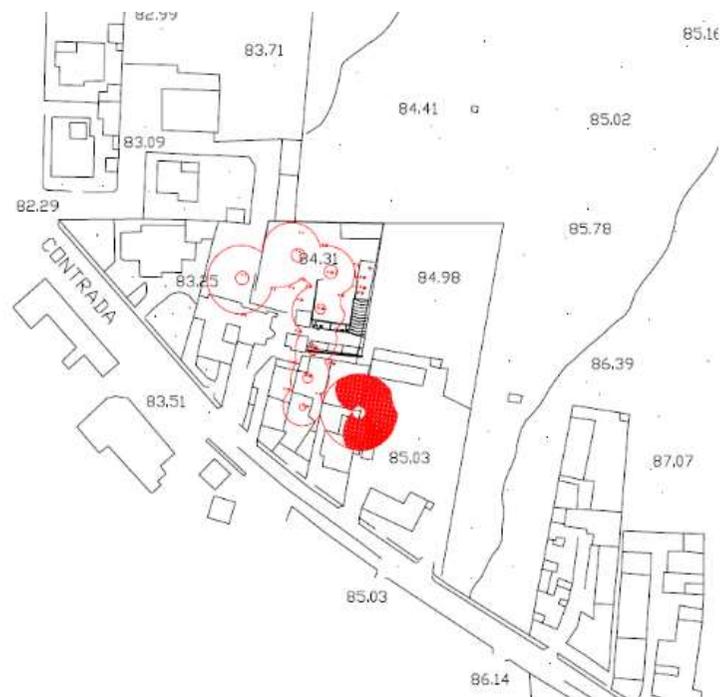


FOTO DEGLIAMBIENTI: da sinistra a destra: Interno della cavità; Particolare dell'occhio di accesso, non rivestito; Sala della cavità con cumuli di terreno; Pozzo di accesso a sezione quadrata, non rivestito; Taglime di cava misto a rifiuti; Particolare del solarino di chiusura dell'occhio realizzato con materiale tufaceo di sbizzo; Pozzo di accesso non rivestito con i segni lasciati dalle candele sulla volta.



FIGURA 47 : RILIEVO PLANIMETRICO DI UN SISTEMA DI CAVITA'

CONTRADA "CESINA" Tufino (NA), da Bocchino, 2009

3.3 MODALITA' DI ACQUISIZIONE E TRATTAMENTO DEI DATI

La fase di acquisizione e di informatizzazione dei dati territoriali ha costituito un momento particolarmente laborioso in vista del loro svariato impiego. A tal uopo, è stato impiegato un palmare GPS Mobil Mapper 6-Sokkia, munito di software per il rilevamento in automatico degli elementi che, anche per la reversibilità e compatibilità grafica, possono essere trattati ed elaborati in ambiente Gis (GPS Manual, 2010).

I dati sono stati georeferenziati e plottati su uno stralcio unione dei fogli nn. 448071, 448074, 448032, 448033 della Cartografia Tecnica Regionale (CTR) Scala 1:5.000, con i seguenti vertici:

Coordinate dei vertici		
Gauss-Boaga		
Vertice	N	E
NO	4535216	2480480
NE	4535194	2484873
SO	4530425	2480480
SE	4530407	2484870

FIGURA 48: Coordinate dei vertice dell'area in studio

La pianificazione integrata di queste attività ha notevolmente migliorato il quadro conoscitivo dell'area, con la redazione di un primo documento di sintesi rappresentato dalla **TAV. 1 : CARTA DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE E DEI RELATIVI DISSESTI DI SUPERFICIE INSORTI NEI COMUNI DI CASAMARCIANO, TUFINO E COMIZIANO (PROVINCIA DI NAPOLI).**

3.4 DISTRIBUZIONE DELLE CAVITA'

Il lavoro di ricerca, supportato dall'analisi della cartografia storica, di una notevole mole di indagini dirette ed indirette eseguite sull'area e dall'accurata rivisitazione dei luoghi di estrazione con gli antichi cavamonti, ha permesso di stimare l'incidenza areale del fenomeno delle cavità e di ricercare giustificazioni sulla diversa distribuzione e stato di conservazione sul territorio.

La vetusta attività di estrazione del tufo attraverso i condotti verticali comunemente noti come "occhi di monte" o "occhi di grotta" ha generato in profondità camere a forma di cupola o di campana con cunicoli di comunicazione, con esigui spessori della volta del tufo.

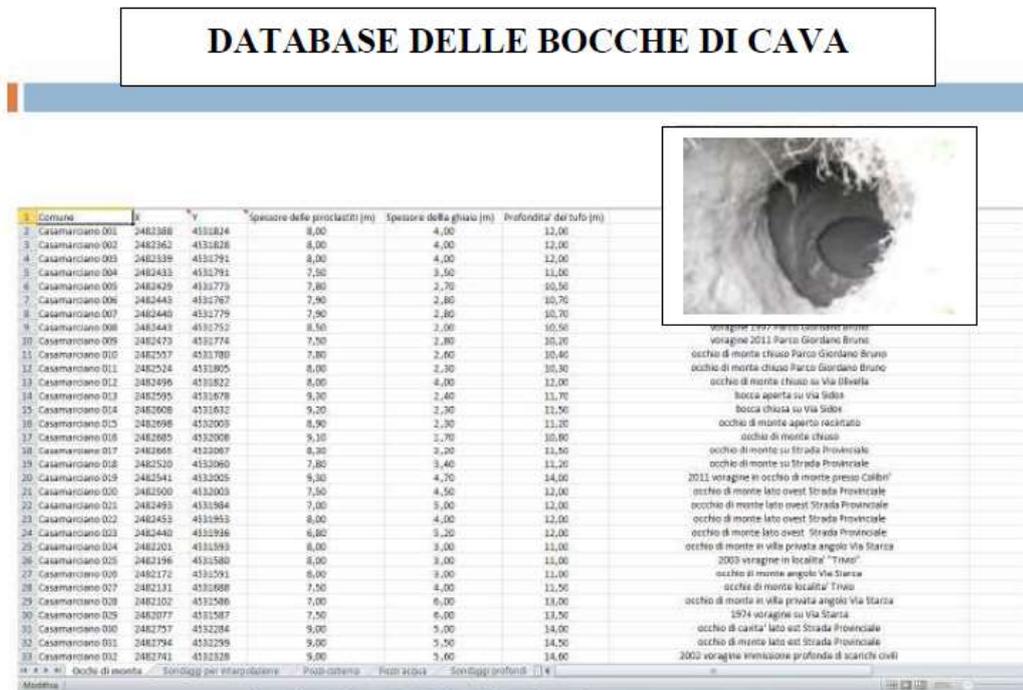


FIGURA 49: Schermata del dataset dei punti di prelievo del tufo

In primo luogo, viene osservata una prevalente concentrazione dei punti cava su lotti terrieri prospicienti gli assi viari esistenti nel XVIII sec., quale la carrozzabile Nola-Casamarciano-Schiava, la Strada Regia delle Puglie (oggi Regio Abolito), la carrozzabile Epitaffio di Schiava-Vignola e, in misura minore, sull'attuale strada Statale 7/bis completata solo nel 1841.

La ragione di questa collocazione è stata soprattutto -di convenienza tecnico-commerciale, ossia favorire velocemente il trasferimento del materiale cavato dalla zona di recupero al suo luogo di impiego, in secondo luogo, -di ordine stratigrafico e finalizzata a raggiungere la formazione tufacea in facies gialla, litoide e facile da estrarre, lì ove fosse a profondità modesta o/e sottoposta ad uno minor spessore della coltre piroclastico-alluvionale.

Alcuni siti di prelievo, collocati ad ovest, ossia al confine con il tenimento di Comiziano e a nord, ossia al confine con il territorio di Tufino, furono iniziati e sospesi negli anni 40-50 del secolo scorso per l'inattuabilità degli intenti, il primo a causa della presenza di una falda superficiale che imbibiva quasi completamente l'ammasso tufaceo, il secondo, per l'esiguità dello spessore da coltivare, peraltro, fortemente inquinato da depositi sabbioso-ghiaiosi di natura alluvionale.

Le bocche di cava sono ben visibili nelle campagne, a differenza di altre che risultano non accessibili, occluse o totalmente colmate e rimodellate, inoltre, parte di quelle visibili sono state recintate con palizzate e rete metallica e ancora, in assenza di qualsiasi rivestimento presentano evidenti segno di dissesto di varia estensione, come si rileva dalle Figure 50 e 51. Queste antiche aperture comunicano in profondità con sistemi ipogei più o meno sviluppati la cui importanza è legata alla maggiore o minore concentrazione degli accessi.

COMUNE	N. CAVITA'	N. ACCESSI	STATO DELLE CAVITA' ANTROPICHE						
			Rilievo osservativo			Rilievo conservativo			
			ispezionabile	Non ispezionabile	Sconosciute	Aperte	Chiuse	Riempite in parte	dissestate
CASAMARCIANO ISTAT 063018	217	10	20	197	10	25	104	56	32
COMIZIANO ISTAT 063029	36	-	5	29	2	10	9	11	6
TUFINO ISTAT 063085	174	37	37	78	59	30	30	86	28

TABELLA 6 : Accessibilità alle cavità antropiche esterne agli abitati



FIGURA 50 : Stato Esterno delle bocche di cavità abbandonate



FIGURA 51: Stato interno delle bocche delle cavità abbandonate

Nell'ambito di questi sistemi caveali si possono riconoscere quelli più antichi dai quali il tufo, una volta staccato in profondità con attrezzi idonei (smarra, cunei di ferro, zeppe di legno) veniva portato in superficie con argani manuali (piccola ruota) e quelli del secondo dopoguerra con l'impiego degli animali da soma (ruota dentata) che offrivano grandi e veloci recuperi del materiale.

I due metodi di coltivazione dell'ammasso tufaceo, di per sè, inducono azioni differentemente invasive nel sottosuolo, giacché il primo metodo operava con sistemi di attacco più regolari con cavità a campana accostate (bocche in reticolo) e piccole (diametro ed altezza 10-12 m), il secondo sistema attuava ampi scavamenti e cunicoli di collegamento (diametro 18 - 24 m ed altezze > 15 m), testimoniati da punti di accesso disposti in superficie in modo disordinato (bocche spaiate) con una tenuta geostatica che era affidata alla capacità di resistenza di pochi pilastri.

Una volta smessa l'estrazione del tufo, si passava al riempimento con materiale poligenico costituito da scarti di edilizia.

La fase della ruota dentata, protrattasi nel Nolano fino all'emanazione dei provvedimenti proibitivi dello sfruttamento del tufo in sotterraneo, permise una cospicua estrazione di questo materiale lungo i fondi terrieri a lato della Strada Statale 7/bis (Casamarciano-Comiziano).

Alcune di queste superfici furono impiegate negli anni '90 per l'estrazione di pozzolana, sabbia e ghiaia calcarea ed a cui seguirono lenti interventi di ricostituzione ambientale.

3.5 LE GROTTI- CANTINA

La nutrita presenza di cavità ipogee negli abitati di Casamarciano, Comiziano e Tufino è dovuta al fatto che l'approvvigionamento dei materiali da costruzione necessari alla costruzione di fabbricati nobiliari o masserie padronali avveniva, ove possibile, in loco (Lucci, 1991).

Quest'ultima soluzione, preferita anche per destinare l'uso delle stesse agli impieghi più vari (cisterne, cantine), permetteva di lasciare in volta alcuni metri di spessore della roccia tufacea, per il suo autostentamento, in genere, 1.5 m- 2.0 m. Le cisterne, non rientranti in questo studio, sono state ininterrottamente utilizzate fino agli anni Trenta del secolo scorso allorché venivano riempite a Comiziano e Tufino con l'acqua fatta giungere da Avella attraverso canali aperti disposti lungo le principali vie di comunicazione.

Le grotte-cantina, sempre al servizio di fabbricati nobiliari, privati o masserie padronali, venivano corredati di lunghe discenderie di accesso (in genere, 2-3 rampe con pendenza del 15% poste a 90° o 180° fra di loro), successivamente, le canne di pozzo approfondite fino al bancone tufaceo per la sua coltivazione, una volta ricondotte ad una sezione quadrata, per essere impiegate per l'areazione ed il filtraggio della luce solare venivano rivestite lungo le pareti in muratura di tufo (Figura 52) e dotate di una protezione esterna variegata, come un muro con grata in ferro, pilastri angolari confluenti in sovrastante volta a vela, a falde con struttura in legno.



FIGURA 52: Pozzi di areazione (Foto Caccavale, 2011)



Il database contiene una sessantina di schede descrittive di tutti gli ipogei riportandone l'ubicazione, la legittima proprietà, coordinate geografiche dell'ingresso e delle bocche (Figura 53), inoltre, le caratteristiche planimetriche, geometriche ed un ampio dossier fotografico e descrittivo allegato alla presente Tesi (Documentazione N. 3)

G	H	I	J	K	L	M
1	2	3	4	5	6	7
Ubicazione	Proprietà	Coordinate geografiche dell'ingresso		Quota Topografica m. slm	Sviluppo in pianta	Sezione della cavità
Via Roma, 41	Virtuoso	40° 55' 49.39" N-14° 33' 17.92" E		82,00	rettangolare	parabolica
Via S. Maria, 9	Prudente	40° 55' 57.90" N-14° 33' 17.09" E		75,00	quadrata	parabolica
Corso Raffaele Mercogliano, 55	Russo	40° 55' 54.22" N-14° 33' 10.54" E		74,00	quadrata	parabolica
Via Cavalier Michele Barone, 23	Fusco	40° 56' 03.00" N-14° 33' 12.70" E		70,00	rettangolare	parabolica
Corso Raffaele Mercogliano, 30	Di Buono	40° 55' 53.98" N-14° 33' 07.18" E		72,00	rettangolare	parabolica
Via Nola, 3	Molisso ex Barone	40° 55' 53.76" N-14° 33' 07.68" E		69,00	rettangolare	trapezia
Via Roma, 30-58	Carraturo	40° 55' 50.48" N-14° 33' 15.13" E		79,00	rettangolare	parabolica
Via Emilio De Feo, 6	Carraturo	40° 55' 49.09" N-14° 33' 12.36" E		78,00	A forma di T	parabolica
Via Circumvallazione-Via Taverna	Tortora	40° 56' 00.43" N-14° 33' 07.56" E		66,00	A forma di L	parabolica
Via Cavalier Michele Barone, 11	Napoli-Sagnuolo	40° 56' 01.59" N-14° 33' 12.40" E		70,00	A forma di T	parabolica
Via Cavalier Michele Barone, 37	Napolitano Ex D'Elia	40° 56' 01.51" N-14° 33' 16.12" E		71,00	A forma di V svesata	parabolica
Via Nazionale delle Puglie, 190	Ferone	40° 56' 49.98" N-14° 34' 12.88" E		115,00		
Via Nazionale delle Puglie, 198	Mercogliano	40° 56' 49.75" N-14° 34' 13.88" E		116,00		
Via Municipio n.3-Piazza Gragnano	D'Arienzo	40° 57' 19.55" N-14° 33' 13.21" E		97,00		
Via Alcide De Gasperi,14	Palace	40° 57' 20.31" N-14° 33' 18.63" E		96,00		
Via Garibaldi, 1	D'Arienzo	40° 57' 21.68" N-14° 33' 04.40" E		97,00		
Piazza Umberto I, 12	Silvestri	40° 57' 19.23" N-14° 33' 04.94" E		98,00		
Piazza Rosella, 13	Rosella	40° 57' 17.38" N-14° 33' 52.71" E		98,00		
Via Ugo Foscolo, 7	Cartiario	40° 57' 18.52" N-14° 33' 29.70" E		101,00		
Piazza Vittorio Emanuele III, 10	Ferone					
Via San Bartolomeo, 66	De Cardillis					
Via Papa Giovanni XXIII	Palma					
Piazza Vittorio Emanuele III, 5	Caposito					
Vico Giacomo Leopardi, 8	Galaotolanza					
Via San Bartolomeo, 39	Riacci					
Via Giussepe Carducci, 29	Siniscalchi					
Via Cincinnato, 1	Pallagrino					
Via Cincinnato, 5	Prisco					
Via Campetello	Russo					
Via Eudoro Pa. Mirolo, 17	Moxos, Gialloso					
Via M. N. Virgili	Smiti strobj					

FIGURA 53 : Database delle cavità-cantine con singola scheda di rilievo

Una volta smessa l'estrazione del tufo, si passava al riempimento con materiale poligenico costituito da scarti di edilizia. L'ampia diffusione di queste grotte, distribuite nei tre centri abitati e frazioni annesse, si inquadra nell'intensa e tradizionale attività viticola della Terra di Lavoro (Piancastelli M., 2001) che ha caratterizzato l'Agro Nolano fino a più di mezzo secolo fa con la produzione di asprini *rossi*, quali il Piedirosso, Lucagiovanna, Tignitora, Vernotico e asprini *bianchi*, come la Felareghina, che è andata via via scemando per l'introduzione sui terreni della coltura del nocciolo.

Per il modesto tasso alcolico di questi vini asprini (12%-14%), l'incidenza economica di questa produzione può essere acquisita dalla semplice consultazione di un noto Annuario Vinicolo dei primi anni secolo scorso e, in rapporto ad un consumo locale, e' facile pensare che l'attività commerciale garantiva redditi significativi:

Comune	Abitanti al 1922	Produzione annua (hl)
Casamarciano	1822	5.000
Comiziano	1551	4.500
Tufino	2339	5.000

TABELLA 7 : Quantitativi di vino disponibili in alcuni centri del Nolano
VIV- Unione Italiana Vini- A. Marescalchi, Anno III

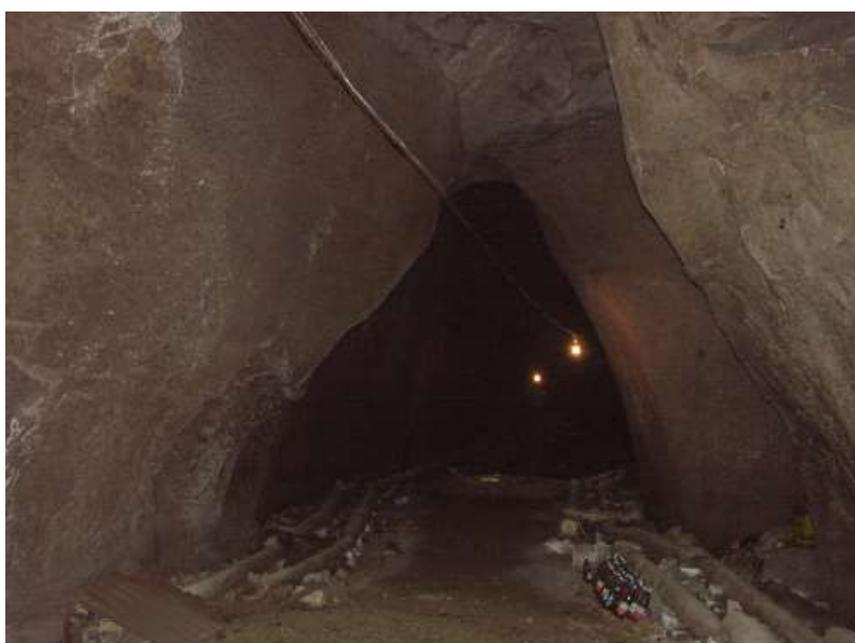


FIGURA 54: Torchio e Botti nella Cantina Napolitano - Casamarciano (NA) (Foto Caccavale, 2011)

Ancora oggi, si possono ritrovare nei locali a piano terra o/e strettamente legati all'antica cantina, i torchi realizzati con tronchi di quercia e, in vicinanza di essi, le vasche di fermentazione o "parmenti" (Figure 54), dove l'uva veniva fatta fermentare e pigiata, ed il mosto direttamente calato giù in grotta attraverso un canaletto a cielo aperto, ricavato in un piccolo corridoio di collegamento con la scala di accesso alla cantina, ed un altro canale scavato all'interno della parete sinistra della stessa scala in modo che nelle grosse botti poggiate nella cantina su robusti muretti in pietra di tufo, l'operazione di travaso fosse diretta e agevole, come si evince dalle Figure 55 e 56.



FIGURA 55 : Alcune Grotte-Cantine dell'Alto Nolano (Foto Caccavale, 2011)



FIGURA 56: : Cantina Molisso (ex-Barone) – Casamarciano (Na) (Foto Caccavale, 2011)

Nei Catasti Onciari di Casamarciano, Tufino e Comiziano, che risalgono alla prima metà del XVIII secolo, compaiono diversi riferimenti ai cellai ed ai torchi esistenti nelle “case palaziate” di proprietà dell’aristocrazia, molti dei quali intestati ai discendenti dei primi possidenti:

Dal Catastu Generale Unitatis Terre Casamarciani (ASN, Onciario, 1755
Volume 2 Atto d’Ordine da 927 a 930),

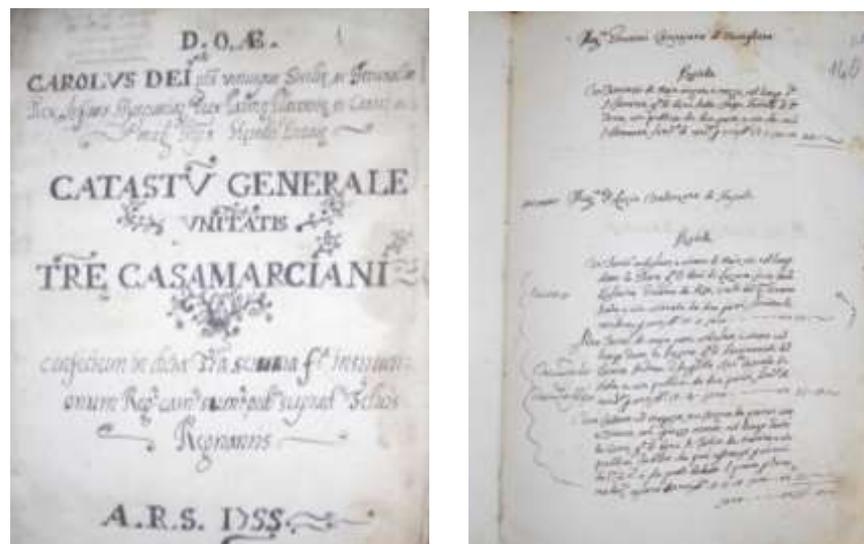


FIGURA 57 : Frontespizio del Catasto Onciario di Casamarciano

"Domenico Napolitano di Francesco (*)

(*) antenato possidente della Cantina d'Elia-Napolitano -Via Cavalier M. Barone n.37, Casamarciano (Na)

- *Abita in casa propria, dippiù e diversi membri superiori, ed inferiori, co(n) cellaro e cerqua da premer vino, ed altre comodità, nel luogo detto "La Piazza", gli altri due suoi beni tiene a cenzo perpetuo dal nobile Monistero di Monte Vergine, o già SS.ma Annunciata....."*, [f. 48]

"F. Magnifico D. Luzio Valenzano di Napoli (*),

(*) antico proprietario della Cantina Carraturo, in Via On. Emilio De Feo n. 41, Casamarciano (Na)

-*Possiede un cellaro co(n) ingegno, seu cerqua da premer vino, e Tinacci, con spiazzo accanto, nel luogo detto "Le Curti", giusta li ben di Felice De Martino [Custode dei Campi] e pubblica,....."*, [f. 140]

Dal Catastu Tufini (ASN Onciario, 1746, Volume 1 Atto d'Ordine da 1074 a 1075):

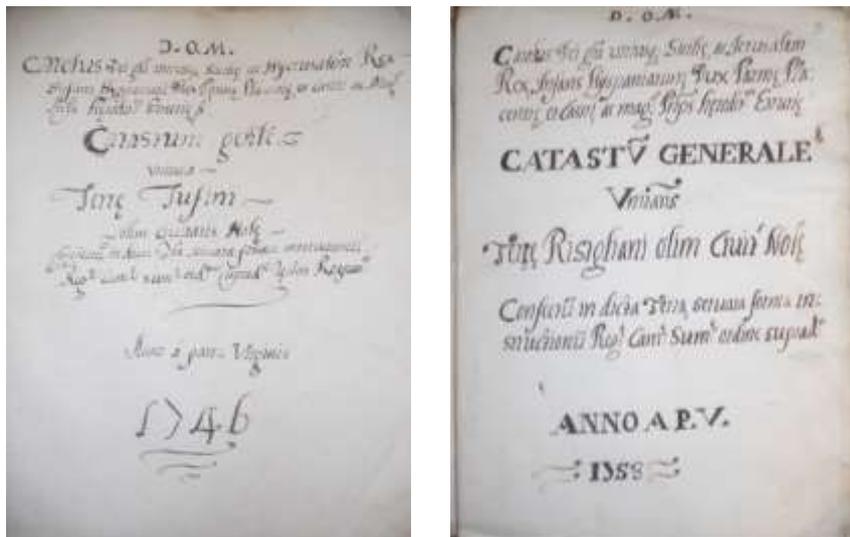


FIGURA 58 : Frontespizio dei Catasti Onciari di Tufino e Risigliano

Magnifico D. Giuseppe De Cannitiys (*)

(*) antenato possidente della cantina De Canditiis- in Via San Bartolomeo n.66, Tufino (Na)

-.....*Abita in casa propria palaziata con ogni comodità con porzione di giardino contiguo per uso proprio, sita nel luogo detto Casamotone [o S. Bartolomeo], giusta li beni di Bonaventura Gaetano, con cerqua da premer vino e cellaro per uso proprio....., possiede terreno arbustato vitato e fruttato di 10 moja nel luogo detto la Starza Bianca"*, [f. 53]

Magnifico N. Biasi Galeota (*)

(*) antico proprietario delle cantine Pellegrino o Vacca Galeota (??) e Galeota tra la Via Palazzo dei Conti e Via Cincinnato

-.....*Abita in casa propria nel luogo detto "Lo Portale", di diversi membri giusta li beni di Bartolomeo Esposito,..... possiede altro comprensorio di case con **cellaro**, e **cerqua da premer vino** nel luogo detto "Lo Cellaro",.....**altro cellaro con ogni commodità** anche nel luogo detto "Lo Cellaro", giusta li beni di Domenico Di Falco....." , [ff. 19 -20].*

Gio. Maria di Mattia di Baiano di Avella (*)

(*) antico proprietario della cantina D'Arienzo, in Via Garibaldi, Tufino (Na)

-.....*Possiede un comprensorio di case consistenti in due bassi, due camere, ed un **cellaro ad imbrici** nel luogo detto **la Pergola di Stregone**, giusta li beni di Pietro Barba ed Antonio Capuano..", [f.16]*

Dal Catasto Onciario di Cumignano (ASN, Onciario, 1754, Volume 1, Atto d'Ordine 937)

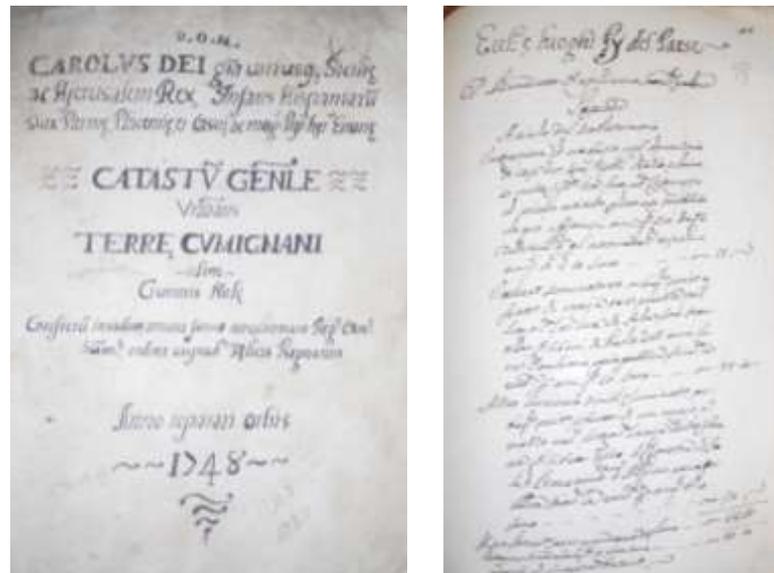


FIGURA 59: Frontespizio del Catasto Onciario di Comiziano

Il Marchese di S. Marcellino Giovanni Juvara (*)

(*) I dati a disposizione fanno propendere per una cantina distrutta o interrata su S.P. per Cicciano

-possiede una casa palaziata, costituita da diversi vani inferiori e superiori, situata giusta due vie pubbliche, con due arie per tritar vittovoglie, e **cellaro co(n) cerqua da premer vino**, nel quale cellaro i Porzionali de' suoi territorj anno l'uso di **premer il vino gratis**", [f. 66r]

Niccolò Testa, patrizio napoletano (*)

(*) antico proprietario della cantina Miele Santorelli, in Via Capocasale, Comiziano (Na)

-.....ha una casa palaziata, nel luogo detto la via di Capocasale, vicino ai beni del Conte di Roccarainola, a quelli di Carmine Russo ed alla via pubblica, con aria da tritar vittovoglie, e **cellaro ed un giardino adiacente**", [f. 69v]

Donato De Stefano, napoletano (*)

(*) antico proprietario della cantina Capocasale-Nappi, Via Capocasale, Comiziano (Na)

-.....possiede una Casa Palaziata [di molti membri con] stalla, rimessa, **cellaro, e cisterna, che si empie ogni anno dell'acqua di Avella**, nel luogo detto **lo vico di Capocasale, giusta la via pubblica, e vicinale**", [f .71]

In conclusione, tutte queste circostanze non casuali attesterebbero che, almeno in parte, l'escavazione delle cantine nel banco di tufo, destinate alla fermentazione e conservazione del vino, era antecedente alla redazione dei Catasti Onciari del XVIII secolo.

Le gallerie, dalla sezione ellittica o trapezoidale, hanno una larghezza L di 8-10 m, un'altezza H variabile da 4.0 a 7.5 metri, nelle aree più occidentali del territorio (verso Tufino e Comiziano), alcune sono di maggiore ingombro (>2500 m³) e di altezze di 12 metri circa, come quella sita in Tufino (Na), il cui primitivo assetto è risalente alla prima metà del XVIII secolo (Figura 60)

FIGURA 60 : Cantina Bifulco -- Frazione Risigliano di Tufino (NA)



Le grotte-cantina di Tufino presentano sagome più variegate, elemento che farebbe pensare ad una cavatura e parametrizzazione dipendenti dal contesto stratigrafico dei luoghi (Figura 61):

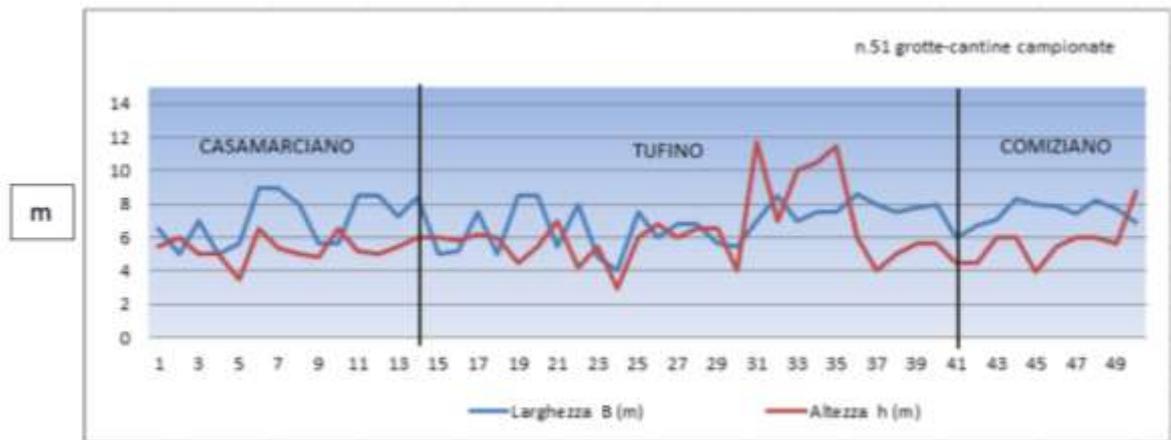


FIGURA 61 : Profilatura delle grotte-cantine

Lo spessore del tufo in volta è sempre intorno ad un metro e, dove la formazione litoide è più superficiale (<3.00 metri dal locale piano campagna), può raggiungere anche i 2.00 metri.

Le grotte-cantine sono state distinte in diverse classi tipologiche, illustrate nel seguente prospetto, che considerano lo sviluppo e l'estensione in pianta, l'eventuale valenza storica, gli elementi strutturali caratteristici, gli accessi e le interazioni con la proprietà privata e pubblica:

TIPOLOGIA DI CAVITÀ: / COMUNE		N. GROTTI -CANTINE		
		CASAMARCIANO	TUFINO	COMIZIANO
A) di proprietà, accessibile dall'interno della stessa proprietà e connessa dal punto di vista strutturale, con il resto della proprietà	A-1 di modeste dimensioni	2	18	2
	A-2 di grandi dimensioni	2	7	3
	A-3 di interesse storico-archeologico	2	8	4
B) con più accessi da proprietà differenti		2		1
C) con un'estensione da interessare spazi pubblici o di uso pubblico (strade, piazze) ed accessibili esclusivamente dall'interno di proprietà privata		1		
D) con presenza di pozzo all'interno della proprietà		1		1
E) con l'asse della galleria perpendicolare all'asse della rampa di accesso		3	5	3

TABELLA 8 : Tipologia di cavità cantina riconosciute nel Nolano

Una caratteristica di questi ambienti è rappresentata dalla luce solare che penetra indirettamente attraverso le bocche, risultandone una illuminazione molto scarsa e discontinua (poche zone di maggiore intensità limitate alle basi delle bocche stesse) che si attenua ancora più se la profondità è notevole, ovvero le bocche chiuse od ostruite. Se le cantine fossero perfettamente isolate dall'esterno, dovremmo aspettarci per esse un andamento termico a carattere solamente stagionale, con un'escursione annua sempre meno ampia che, verso i trenta metri, raggiunge un valore praticamente costante pari a quello medio annuo dell'atmosfera della zona considerata (Capolongo, 1969). In sostanza, i

numerosi pozzi di luce che collegano le cantine all'esterno, sovrappongono all'andamento delle stagioni modulazioni rapide che si manifestano essenzialmente nella presenza di un'escursione diaria (minimo 1° C nei periodi caldi e massimo. 2-3° C nei periodi freddi) e di una sensibilità marcata ai picchi di freddo invernale (qualche grado intorno allo 0° C), con uno sfasamento che è meno evidente rispetto alle stagioni esterne (Figura 62).

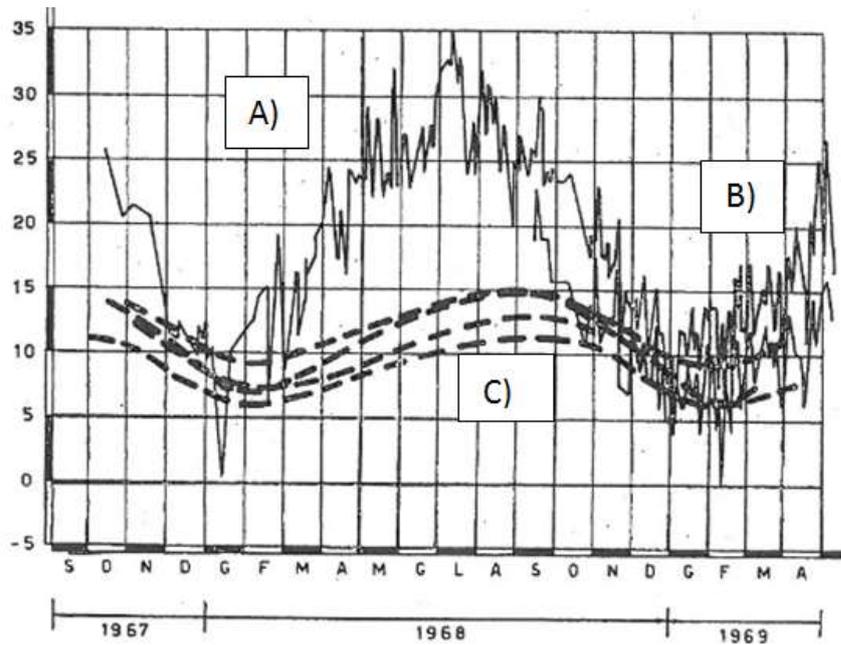


FIGURA 62: A) Temperatura massima esterna ; B) Temperatura minima interna; C) Insieme delle temperature registrate in 5 cantine dell'area (Capolongo, 1969)

L'umidità di queste cantine è, pertanto, sempre elevata, il campo di variazione va dall'80% al 100% con rare punte tra il 70% e l'80%. L'umidità media annua, su misure effettuate nei vari mesi, è circa del 90%, inoltre, come per la temperatura, ciascuna cavità ha una propria umidità media. Non mancano nelle cantine movimenti d'aria che, talora, si stabiliscono specialmente alla base delle gallerie d'accesso, inoltre, l'ingresso di un notevole quantitativo di materiale organico (fogliame d'autunno, scarichi di grappi d'uva e fecce di vino) hanno da sempre favorito lo sviluppo di una comunità ecologica dal metabolismo eterotrofo, schematizzabile in organismi demolitori (funghi, artropodi) e predatori (cordati, quali pipistrelli e ratti).

Codice ISTAT	Comune	N. Grotte	N. Accessi	Condizioni di manutenzione delle cavità			N C	ACCESSIBILITA'		
				Buono	Cattivo	Discreto		ACC	NAC	CSN
063018	CASAMARCIANO	15	15	8	4	3	0	5	7	
063029	COMIZIANO	13	14	6	2	5	0	8	2	
063085	TUFINO	30	16	16	6	6	3	16	11	

TABELLA 9 : Stato delle Grotte-Cantine e Relativa Accessibilità

Si è potuto accertare che lo stato di salute delle grotte è per il 51% buono, discreto per il 24%, cattivo per il 20%, tuttavia, l'accessibilità a questi ambienti è preclusa per il 15% a causa dell'interramento avvenuto con scarti edilizi, chiusura delle discese, superfetazioni (Tabella 9).

Le condizioni di vetustà e non fruibilità di questi ipogei, tuttavia, lasciano ampi margini per condizioni di progressivo abbandono a scapito della loro staticità. L'effetto arco non induce subsidenze in superficie anche se ciò potrebbe essere valido per cavità di tipo profondo, in realtà, la gran parte delle cavità-cantine ispezionate sono tutte di tipo superficiale.

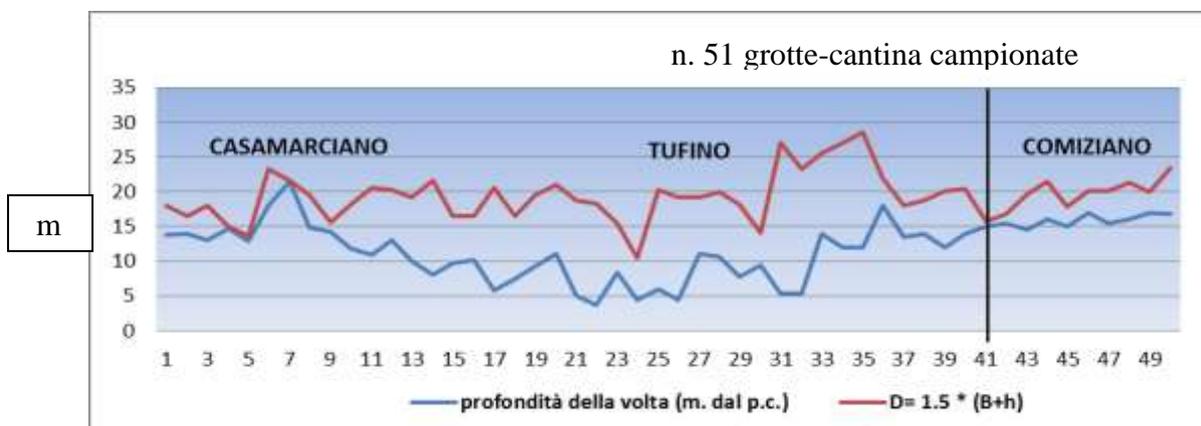


FIGURA 63: Caratterizzazione geometrica delle cavità- cantine del Nolano

Gli elementi di degrado che sono stati riconosciuti sono - **1) l'occlusione dei pozzi di aerazione** con solai in putrelle e tavelloni per alloggiarvi piante di nocciolo; -**2) presenza di macerie** dovuti a crolli dei locali antistanti le rampe di accesso - **3) materiale di diversa natura e sterpaglia** che occlude alcune gallerie,

-4) problemi di staticità di alcune discenderie e di pozzi di accesso malamente rivestiti e/o conci murari in fase di disgregazione.

3.6 CAVE A FOSSA DISMESSE, CAVE INTERRITE ED AREE RISANATE

A partire dagli anni '60, in coincidenza con le disposizioni legislative che imponevano il divieto assoluto della coltivazione del tufo in sotterraneo, si sviluppa sull'area un'intenso sfruttamento della bancata tufacea con cave a gradoni a cielo aperto.

In questi nuovi siti, il tufo viene lavorato in conci con macchine tagliatufo ed impiegato sempre come materiale edilizio o/e per il restauro di edifici storici.



FIGURA 64 : Fronti della Cava Valle - Tufino (Na)



Le nove cave presenti, quasi concentrate nell'area di Tufino, dismesse o adibite ad altri usi, escludendo quella attiva in Comiziano, sono state cartografate nella TAV. 1 con campitura celeste:

COMUNE	CAVA	PROFONDITA' MEDIA (m) PIAZZALE/TUFO	STATO ATTUALE
CASAMARCIANO 15063018	Mercogliano Via Cimitero	38/8	Non in esercizio
TUFINO 15063085	Paenzano 1 Strada per Visciano	40/20	Discarica non in esercizio
	Paenzano 2 Strada per Visciano	40/24	Discarica non in esercizio
	Ferone (o Piscicelli-Maddaloni) Via dell'Epitaffio	25-30/7-8	Non in esercizio
	Galeota Via dell'Epitaffio	23/7	Recapito di parte dei materiali di risulta delle frane di Sarno Maggio 1998)
	Campitiello Via Cincinnato	7/4	E' storicamente la più antica Non in esercizio
	Valle Via dell'Epitaffio- Via del Cimitero	23/7	Non in esercizio, ma è stata interessata da un provvedimento regionale dell'attività estrattiva di tufo autorizzata con cod. n. 63085 04 e in seguito requisita per consentire il deposito dei fanghi delle frane di Sarno del 1998
	Galluccio Via dell'Epitaffio	20/8	Non in esercizio, ossia abbandonata prima dell'entrata in vigore della L.R. n.54/85, attualmente vi insiste un impianto per la lavorazione di inerti.
COMIZIANO 15063029	Tanagro Via Regio Abolito	42/14	In esercizio ridotto

TABELLA 10: Cave a fossa per il prelievo dell'Ignimbrite Campana

Le cave di prestito dell'I.C. presenti nell'area nolana rientrano oggi nel comparto estrattivo CO4 NA 02 del P.R.A.E. della Regione Campania, come da perimetrazione conclusiva ai sensi del D.G.R.C. n.429/2009.



FIGURA 65: Cava Ferone, un paleoalveo ha inciso la facies LYT sul fronte est - Tufino (Na)



FIGURA 66: Cava Tanagro- Comiziano (Na) nella facies LYT- in alto, taglio e preparazione di blocchetti di tufo nella facies LYT dell'i.C., da Morra et al., 2010, in basso, particolare di un fronte della cava, Foto Caccavale, 2011



Per quanto concerne lo sviluppo urbanistico, le tufare a cielo aperto hanno determinato specie per l'area tufinense un enorme vincolo fisico, una struttura tipologica disomogenea con delle "scollature" vere e proprie di parti urbane, non ultima, la presenza di due alvei, quali il Gaudio e Avella, ha costituito senza dubbio una barriera per eventuali ricuciture urbane. Infatti, se per l'area di Comiziano e Casamarciano, le due uniche cave a fossa furono storicamente collocate in aree delocalizzate dai centri urbani, a minor impatto ambientale, la concentrazione di ben quattro cave a fossa all'entrata dell'abitato di Tufino, allo stato attuale, ricettacolo di sversamenti incontrollati, e la presenza delle due discariche (Paenzano I e II) nelle cave di tufo poste nella parte pedecollinare, atte a risolvere i momenti dell'emergenza ambientale campana nel secolo scorso, pone serie riserve sul carico ambientale sostenuto dal territorio e sulla conservazione della qualità delle sue peculiari matrici ambientali.

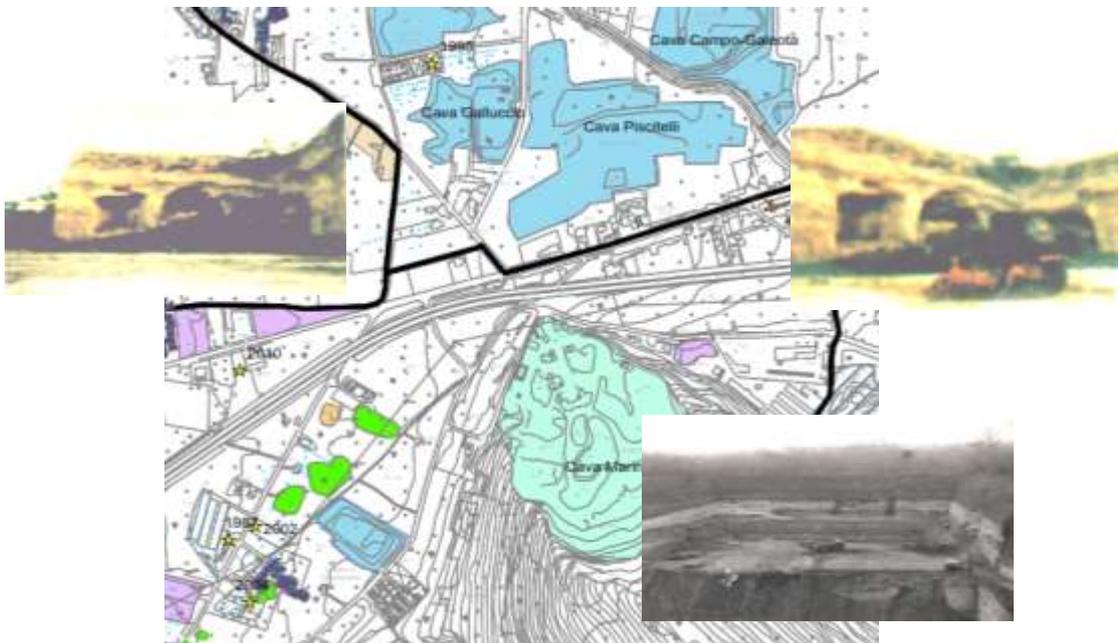


FIGURA 67 : Cave Ipogee sui fronti della Cave Galluccio-Tufino (Na) e di Casamarciano (Na)

Alcune aree interessate dalla coltivazione sotterranee furono inglobate dalle Cave denominate Valle, Galluccio, Ferone, Galeota, Mercogliano, l'apertura degli antichi occhi di monte ridusse l'incidenza ed i problemi collegati alla loro stabilità, i residui di questi ipogei, in degrado, sono visibili sui fronti delle tufare dismesse (Figura 67).

Allo sfruttamento del tufo, si affiancò negli anni 80-90 del secolo scorso, un'attività di prelievo del "misto", nello specifico, pozzolane e sabbie-ghiaie calcaree, le prime impiegate per le malte, le seconde nell'ingegneria stradale (pietrisco) o nei calcestruzzi (aggregati). Queste cave superficiali (Cava Campitiello, Masseria Tolino, Apostolico), riportate nella TAV. 1 in campitura rosa, di importanza relativamente modesta rispetto alla portata della Cava di Calcare dei Marinelli, posta sul fronte settentrionale dei rilievi di Casamarciano, alimentarono una economia locale che occupò, tra l'altro, la discendenza dei vecchi cavamonti.

E' noto, tuttavia, che simile attività fu solo ripristinata in zona, dal momento che cave analoghe erano già presenti all'inizio del secolo scorso in territorio di Comiziano (Località Arena, Frazione Gallo), ma della loro traccia ci rimangono attualmente rilevamenti topografici degli anni '50 e disposizioni comunali per il loro riempimento con le ceneri vesuviane del 1906.

Gli scavi di prima generazione furono sostituiti negli anni '90 da quelli più sistematici della seconda serie, nella TAV. 1 espressi con campitura violacea e collocati sulla Strada Provinciale Nola-Casamarciano e sulla Strada Statale 7/bis. Essi occuparono marginalmente il sottosuolo interessato dagli antichi ipogei e, tranne in qualche caso, si procedette al rinforzo delle lamie di alcune bocche di cava per un eventuale impiego edilizio ma, ad avvenuta coltivazione, furono interessati ad una lenta ricomposizione ambientale.



FIGURA 68 : Sezioni di scavo delle cave di pietrisco S.S.7 bis (Anni '90)



Gli aspetti geotecnici di queste superfici si legano allo stato delle coperture dei materiali sciolti e del tufo che, sebbene mostrino un'apparente stabilità dovuta all'attrito interno alquanto elevato, possono ridursi per cause diverse, determinando costipamenti e il crollo sul ciglio di cava delle vecchie bocche di cava (Figura 69), di conseguenza, come nel caso delle tufare, essi andrebbero profilati secondo un rapporto 1:1, lavorati a gradoni e opportunamente inerbiti, nel secondo caso, andrebbero trattati con la massima cautela dopo aver effettuato attente analisi delle situazioni locali.

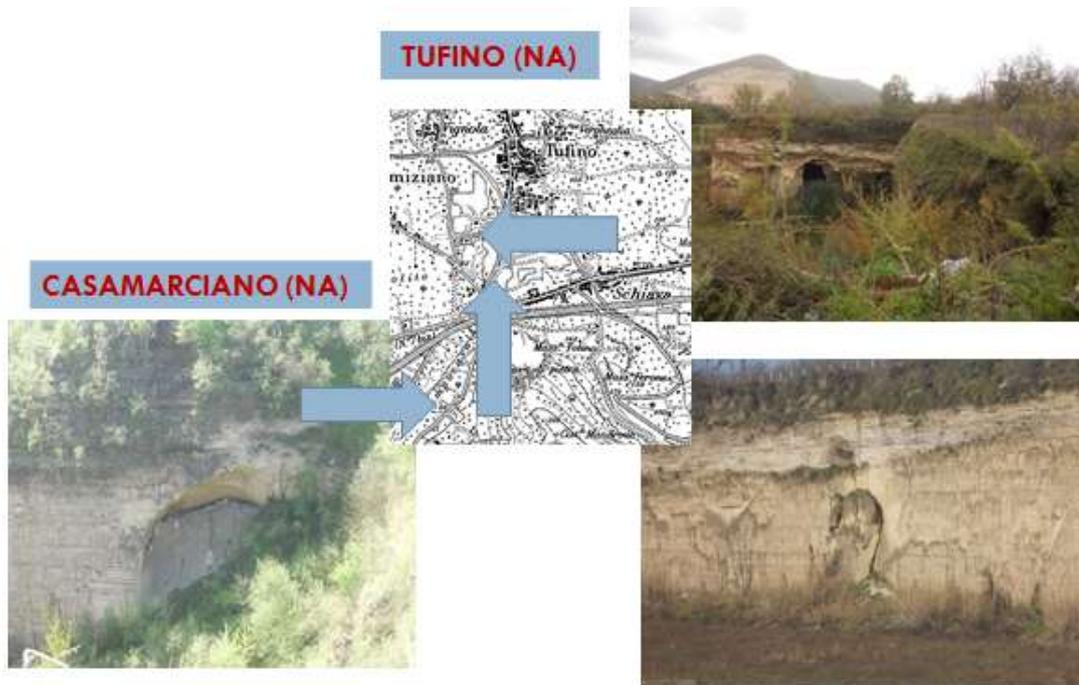


FIGURA 69: Crolli di ipogei lungo i fronti delle cave (Foto Caccavale, 2010)

3.7 DISSESTI INDOTTI DALLE CAVITA'

Le cavità antropiche dei territori amministrativi di Casamarciano, Tufino e Comiziano sono all'origine di un'ampia casistica di dissesti puntuali e areali:

3.7.1 DISSESTI PRIMARI O CIRCOSCRITTI

Queste forme di dissesto sono per lo più legate all'azione delle acque meteoriche, ad infiltrazioni e perdite delle reti idriche in pressione (ad evoluzione più veloce) e fognarie che, imbibendo le piroclastiti sciolte, confluiscono verso le vie di minore resistenza idraulica rappresentate dalle canne di pozzo, dando origine ad un processo di trascinamento dei terreni di colmata ed all'asporto con meccanismi di tipo prevalentemente regressivo, fino a causare piccoli crolli, l'ampliamento del condotto, cedimenti della superficie topografica.

Alla base del dissesto primario, provocato dall'innescò di cedimenti istantanei nei sedimenti sciolti, particolarmente sensibili alle variazioni di umidità, c'è il lento rilassamento delle chiusure o lamie (assi di legno e spaccatelle di tufo disposte a volta all'imbocco dei cavi ipogei) che, in genere, venivano ammorsate nello strato di ghiaia addensata a tetto della bancata tufacea. Le deformazioni, dovute a variazioni dello stato tensionale effettivo nel terreno e la cui entità è collegata alla porosità, al grado di saturazione, all'annullamento della coesione apparente di quest'ultimo, si manifestano come progressive deflessioni della superficie topografica, conosciute nel campo dell'ingegneria strutturale come "*subsidenze gaussiane*".

Il crollo imprevisto di parte della volta della cavità sottostante, che si esterna in superficie con un'ampia e caratteristica "voragine da sprofondamento" determina successivamente la caduta nella cavità di un cospicuo volume di terreno che induce danni ai manufatti sovrastanti, trascinando con sé porzioni degli stessi e minacciando l'incolumità pubblica.

A testimonianza dell'attualità del problema che interessa anche i centri dell'Alto Nolano, si rimanda alla ricostruzione dei dissesti verificatisi nell'area con descrizione dettagliata nella DOCUMENTAZIONE N. 2 della presente Tesi.

DATABASE ANTHROPOGENIC SINKHOLE



FIGURA 70: Schermata delle voragini da sprofondamento

La maggior parte di questi eventi, di varia intensità, ha causato danni a infrastrutture viarie, edifici pubblici e privati, opere di confine, impianti produttivi, quasi sempre ad una significativa distanza dagli assi delle arterie strategiche ed interne dei territori comunali (Figura 71)

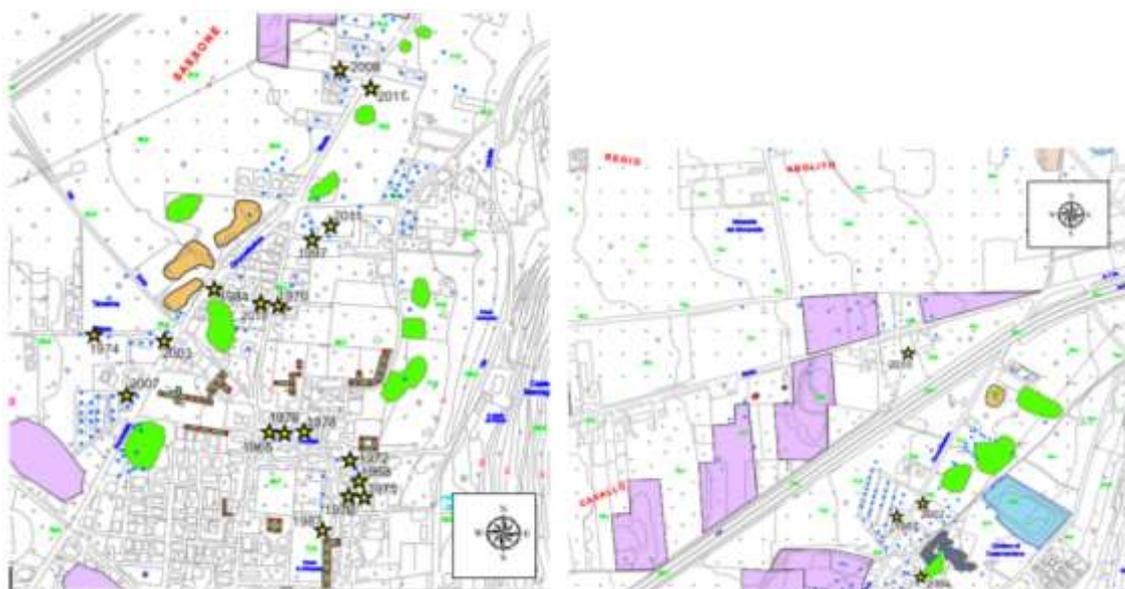


FIGURA 71: Localizzazione delle voragini in ambito urbano-periferico di Casamarciano

Una volta avvenuto il dissesto, come per le varie canne di pozzo disperse nelle campagne, si interveniva versando materiali di differente natura nel tentativo di colmare e richiudere la voragine esterna ma questi espedienti non sempre si sono rivelati risolutivi in quanto gli abbassamenti riprendevano tempo dopo grazie ai successivi fenomeni di assestamento dei materiali sversati senza particolare criterio, in certi casi, hanno aggravato la situazione originaria con fessurazioni e buche anche abbastanza ampie al contorno di alcuni avvallamenti del piano campagna (Figura 72).



FIGURA 72: Voragine con formazione di un camino (Capolongo, 2008)

A seguito dello scavo di una cavità si produce al suo interno un'alterazione dello stato tensionale della roccia, sicché al contorno dell'ipogeo si viene a formare una fascia di roccia plasticizzata di spessore dipendente dalle caratteristiche geotecniche del materiale e dove la resistenza tende a ridursi nel tempo per l'azione perturbatrice dello scavo che induce microfratture.

Lo spessore della fascia di roccia deformata dipende dalla formazione dell'ipogeo e può essere maggiore in corrispondenza delle pareti o in volta, di conseguenza, la naturale evoluzione di questi ipogei è quella di raggiungere differenti condizioni di equilibrio in seguito a successivi crolli e deformazioni in tempi più o meno lunghi (Figura 73)

Tensioni indotte da un aumento di carico e/o di sforzi tangenziali, associati ad esempio alle sollecitazioni sismiche, possono causare ulteriori rotture che interagendo con quelle formatasi in precedenza causano il distacco di lamie o cunei rocciosi in equilibrio precario.

Inoltre, non sono da escludere fenomeni di stillicidio più o meno abbondante, causato dalle acque di infiltrazione di origine meteorica le quali trovano una via preferenziale di percolazione all'interno del sistema di discontinuità circostante la cavità.

DISSESTI INDOTTI DA CAVITA' SOTTERRANEE: SUBSIDENZE GAUSSIANE –COMIZIANO/CASAMARCIANO/TUFINO (NA)



FIGURA 73 : Foto di Dissesti Circoscritti (Caccavale, 2010)

Le deformazioni del terreno, ascrivibili a subsidenze gaussiane, possono essere impiegate per la loro perimetrazione per rilevare il grado di rilassamento generale in cavità dal momento che in funzione dell'abbassamento che si manifesta in chiave di volta, in determinati casi, è possibile quantificare con una certa attendibilità l'abbassamento di superficie in corrispondenza dell'asse della cavità ed a determinate distanze.

Schematizzando il problema nel piano (Figura 74) e nell'ambito della teoria degli scavi in sotterraneo (Chiarelli, 2009), è possibile avere indicazioni sul fenomeno di interesse, attraverso l'applicazione della formula di Attewell et al. (1982) e Ranki (1988):

$$w = w_{\max} \exp\left[\frac{-x^2}{2l^2}\right]; \quad (1)$$

nella quale W è il cedimento di un punto generico posto sulla superficie del terreno, W_{\max} il massimo cedimento in corrispondenza della sommità della

cavità ed i è il valore di x in corrispondenza del punto di flesso del profilo che rappresenta la "conca di subsidenza":

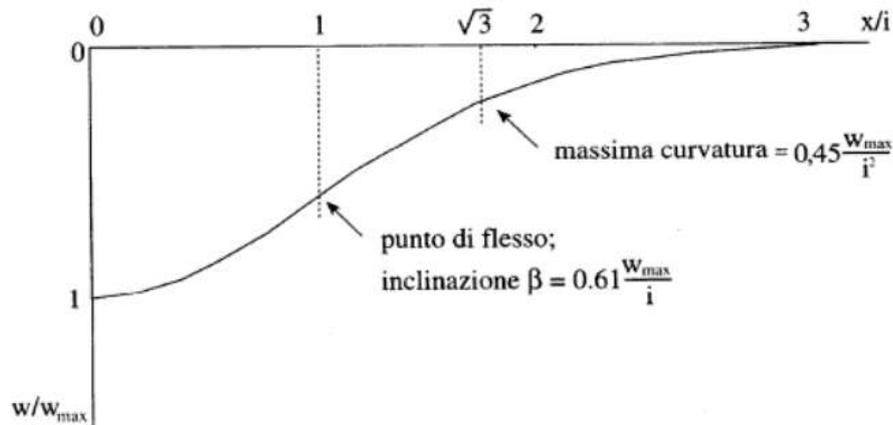


FIGURA 74: Curva di subsidenza in direzione trasversale all'asse della galleria

Per la maggior parte dei casi, il valore di i può essere correlato alla profondità dell'asse della cavità z_0 da un'espressione lineare del tipo:

$$i = K \cdot z_0$$

Il valore del parametro K , che definisce l'estensione del bacino di subsidenza, dipende dal tipo di terreno, variando da 0.2 a 0.3 per terreni granulari, da 0.4 a 0.5 per argille dure, fino a valori di 0.7 nelle argille limose tenere.

Come regola generale, la larghezza del bacino di subsidenza è circa tre volte la profondità della cavità, nel caso di cavità in argille.

E' importante notare che, sebbene il valore di K , per un determinato tipo di terreno, è assunto costante, a prescindere dalla profondità della cavità, Mair et al. (1993) hanno mostrato che, in realtà, il suo valore aumenta con la profondità, con profili trasversali di subsidenza maggiormente estesi man mano che ci si approssima alla cavità (Figura 75).

Analogo comportamento assume il parametro i , derivato da misure dei cedimenti al di sotto del piano campagna, sia i che z sono normalizzati alla profondità z_0 della cavità

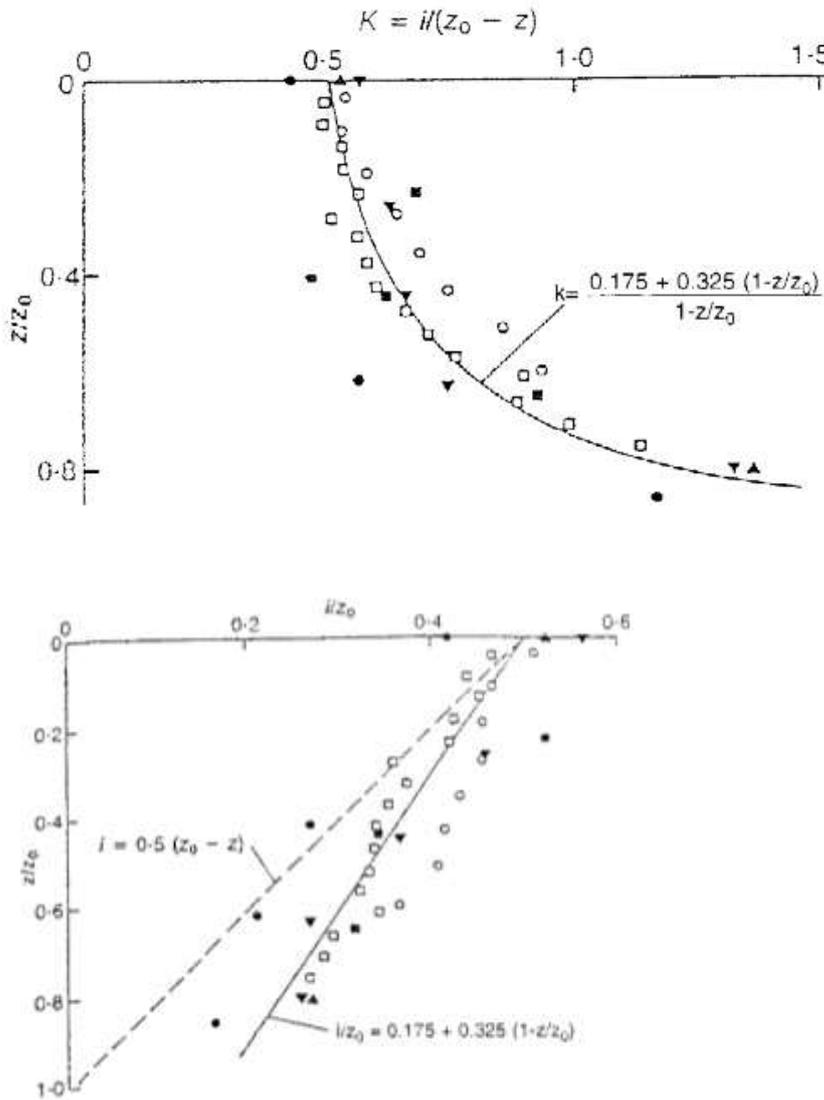


FIGURA 75 : Variazione dei valori di K ed i con la profondità, per stimare l'andamento del profilo di subsidenza con la profondità (da Mair, 1993)

Alla luce di questi studi, è possibile avere un'idea dell'abbassamento subito nel tempo dal tetto della cavità in funzione della subsidenza W_{sup} manifestatasi in superficie. Infatti, noto il diametro D e la profondità Z_0 della cavità, si perviene a:

$$W_{max} = W_{sup} [1 - i \cdot (Z_e/D)] \text{ in cui } Z_e = Z_0 - (D/2)$$

$$i = 0.25 \cdot (Z_e + D) \quad \text{cavità in terreni sabbiosi addensati}$$

$$i = 0,25 \cdot (1,5 \cdot Z_e + D) \quad \text{cavità in argille sovraconsolidate}$$

Questi calcoli hanno una valenza applicativa per i danni prodotti ad edifici posti nelle immediate vicinanze dei cavi e per la previsione di deformazioni orizzontali di trazione.

Il volume della conca di subsidenza $V_s = 2,5 \cdot i \cdot W_{\max}$ (2) è dedotto dalla integrazione della formula (1), ma i cedimenti immediati causati dallo scavo di una cavità sono usualmente caratterizzati dal valore della perdita di volume $V_L = 3,192 \cdot i \cdot W_{\max} / D^2$ (3), definito come rapporto fra il volume V_s individuato dal profilo trasversale di subsidenza, per unità di lunghezza, ed il volume di scavo della cavità, espresso in percentuale.

Combinando le equazioni (2) e (3), si ottiene la seguente espressione del cedimento in superficie dovuto allo scavo della cavità in funzione della distanza x dall'asse della cavità:

$$w = \left(\frac{0,3111 \cdot V' \cdot D^2}{K \cdot z_0} \right) \exp \left[\frac{-x^2}{2 \cdot K^2 \cdot z_0^2} \right].$$

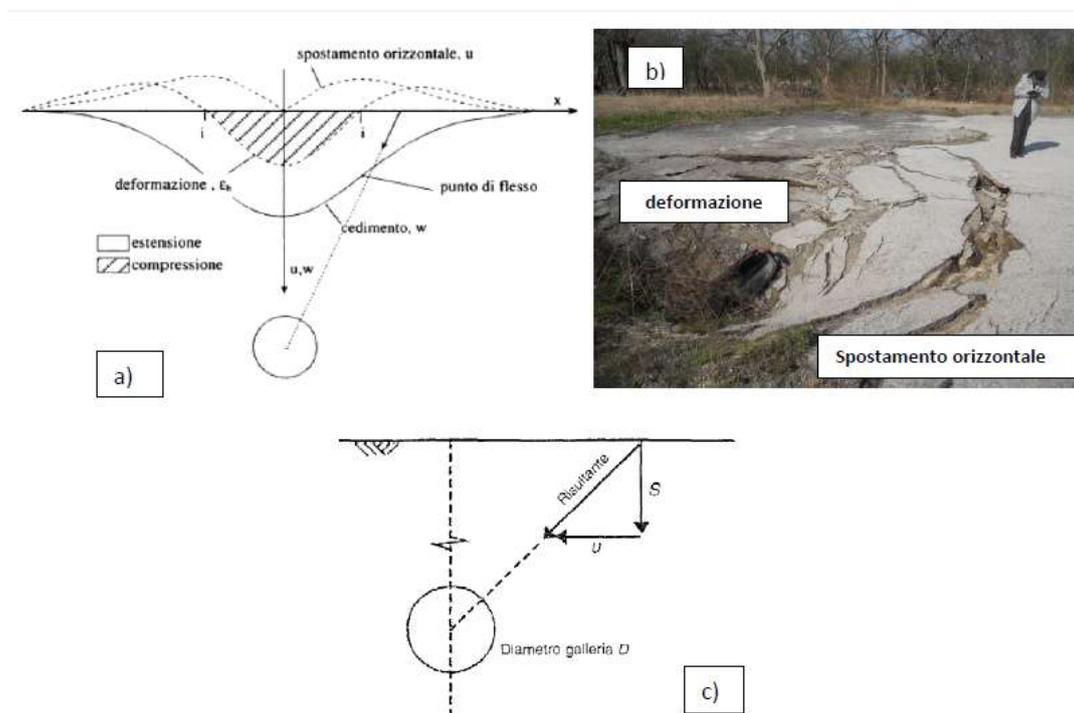


FIGURA 76: a) Cedimenti, spostamenti e deformazioni orizzontali in direzione trasversale all'asse della cavità (a sinistra); b) Esempio di subsidenza localizzata in un terreno SS7bis-Casamarciano-Na (a destra); c) Risultante dei cedimenti superficiali indotto dallo scavo di una cavità. (Foto Caccavale, 2010)

Nelle numerose casistiche pubblicate in letteratura, di cedimenti misurati durante lo scavo di una cavità, risulta realistica l'assunzione di O' Reilly e New (1982) che i vettori risultanti degli spostamenti indotti nel terreno dallo scavo della cavità, siano diretti verso l'asse della cavità e correlabili al cedimento W_{max} dall'espressione $u=(x*W_{max})/z_0$ e da cui è possibile ottenere, differenziando la stessa, il valore della dilatazione lineare ϵ_{xx} (Figura 76).

Sebbene questi metodi debbano essere considerati di impiego preliminare e successivamente da integrarsi con opportune analisi numeriche, alcune soluzioni più analitiche sono state di recente proposte da Sagaseta (1987), Verruijt e Booker (1996), Gonzales e Sagaseta, (2001)

CAPITOLO 4

IL MODELLO GEOLOGICO

4.1 RIFERIMENTI DI GEOSTATISTICA

La Statistica Spaziale o Geostatistica poggia sul concetto di autocorrelazione che, partendo dalla Legge di Tobler (1970), ammette che i valori di una proprietà o variabile ambientale campionata sono in relazione fra di loro in una qualche scala, grande o piccola che sia, ma diminuendo con l'aumentare della distanza, di fatto, i valori campionati in due o più luoghi vicini tra di loro si presentano più "simili", a differenza dei valori di una stessa variabile che, misurati in campioni raccolti in luoghi lontani tra di loro tendono ad avere differenze più marcate, o almeno a scostarsi dai valori medi che si riscontrano nei luoghi stessi (Figura 77).

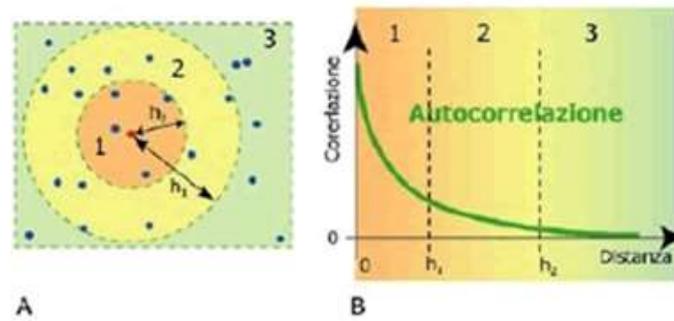


FIGURA 77 : Rapporti tra campioni vicini molto correlati, 1 distanti poco correlati e 2 lontani non correlati, 3 con il punto considerato (A) e rapporto tra correlazione e distanza, o autocorrelazione (B)

Per la quantificazione di questo fenomeno, il fondatore della Geostatistica G. Matheron (1965) formulò la teoria della Variabili Regionalizzate (VR) dimostrando la necessità di rappresentare i fenomeni con un'intrinseca distribuzione geografica, ovvero variabili ambientali fortemente dipendenti dalla posizione spaziale, attraverso metodologie statistiche non afferenti al solo ambito della statistica elementare. La Statistica Spaziale richiede l'assunzione che la variabile studiata sia casuale e che la realtà osservata sia il risultato di uno o più processi casuali (Amaud & Emery, 2000). In sostanza, per ogni punto dello spazio non esiste un solo valore per una proprietà ma un intero insieme di valori, il valore osservato diventa un valore estratto a caso da un infinito numero di valori possibili assunti da qualche distribuzione di probabilità per una qualche legge.

Questo significa che in ogni punto dello spazio X_0 c'è una variazione di una proprietà $Z(x_0)$, concetto non presente nella teoria classica. Tale proprietà è trattata come una variabile causale (aleatoria) generalmente continua, con una media (μ), una varianza (σ^2), momenti di ordine più alto ed una funzione di probabilità di densità cumulativa.

Se si conosce approssimativamente la distribuzione possiamo stimare i valori nei punti non campionati e assegnare gli errori di predizione (Isaaks & Srivastava 1989). L'andamento dei valori reali della variabile campionata

all'interno del campo della ricerca è una funzione deterministica $Z(x)$ nota come variabile regionalizzata (VR), che è espressa dalla seguente equazione ,

$$Z(x) = a + R(x)$$

in cui a è la componente aleatoria e $R(x)$ la componente regionalizzata.

Quando a risulta dominante rispetto a $R(x)$, la variabile viene studiata con i metodi classici della statistica, in caso contrario, interviene il campo della geostatistica. I valori delle variabili regionalizzate tendono ad essere in relazione tra loro e, come detto, due valori vicini ad un terzo tendono ad essere simili, mentre quelli più lontani lo sono meno.

In un processo stocastico *stazionario* la funzione di densità di probabilità di una variabile casuale Z non cambia né nel tempo né nello spazio, pertanto, la distribuzione dei parametri della sua distribuzione (media, varianza, etc..) rimane invariata.

La variabile di studio può mostrare un cambiamento sistematico del valore medio della variabile regionalizzata $Z(x)$ in una o più particolari direzioni dello spazio, non attestandosi su valori di soglia.

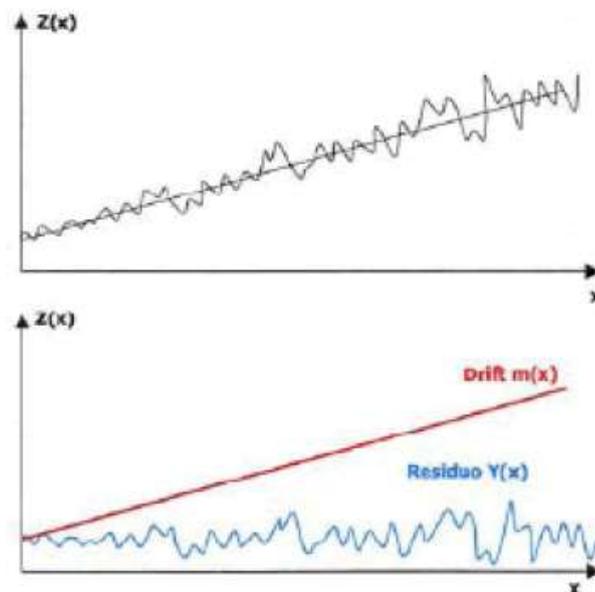


FIGURA 78: Valori di $Z(x)$ lungo una particolare direzione dello spazio (A) e suddivisione della variabilità totale in due componenti

Questo processo stocastico, definito *non stazionario*, esprime la funzione $Z(x)$ come somma di due componenti che non sono correlate,

$$Z(x) = Y(x) + m(x)$$

il drift o deriva $m(x)$ è una funzione deterministica del valore medio della variabile in funzione della localizzazione in cui la variabile è stata misurata (aumento sistematico del valore medio);

il residuo $Y(x)$ rappresenta una variabile casuale stazionaria, consistente nella deviazione dalla media del valore misurato (fluttuazione attorno alla componente sistematica).

Nel processo stocastico non stazionario l'analisi geostatistica continua ad essere applicata secondo approcci diversi che riportano il modello a condizioni di stazionarietà. Matheron (1963, 1965), infatti, introdusse un'ipotesi di lavoro, detta "ipotesi intrinseca", che non prende direttamente in considerazione la variabile, ma i suoi incrementi, considerando gli incrementi della funzione stocastica considerata stazionaria:

$$E(Z(x+h) - Z(x)) = m(h) = 0$$

esprime la condizione che la differenza attesa tra i valori misurati in due siti separati da una distanza h è funzione solo di h , inoltre, essa sarà uguale a zero

$$\text{Var}(Z(x+h) - Z(x)) = 2 Y(h)$$

esprime la condizione che la variazione delle differenze fra osservazioni separate da una distanza h è finita o dipende solo dal valore della distanza tra i siti, h , e non dalla posizione locale, inoltre, la funzione $Y(h)$ è chiamata semivariogramma.

In linea generale, l'insieme delle tecniche probabilistiche fornite dalla geostatistica sono finalizzate a:

- analizzare le proprietà spaziali e temporali delle variabili con gli strumenti della statistica elementare (esame delle distribuzioni, istogrammi, nuvole di

correlazione, tests di omogeneità, regressioni, etc....) e dell'analisi territoriale (identificazione e eliminazione trend, presenza di anisotropie);

- trovare un modello che descrive la dipendenza spaziale tra punti misurati e incogniti (interpolazione della superficie statistica di predizione e mappa degli errori);

- diagnosticare di quanto il modello più appropriato predice i valori incogniti estrapolati sull'intero dominio di studio attraverso un'analisi di errore della stima (cross validation, validation point, etc....)

L'algoritmo geostatistico che viene impiegato per valutare l'autocorrelazione spaziale dei dati osservati in punti georiferiti è il semivariogramma.

La nube di punti (variogram cloud) che contiene tutte le relazioni spaziali nei dati per tutte le possibili distanze tra i campioni, non essendo funzione continua dove sono più riconoscibili gli outlier, necessita di essere trasformata in un diagramma a dispersione più semplice (variogramma sperimentale) che riporta su un grafico x-y le differenze quadratiche medie $\gamma(h)$ dei valori osservati in gruppi di coppie di punti sperimentali lungo una certa direzione e separati da un numero di intervalli di distanza h (lag).

La varianza è pari a:

$$\gamma(h) = \Sigma[Z(x_i) - Z(x_i+h)]^2 / 2n$$

in cui Z è il valore di una misura in un particolare punto, h rappresenta l'intervallo di distanza tra i punti di misurazioni (lag), $2n$ è il numero di coppie di osservazioni effettuate in un definito intervallo.

La scelta del lag condiziona la forma del variogramma e quindi la possibilità di interpretazione e di successiva approssimazione a funzioni matematiche note, di fatto, un elevato numero di lag troppo porta ad un'inesattezza del variogramma per la presenza di molte fluttuazioni e "rumore" (eccessiva semivarianza media oltre il range massimo di correlazione spaziale dei dati), al contrario, un basso numero di lag darà origine ad un variogramma molto addolcito (poche stime di varianza e perdita di dettaglio). In genere, il numero di lag ottimale oscilla da 10 a 20 (Ciotoli, 2010).

La stima della funzione variogramma viene effettuata sulla base del dataset costruito attraverso una accurata strategia di campionamento delle variabili ambientali. I dati di partenza, pertanto, devono possedere i seguenti requisiti: sufficientemente distribuiti e poco concentrati, rappresentativi, indipendenti, acquisiti con significativa precisione, uniformi nelle condizioni di misurazione, anche con presenza di anisotropia.

Se si hanno dati campionati secondo una maglia regolare il calcolo è molto semplice poiché, data la stazionarietà dell'incremento $Z(x+h) - Z(x)$, risulta immediato calcolare la funzione variogramma per una certa direzione e per un determinato lag h . Il calcolo del variogramma si basa sul considerare le differenze dei valori della variabile regionalizzata in due localizzazioni differenti, separati da una distanza h .

La procedura da seguire è questa: 1. si parte operando la differenza tra i valori $z(x_1)$ e $z(x_2)$, poi tra $z(x_2)$ e $z(x_3)$ fino alla coppia $z(x_{i-1})$ e $z(x_i)$, le differenze saranno uguali a $m(x)$, ovvero al numero di coppie di campioni per questo lag; 2. il risultato di ogni differenza si eleva al quadrato; 3. si sommano tutti i quadrati; 4. si divide questa somma per $2n$ come da formula; 5. si ripete la stessa procedura da 1 a 4 per il secondo lag (il doppio del primo); 6. si ripete la stessa procedura da 1 a 4 per il terzo lag (tre volte il primo); 7. si ripete la stessa procedura fino all'ultima distanza di lag che si è stabilita. Quando la maglia delle campionature è uniforme ma non regolare, è necessario introdurre nella scelta del lag una tolleranza lineare dovuta al fatto che è possibile trovare coppie per una distanza definita. Per la scelta della distanza di tolleranza comunemente si tende ad utilizzare la metà del lag, tuttavia, non è errato scegliere un tolleranza minore del lag, poiché in questa maniera verranno utilizzate meno coppie nella costruzione del variogramma che risulterà di conseguenza più chiaro (Figura 79).

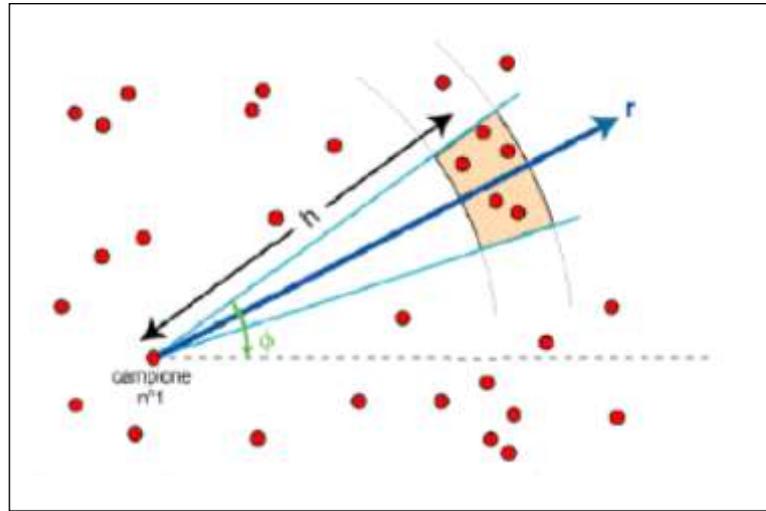


FIGURA 79: Campionamento irregolare

La presenza di anisotropie nella distribuzione spaziale dei dati può essere accertata con il calcolo dei variogrammi direzionali, in questo caso, si parlerà di tolleranza angolare, teoricamente, una tolleranza angolare molto piccola se da un lato, limita la confusione nella possibile combinazione di coppie con differenti direzioni, dall'altro, riduce il numero di coppie utili con variogramma troppo irregolare e di non chiara lettura. Il miglior approccio consiste nel tentare la costruzione del variogramma usando diverse tolleranze e scegliendo la più piccola che fornisce il miglior risultato, ponendola pari a 22.5 gradi. Il variogramma surface è uno strumento grafico che rende comprensibile l'andamento della varianza nello spazio così da individuare le direzioni di massima continuità spaziale del dato.

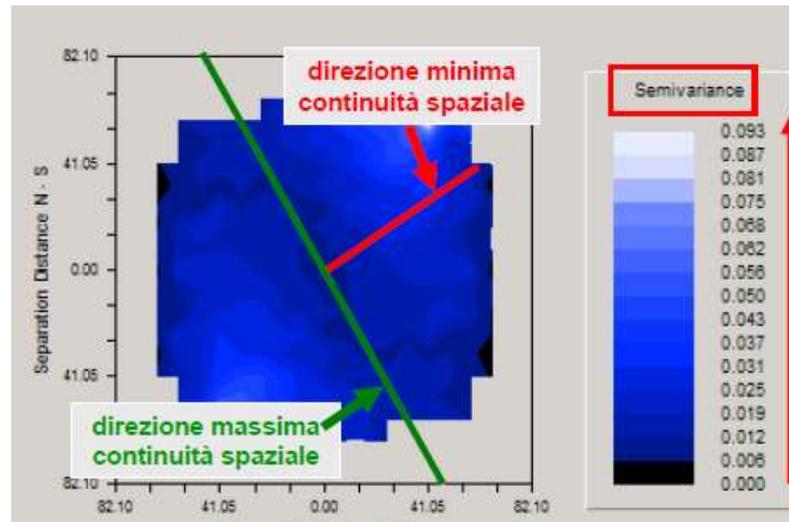


FIGURA 80 : Esempio di Variogramma di superficie (da Raspa, 2010)

Esso viene costruito utilizzando una griglia con celle quadrate o settori circolari sulla base dei valori delle ordinate del variogramma sperimentale. L'ampiezza delle celle è determinata dall'ampiezza dei lag, più è alto il numero, tanto più le celle sono piccole, mentre ogni zona della mappa è rappresentata a pixel colorati, il cui tono cromatico individua un intervallo di valori della semivarianza $Y(h)$. Sulla base delle indicazioni fornite dal variogramma surface si può procedere alla costruzione di un variogramma omnidirezionale (isotropia nella continuità spaziale della variabile) o due variogrammi sperimentali direzionali (anisotropia nella continuità spaziale della variabile) lungo le direzioni di massima e minima continuità, che sono tra loro perpendicolari. Lungo la direzione di massima continuità i valori tendono ad essere più simili tra loro (ridotta variabilità), mentre lungo la direzione di minima continuità le differenze di variazioni sono più consistenti. Di conseguenza, il variogramma omnidirezionale è espressione di un pattern medio della distribuzione della variabile analizzata in tutte le direzioni.

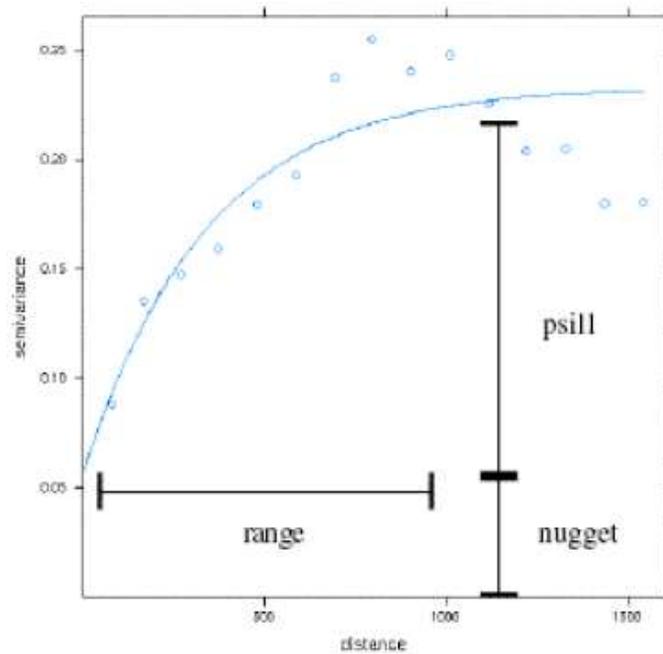


FIGURA 81: Esempio di funzione semivariogramma

La funzione variogramma è definita da determinate caratteristiche grafiche e quantitative, delle proprietà strutturali, che forniscono importanti indicazioni sulla struttura dei dati (Figura 81):

SILL O SOGLIA: E' detto anche l'altezza $Y(h)$ del variogramma C , corrispondente al valore della semivarianza dove il variogramma tende ad appiattirsi. L'assenza del sill, può essere dovuto alla (i) presenza di un trend della continuità spaziale dei dati, o (ii) una distribuzione delle informazioni ad una scala troppo piccola rispetto a quella del fenomeno in studio;

RANGE: E' detto anche l'area d'influenza A , rappresentando la distanza massima oltre la quale i campioni diventano indipendenti l'uno dall'altro ma all'interno della quale si manifesta correlazione spaziale.

NUGGET EFFECT: detto anche effetto pepita, che si indica per brevità C_0 , rappresenta il valore della semivarianza per una distanza tra coppie di punti uguale a zero. Esso indica la stima del residuo spaziale non correlato (rumore)

dovuto alla combinazione di variazioni geologiche variabilità campionaria per distanze molto piccole, dovuta a variazioni geologiche a piccola scala o/e a potenziali errori di campionamento.

SCALE: è la differenza tra il sill ed il nugget effect, indicando che l'effetto pepita è una parte additiva del valore di soglia comprovato dal termine C+Co. Infatti, se il nugget è nullo, la scale coincide con il sill;

PENDENZA: corrisponde al valore della semivarianza per un certo valore della distanza preso nell'area del grafico compresa tra l'origine ed il valore del range. E' un indicatore della regionalizzazione del dato.

CONTINUITA': il comportamento del variogramma all'origine viene descritto nei seguenti stili:

- a) parabolico : indica una buona continuità spaziale della variabile casuale, cioè man mano che la distanza aumenta esistono piccole differenze tra i campioni. Questo tipo di continuità all'origine è spesso associata alla presenza di un drift, cioè con la presenza di valori che aumentano o diminuiscono sistematicamente nell'area studiata (Figura 82-a); - b) lineare: in questo caso, la variabile è continua, cioè man mano che la distanza aumenta esiste una relazione diretta con le differenze tra i campioni, ma si tratta di un tipo di continuità non comune (Figura 82- b) - c) discontinuo all'origine: la variabile si comporta in modo irregolare per piccole distanze, a causa di un nugget effect, dovuto ad un livello di casualità nei fenomeni in studio (Figura 82- c)- d) costante: puramente casuale, è il caso in cui le variabili regionalizzate non mostrano correlazione spaziale per qualsiasi valore del lag. Si tratta del caso limite della mancanza totale di una struttura (Figura 82- d).

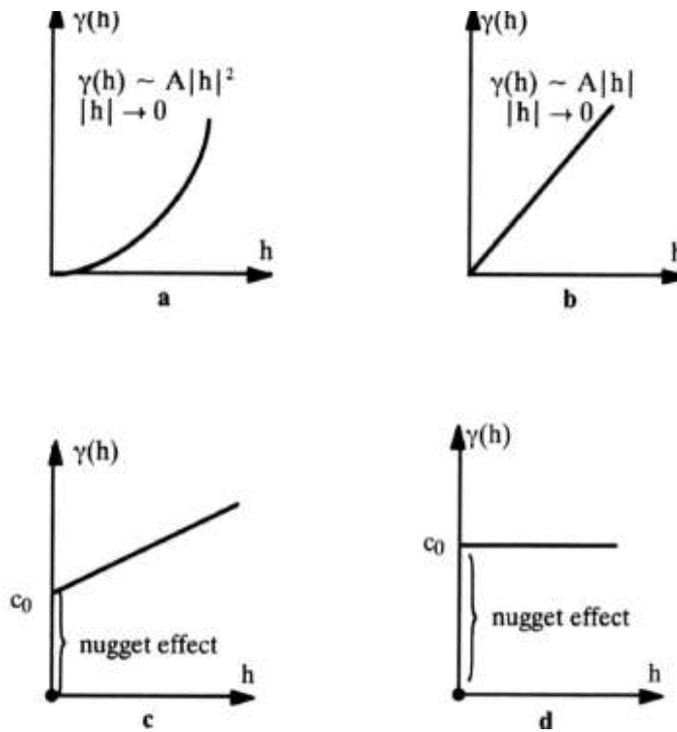


FIGURA 82: Comportamento all'origine del variogramma (da Armstrong, 1998)

La scelta del modello matematico più appropriato per il variogramma sperimentale rimane un processo delicato e discusso soprattutto nelle tecniche di interpolazione esatta giacché' di tratta di far conciliare esigenze visuali (rispetto delle tendenze attuali dei valori sperimentali e non delle fluttuazioni) con quelle statistiche (minimizzazione degli errori), con l'ispezione del grafico ottenuto e della bontà del risultato.

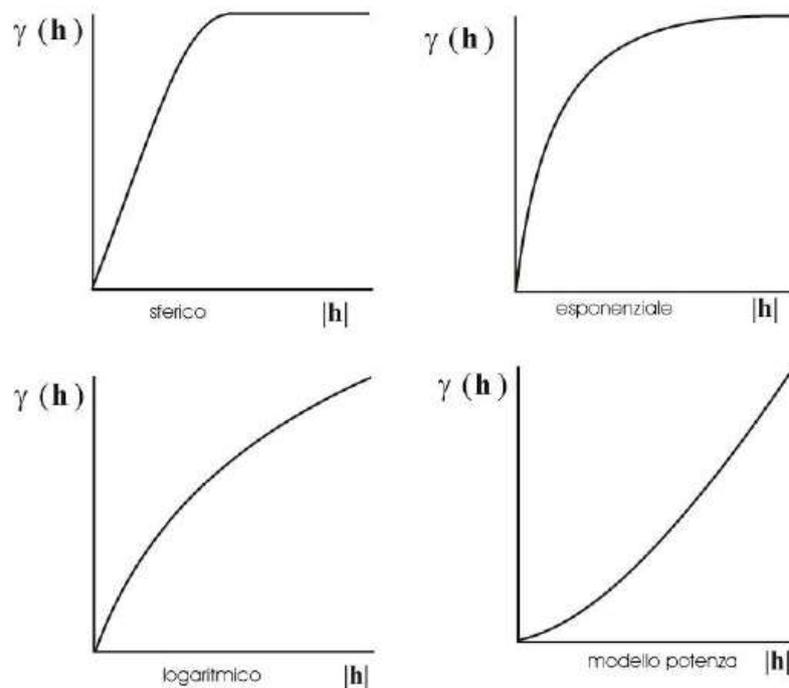


FIGURA 83 : Alcuni esempi di variogramma

I modelli adottati sono semplici ed isotropi, cioè applicabili in ogni direzione e distinguibili, a seconda della presenza o meno di plateau, in modelli transitori (esponenziale, sferico, gaussiano) e modelli non transitori più o meno raffinati (lineare, ciclico, drift).

I modelli sferico ed esponenziale, impiegati nella gran parte dei software geostatistici, sono selezionati rispettivamente quando nel variogramma sperimentale il nugget effect è piccolo o se, qualora sia rilevante, si osserva una crescita verso il sill poco ripida.

4.2 SELEZIONE E TRATTAMENTO DEL DATASET

Un'analisi più approfondita dell'assetto litostratigrafico dell'area è risultata necessaria per giungere ad un valido modello concettuale su cui mettere a punto metodologie di analisi del rischio ipogeo. L'obiettivo dello studio, tuttavia, non è stato quello di acquisire in modo dettagliato la distribuzione delle litologie presenti sull'intera area, un'operazione che avrebbe richiesto una

ponderosa quantità di dati, quanto di validare un modello deposizionale delle facies significative per riprodurre e confermare l'eterogeneità dei molteplici fattori che governano l'accadimento dei dissesti in atto e fornire elementi di base sull'evoluzione geologica e geomorfologica dell'area sulla quale si sono sviluppate le attività estrattive del tufo grigio campanano.

La ricostruzione di un modello geologico è passata attraverso la costituzione di un database comprendente - 1) descrizioni stratigrafiche provenienti da circa n. 200 sondaggi geognostici messi a disposizione della ricerca da parte di - Organizzazioni Statali (ISPRA), -Istituzioni Pubbliche (Uffici Tecnici delle Amministrazioni Comunali di Casamarciano, Tufino e Comiziano), - il Settore Acque dell'Amministrazione Provinciale di Napoli) e numerose Professionalità locali ed esterne e - 2) misure dei livelli della falde idriche eseguite in n. 60 pozzi perenni e censiti dalla Sogin nel 2003 per il Monitoraggio e Controllo della Qualità dell'Ambiente (Figura 84).

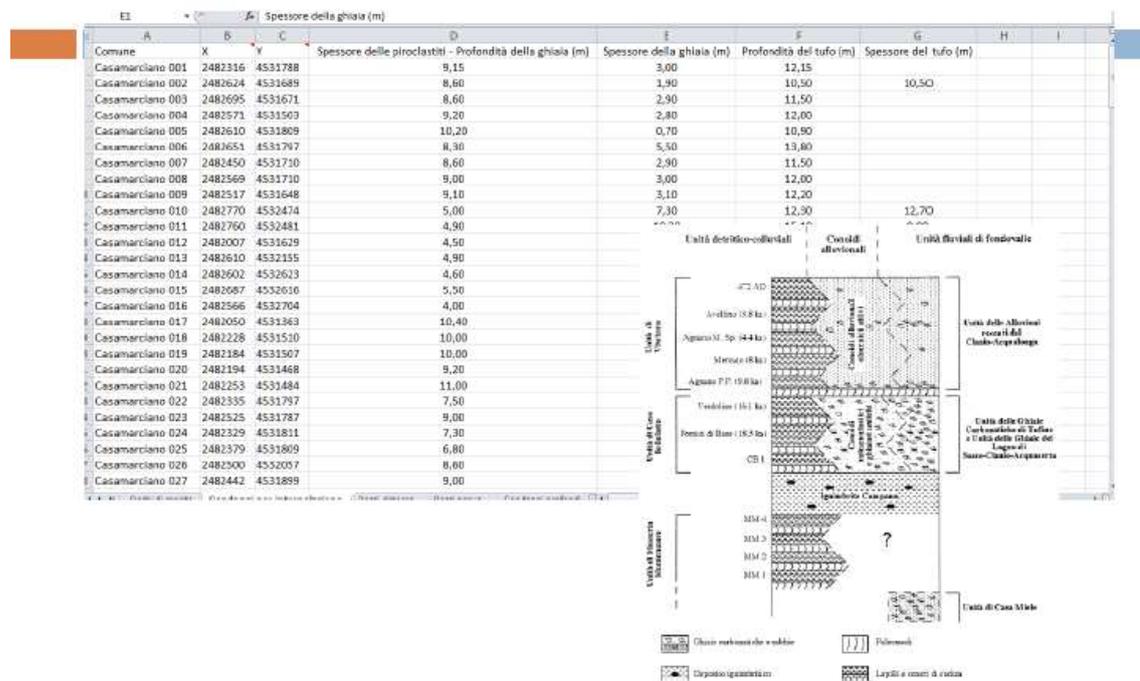


FIGURA 84 : Una schermata del Database Stratigrafico

Di ciascun sondaggio o punti di prelievo idrico, oltre alle coordinate cartografiche di localizzazione, sono riportate nei primi la quota di esecuzione dal piano campagna (m) e riferita al livello medio mare (s.l.m.), la profondità raggiunta (m), la descrizione litologica e la misura dello spessore degli strati attraversati, i valori dei parametri fisico-meccanici misurati su campioni di laboratorio prelevati dalle carote o ricavati in situ e, nei secondi, la quota del boccapozzo e la soggiacenza della falda idrica sotterranea entrambi riferite al livello medio del mare (s.l.m.)

Le verticali geognostiche, distribuite prevalentemente in pianura, raggiungono una profondità variabile tra i 13 ed i 90 metri dal piano campagna (il dato più frequente è 30 m), pertanto, le dimensioni dell'area ed il numero adeguato dei punti favoriscono la generazione di un modello geologico concettuale. A seguito del carattere vario ed articolato delle stratigrafie redatte da più tecnici e per finalità differenti, una prima fase di analisi esplorativa dei dati ha portato anche a ricodificare le facies geologiche presenti. In primis, la successione emersa dai predetti sondaggi individuava più termini quali

- O_PA** : Orizzonti pedogenizzati attuali di rado sepolti: suoli -paleosuoli
- D_MG** : Depositi alluvionali di media granulometria: ghiaie, sabbie di conoide e fluviali
- D_AG** : Depositi alluvionali fini: limi e sabbie
- P_FI** : Piroclastiti sciolte fini: cineriti e sabbie vulcaniche
- P_MG** : Piroclastiti sciolte di media granulometria: pomice e sabbie
- IG_C** : Ignimbrite Campana: tufo giallo zeolitizzato e tufo grigio incoerente
- D_VF** : Depositi di versante o di fondovalle: detrito calcareo

Al fine di fornire una visione schematica delle condizioni di giacitura dei depositi si sono operate delle semplificazioni privilegiando una suddivisione standardizzata che considerasse la origine e natura delle facies, come tufo

giallo e grigio, piroclastico sciolto o coerente, ghiaie alluvionali, e le quote deposizionali, come autoctonia, alloctonia, etc....

Si è così attivata una procedura di accorpamento delle facies geologiche in unità litologiche di sintema secondo una distinzione macro-categorica peraltro già estensivamente adottata dal progetto CARG per il pertinente Foglio N. 448 (Ercolano) della Nuova Carta Geologica d' Italia in Scala 1 : 50.000, nel dettaglio, sono state associate le facies geologiche O-PA, P_FI, P_MG e D_MG e D_VF-7 rispettivamente ai complessi litologici VEF2b2 e PNV, con la facies geologica IG_C al complesso litologico I. C. (o TGC).

Sulla scorta di queste rielaborazioni e di un'attenta fase di selezione dei sondaggi, si sono ridefinite le successioni stratigrafiche "tipo" sull'intero dominio spaziale considerato (Figura 85).

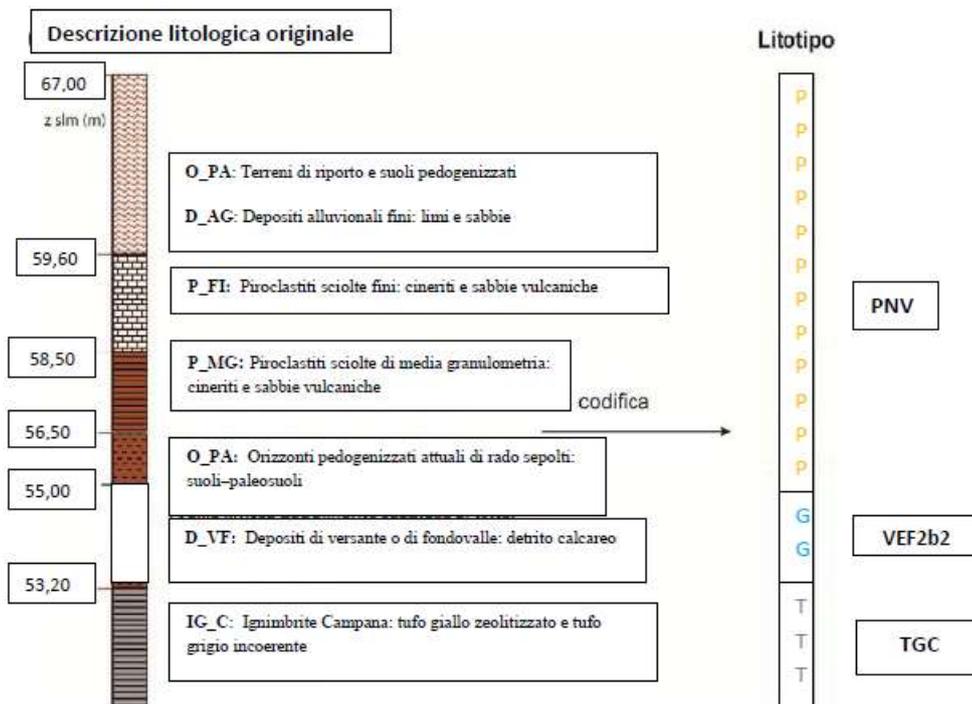


FIGURA 85: Accorpamento degli strati e Codifica nei tre complessi litologici individuati

Nelle Scienze Ambientali il modo in cui ogni singolo dato viene elaborato ed interpretato riveste un ruolo importantissimo per la comprensione della complessità dei fenomeni naturali.

Nel nostro ambito, alcune variabili stratigrafiche da ricercare nell'analisi ed elaborazione dei sondaggi, quali tetto, letto, potenza del tufo grigio campano o, ancora, profondità o spessore delle unità sovrastanti sono state utilizzate per la produzione di mappe come carte ad isolinee da sottoporre a studio e complesse interpretazioni, analisi e controllo del sistema ambientale, in seguito, a operazioni di decision making.

Gli algoritmi di interpolazione dei dati sono un argomento cruciale e proprio della Statistica Spaziale una branca della Matematica che, occupandosi di misurare di quanto proprietà o variabili ambientali sono tra loro correlate, opera sulla distribuzione delle medesime in una prospettiva deterministica o probabilistica e nel rispetto della complessità del sistema osservato.

4.3 AUTOCORRELAZIONE SPAZIALE

Il dataset stratigrafico dell'area, alquanto corposo nelle informazioni relative alle facies superficiali poste a tetto dell'ignimbrite campana, risulta molto più contenuto per i punti di osservazione che si riferiscono all'estensione verticale ed alle modificazioni di facies del medesimo marker. L'analisi variografica omnidirezionale è stata indirizzata allo studio della variabilità di alcune proprietà geoambientali delle unità di facies PNV, VEF2b2 e I.C. (o TGC) riconosciute sull'area in studio. Si è appurato che, in relazione all'andamento e struttura dei punti campionati, la disposizione areale di questi depositi è inquadrabile in modelli matematici sferici quasi sempre con assenza di nugget. Il confronto tra i valori di soglia (sill) e la zona di influenza (range) osservata nei diagrammi di variabilità omnidirezionali di ciascuna grandezza, come riportata in Figura 86, indica una complessa variazione spaziale, ossia - a) un diverso spessore del complesso vulcanico sciolto (PNV) viene attestato lungo una elevata distanza di correlazione (> 400 m); - b) la potenza del complesso detritico-alluvionale sottostante (VEF2b2) può oscillare significativamente in ristrette distanze spaziali (< 30 m), infine, -c) la profondità del tetto del tufo

grigio campano (I.C. o TGC) misurato dalla superficie del suolo è ben correlata entro distanze accettabili (<2 Km).

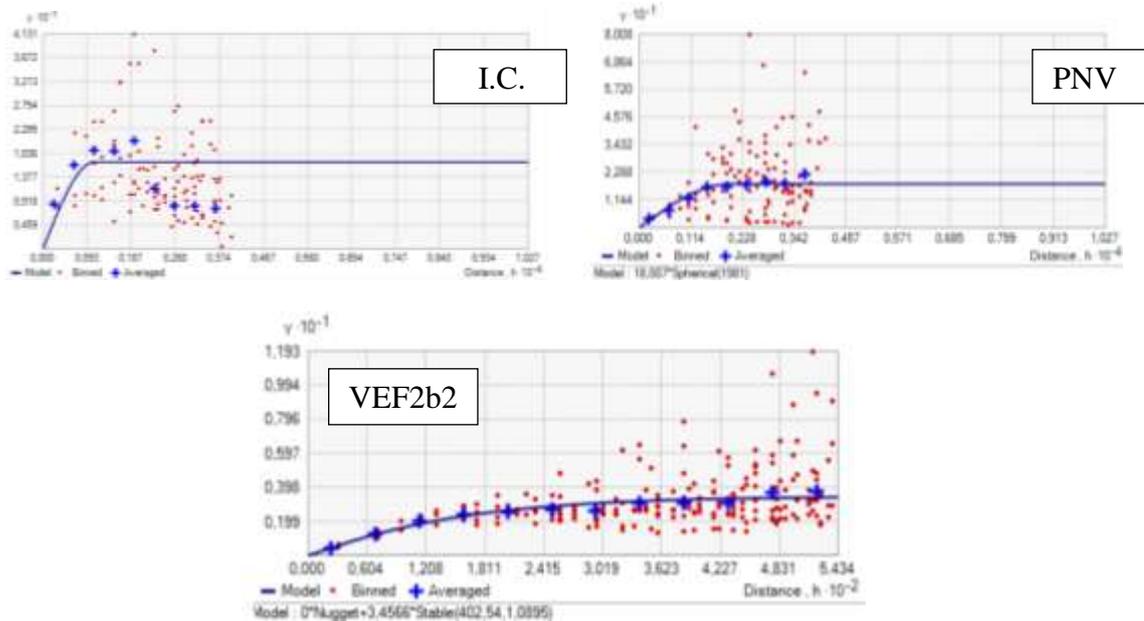


FIGURA 86: Variogrammi omnidirezionali di proprietà dei tre complessi litologici dell'area:

I.C. (profondità del tetto), PNV, VEF2b2 (spessore)

Questi risultati statistici, di fatto, confermano la possibilità di poter ricostruire le superfici di deposizione o la potenza dei depositi attraverso l'applicazione di un algoritmo di interpolazione esatta, quale il kriging.

Alcune superfici deposizionali sono state analizzate con l'algoritmo di natura deterministica, quale il TSA, fortemente consigliato nei casi di pre-processing, con il fine di - rimuovere un eventuale trend di fondo della variabile da stimare, - possedere un primo confronto della bontà dei risultati attraverso i test di validazione, - avere valide conferme vulcanologiche sulla messa in posto dell'unità di facies I.C. (o TGC).

L'algoritmo di stima TSA (Trend Surface Analysis) provvede alla costruzione di una superficie continua (prediction surface) che interpola i valori della variabile Z con una funzione lineare delle coordinate X e Y dei punti-misura con il criterio della regressione dei minimi quadrati.

Questa funzione deterministica, detta equazione polinomiale, può essere associata ad una superficie interpolante gradualmente più evoluta (Figura 79) e che, variando il grado di polinomio scelto (1,2,3,..), può essere prima orizzontale, poi curvata, ancora, curvata due volte e così via, con equazione

Superficie del I ordine: $Z_e = A + Bx + Cy$

Superficie del II ordine: $Z_e = A + Bx + Cy + Dx^2 + Exy + Fy^2$

Superficie del III ordine: $Z_e = A + Bx + Cy + Dx^2 + Exy + Fy^2 + Gx^3 + Hx^2y + Ixy^2 + Jy^3$

.....

dove

Z_e = valore di Z stimato al nodo di griglia

X,Y = coordinate

A,O = coefficienti dell'equazione che rappresenta la migliore superficie adattata ai punti di misura

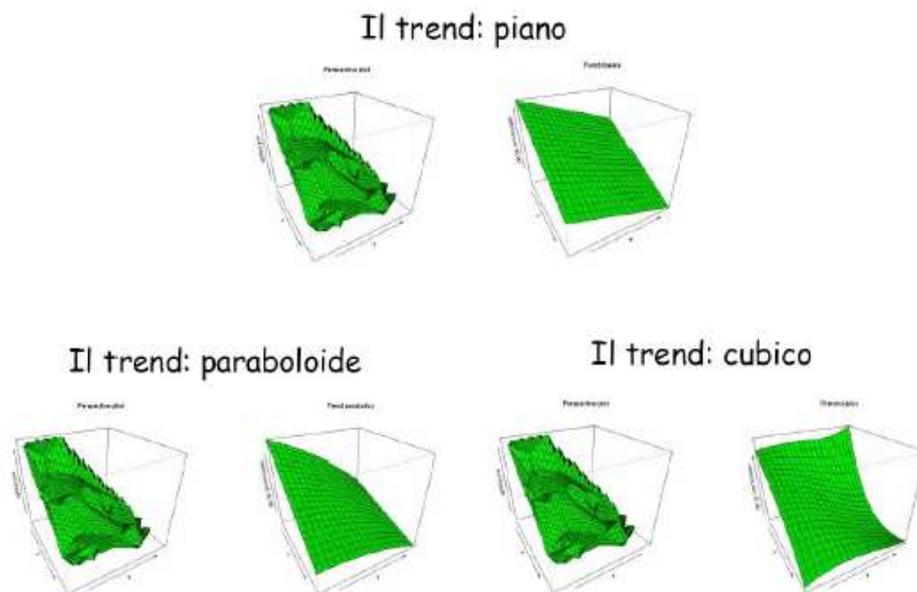


Figura 87: Esempi di Superfici Polinomiali (Raspa, 2010)

L'analisi dei residui permette di separare i dati relativi alla variabile ambientale che è interpolata in due componenti, una di natura più regionale (componente strutturata) e l'altra attribuibile a fluttuazioni in aree ristrette (anomalie locali), potendo così cartografare quella di maggior interesse, sicché si parlerà di Global Polynomial e Local Polynomial Methods. La bontà della stima (Good of Fitness), in genere, migliora con l'ordine della polinomiale, ma occorre sottolineare che, specialmente nei casi in cui la distribuzione dei punti di misura disponibili è diffusa ma non regolare, diventa più difficile attribuire alla superficie interpolata un significato fisico, le superfici calcolate sono altamente sensibili ai valori estremi, alti o bassi, particolarmente ai bordi, pertanto, l'algoritmo TSA offre buoni risultati tra 1 ed il 4 ordine dell'equazione.

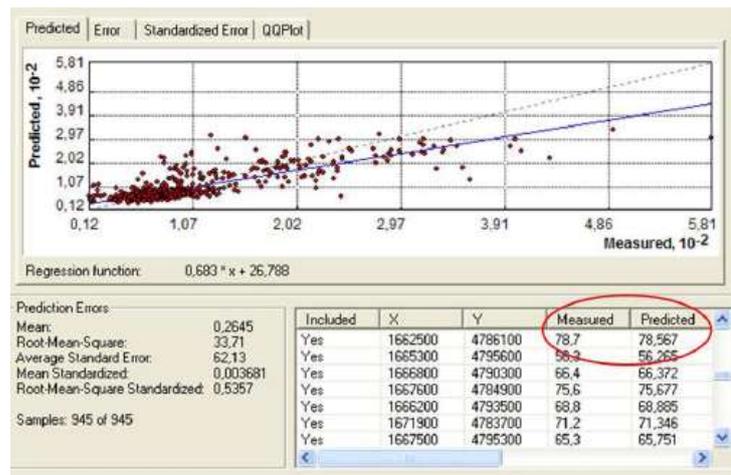
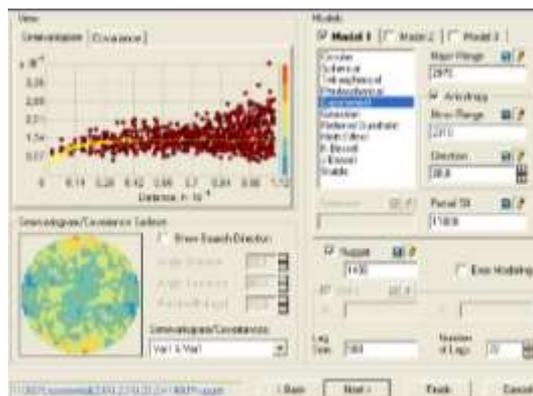


FIGURA 88: Applicazioni del Kriging in Ambiente GIS

Il Kriging da una soluzione al problema dell'interpolazione basandosi su un modello continuo di variazione spaziale stocastica che trae la conoscenza dal comportamento di una variabile attraverso il variogramma. I diversi tipi di kriging si differenziano a seconda degli obiettivi che ci si pone (stima di un punto, di un valore medio, di una distribuzione, etc...), potendo lavorare alcuni (Simple Kriging, Ordinary Kriging) con sole variabili stazionarie del secondo ordine, ossia presentano media costante e varianza dipendente solo dal lag muovendosi da punto a punto del campo), ed altri (Universal kriging) con variabili anche non stazionarie, con una media dei valori non costante da punto a punto. Questi interpolatori esatti, definiti con l'acronimo BLUE (Best Linear Unbiased Estimator), sono un'applicazione naturale della teoria dei processi probabilistici di Wiener-Kolmogorov ai dati spaziali. La caratteristica di questi algoritmi consiste nell'utilizzo di una combinazione lineare di dati noti per stimare il valore della proprietà di interesse in un punto non campionato, con un criterio di pesatura basato sulle distanze tra il punto di stima ed i dati noti sulla geometria di campionamento degli stessi, con il fine di minimizzazione la varianza degli errori. In particolare, il Kriging si pone come uno strumento di ricostruzione spaziale di una variabile più precisa di quella offerta dalla interpolazione deterministica IDW (Inverse Distance Weighting), verificandosi:

$$\hat{Z}(s_0) = \sum_{i=1}^N \lambda_i Z(s_i)$$

con:

$Z(s_0)$ è il valore della variabile Z da stimare nel punto s_0 (prediction point);
 $i = 1, 2, 3, \dots, N$, è il numero di punti utilizzati nella stima per interpolazione, ossia punti che circondano il prediction point e per i quali sono disponibili misure della variabile Z ;

λ_i è il peso assegnato a ciascuna misura dipendente dalla localizzazione spaziale; $Z(s_i)$ e la cui sommatoria con i pesi assunti dai punti di osservazione più vicini abbia il valore unitario;

$Z(s_i)$ è il valore misurato della variabile Z nel punto s_i .

$Z(s_o)$ è il valore della variabile Z da stimare nel punto s_o (prediction point);

I quattro campioni più vicini contribuiscono nel kriging per l'80% del peso totale, il restante 20% viene assegnato all'incirca ad altri punti vicini, di conseguenza - i campioni vicini hanno più influenza di quelli lontani e l'entità del peso dipende dalla posizione e dal variogramma adottato; - i campioni raggruppati in un certo intorno portano meno peso di quelli isolati.

In assenza di condizione di non stazionarietà del dato, ossia quando esiste un significativo trend spaziale del dato, il kriging universale può modellare e sottrarre il drift presente nel dato tramite una funzione deterministica della localizzazione $Z(x)$, indi, analizzare il residuo $m(x)$. Dato che il drift ed il residuo non sono correlati, il valore della funzione $Z(x)$ è pari a

$$Z(x) = \sum_{k=0}^K a_k f_k(x) + m(x)$$

dove $\sum_{k=0}^K a_k f_k(x)$ è la somma di un set di funzioni $f_k(x)$ polinomiali di ordine 1 o 2 ed $f_0(x) = 1$ ed il termine $m(x)$ è il componente stocastico (variogramma).

La scelta del metodo e dell'algoritmo di interpolazione più appropriato spetta all'operatore il quale può verificare il modello predittivo, con le tecniche di Cross-Validation. Queste ultime sono metodi di validazione del processo che, nello specifico, quantificano la differenza complessiva tra due dataset numerici, permettendo di riconoscere fra le varie superfici interpolate quella che meglio approssima i nostri dati.

Esistono due versioni di cross-validation: una si basa sulla definizione di un sub-set di validazione che comprende, per esempio, il 20% dei dati misurati e che viene escluso dal processo di interpolazione, successivamente, i dati di validazione vengono poi confrontati con i corrispondenti valori interpolati tramite tecniche come il Root Mean Square Error (RMSE); l'altro, detto Leave-

On-Out (o Jack-Knife), attraverso un variogramma da testare, si basa sull'esclusione iterativa dal dataset di una singola osservazione per volta che è confrontata con il valore delle altre, sino ad effettuate il processamento completo dei dati noti. Lo studio del dataset dei residui, ossia le singole differenze tra i risultati stimati Z -iesimi ed il valore reale Z' , indica il comportamento del modello sul numero di campioni n con parametri come:

-la media dei residui, che indica l'approssimazione della stima, il quale deve essere prossimo a zero: -l'errore minimo quadrato (RMSE), che indica la

precisione della stima $\sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_i - Z')^2}$, il quale deve essere il più piccolo possibile:

- la deviazione standard dell'algoritmo (MSDR) $\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(Z_i - Z')^2}{\sigma^2}$, la quale permette di confrontare la grandezza degli errori predetti con gli errori realmente commessi, nota come varianza dell'errore σ^2 , ossia la varianza vera e quella calcolata nella cross-validation.

4.3 RISULTATI

Si presenta una rassegna di mappe ad isolinee (TAVOLE TEMATICHE) che, in rapporto alla distribuzione e qualità dei dati esaminati, offrono un' adeguata risposta ad una conoscenza di maggior dettaglio del sottosuolo dell'Alto Nolano e, a grande e media scala, degli assetti generali delle unità di facies.

Alla luce di questa disamina, è stato possibile fornire nuovi spunti di lettura dell'architettura geologica, geomorfologica, tettonica e idrografica che sono alla base di questo sistema ambientale.

1) ORIZZONTI SUPERFICIALI:

(N. 200 campioni di misura del Dataset Stratigrafico)

A) IGNIMBRITE CAMPANA (I.C. o TGC) [39 Ka]

Questa importante formazione vulcanica costituisce un corpo continuo in tutta la Piana Campana (Barberi et al., 1978; Ortolani et al., 1985; Rosi et al., 1987; Fisher et al., 1983; Bellucci et al., 1994; Romano et al., 1994; Orsi et al., 1996), con un prelievo edilizio dal sottosuolo dell'Alto Nolano che parte dalla fascia nord del Lago di Avella fino alle cave-discariche Paenzano I e II, a sud dell'Autostrada Na-Ba e, ancora, dalla regione centrale dove si sviluppano gli abitati di Tufino e Comiziano fino sotto le pendici occidentali dei rilievi di Casamarciano. Una dettagliata ricostruzione dei processi magmatici e vulcanologici coinvolti nell'eruzione dell'I.C. è stata proposta da Fisher et al., (1993), Orsi et al., (1996), Pappalardo et al., (2002), Rolandi et al., (2003). L'evento eruttivo iniziò molto probabilmente con un'esplosione freatomagmatica, seguita dalla formazione di una sostenuta corrente pliniana proveniente dal magma più evoluto che si elevò nell'atmosfera ad un'altezza non inferiore a 40 Km (Figura 89-a). La fase pliniana fu seguita dall'inizio del collasso della caldera accompagnato dalla formazione di correnti piroclastiche molto espanse alimentate dal livello di magma più superficiale, riportate nelle Figura 89-b, che si spostarono verso nord e verso sud depositando i materiali sui rilievi del Roccamonfina e della Penisola Sorrentina. Durante il collasso della caldera, fu raggiunto il massimo tasso di emissione con l'estrazione di entrambi i livelli di magma parzialmente miscelati tra loro.

Questa seconda fase, nella quale la colonna pulsante viene alimentata fino ad un'altezza non inferiore ai 30 Km (Fedele et al., 2003), venne accompagnata dalla formazione di ulteriori correnti piroclastiche che si spostarono radialmente dal bordo della caldera depositando l'ignimbrite a composizione intermedia fino a 80 Km di distanza (Figura 89-b). Infine, nel corso della terza fase della eruzione venne estratto solo il magma più profondo e meno evoluto con una nuova generazione di flussi mobili ma meno diluiti che raggiunsero brevi distanze nella Piana Campana (Figura 89-c).

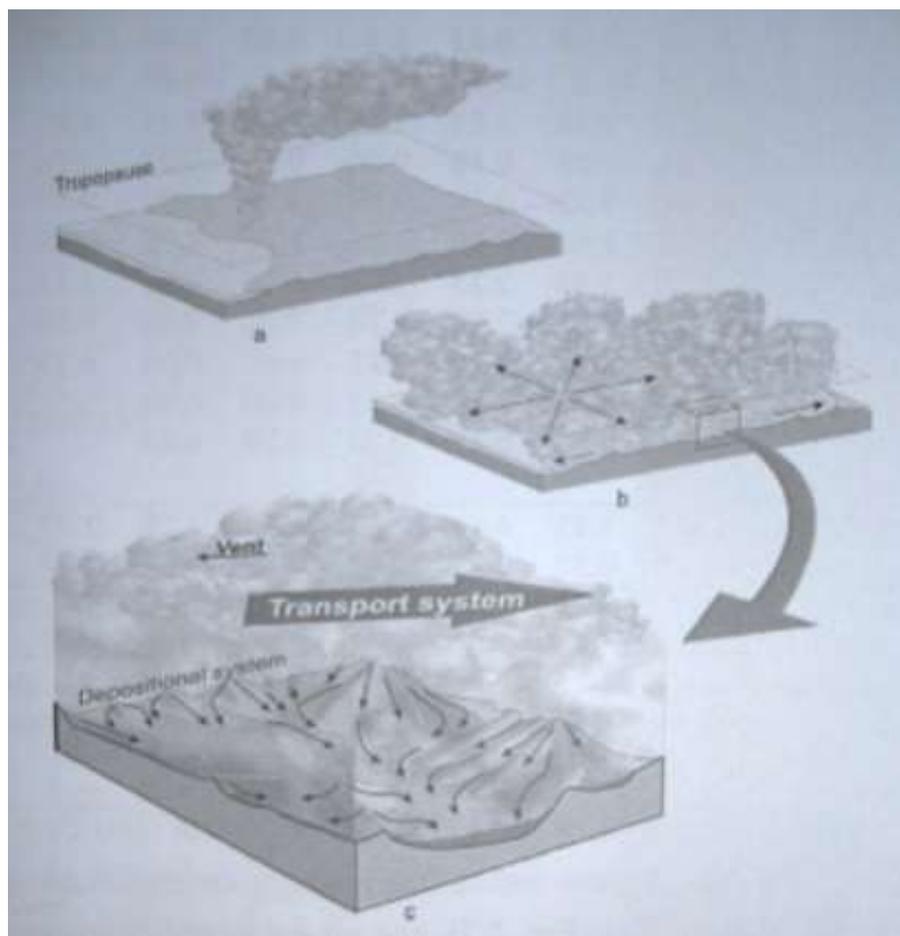


FIGURA 89: Principali fasi dell'eruzione dell'Ignimbrite Campana secondo il modello di Fisher et al. (1993) - a) colonna pliniana sostenuta; b) correnti piroclastiche espanse; c) sistemi di trasporto in regime di correnti turbolente e diluite e di deposizione dei flussi gravitativi controllata dalle condizioni morfologiche

Nella TAV. 2 vengono presentati due modelli di distribuzione spaziale del tetto della formazione vulcanica nell'Alto Nolano derivanti dall'applicazione degli algoritmi Kriging e TSA. La bontà della predizione, attuata attraverso robusti indici statistici della varianza interna dei dati acquisiti e stimati (RMSE, RMSD), esprime garanzie di concretezza per entrambi i tematismi.

Dall'andamento della morfologia del tetto dell'unità tufacea riferito alla superficie del suolo, si evidenzia la variabilità della profondità di rinvenimento di questa formazione nei siti di antica estrazione, tra - 4 m e -12 m nella regione settentrionale, tra - 12 m e -16 m nella regione meridionale e, ancora, tra - 12 m e - 24 m in quella orientale (TAV. 2-a). All'interno del settore "A" della Pianura Campana con caratteristiche stratigrafiche e strutturali simili, comprendenti

le fasce di raccordo con i massicci carbonatici che si sviluppano da Sarno a Cancellò, la graduale immersione del tetto dell'Ignimbrite Campana verso la porzione centrale dell'Agro Nolano non sembra essere dovuta alla presenza di faglie ma alla preesistente morfologia sui cui si è adagiata (Aprile et al., 2004). L'ipotesi di uno stress tettonico nel complesso carbonatico è confermato da un sistema di fratturazione continuo e pervasivo orientato NW-SE e accompagnato da fasce cataclastiche presso l'impianto CDR di Tufino. In quest'ultima area, si assiste a brusche soluzioni di continuità nell'unità ignimbritica, che, se prima si colloca sulla roccia calcarea, viene rapidamente sostituita da alternanze di depositi detritici e colluvioni presenti fino ad almeno 50 - 60 m di profondità (Pisano, 2010). La formazione tufacea è interessata da fasi erosive post-deposizionali che, nella zona centrale della TAV. 2-a, hanno modulato la superficie del tetto dell'I.C. secondo una morfologia a catino, che è in asse con le paleoconoidi delle propaggini meridionali dei Monti di Avella.

L'andamento delle isobate del tetto dell'unità tufacea riferite alla superficie del mare è più regolare e presenta vergenze verso i quadranti occidentali (TAV. 2-b), con un assetto deposizionale che è coerente con gli studi di ricostruzione paleo-ambientale compiuti da vari studiosi a vasta e piccola scala (Ortolani et al., 1985; Di Vito et al., 1998) e con i menzionati contenuti della nuova cartografia geologica redatta dall'ISPRA (Progetto CARG, Foglio N. 448 - Ercolano).

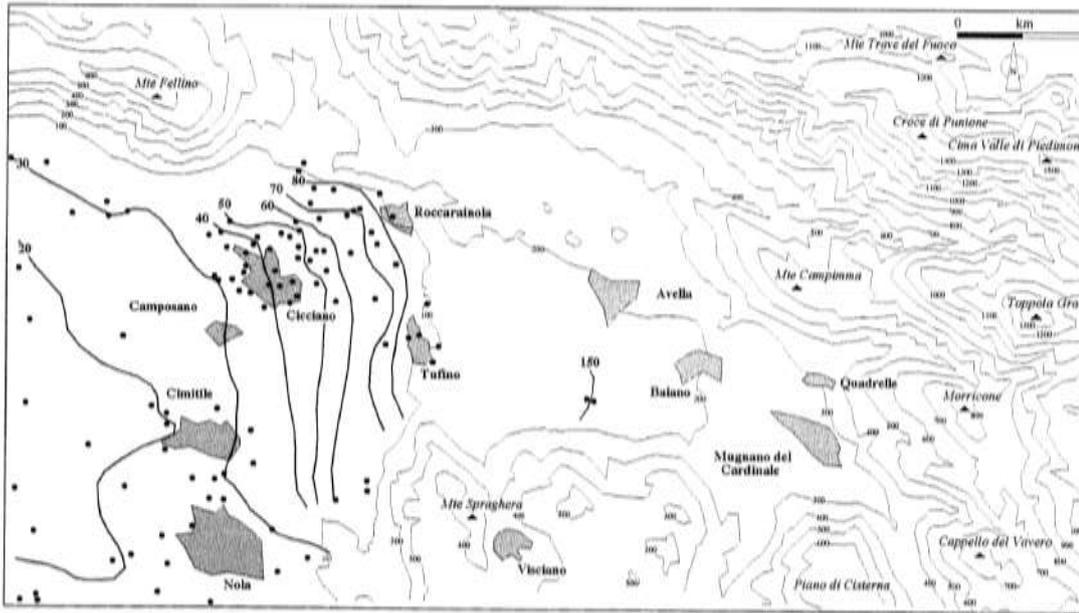


FIGURA 90: Carta delle isobate del tetto dell'I.C., espresse in m. s.l.m., i punti neri indicano l'ubicazione dei sondaggi selezionati per il tracciamento delle isobate (Di Vito et al., 1998)

B) UNITA' FLUVIALE DI FONDOVALLE (VEF2b2) E DETRITICO-COLLUVIALE (PNV)

Nei due modelli spaziali afferenti la distribuzione dei depositi coincidenti con l'unità di facies PNV (Piano delle Selve), la più affidabile correlazione spaziale è ottenuta con il metodo Kriging.

Nei due casi, la coltre piroclastica svolge una funzione di livellamento delle morfologie di erosione prevalentemente fluviale, evidenziando nella pianura una sostanziale omogeneità e, se si esclude l'area delle due discariche di Paenzano, essa si attesta su spessori compresi tra 4 m e 8 m, con i primi caratteristici dell'abitato di Tufino. Inoltre, se si trascurano i valori più elevati osservati per la sola area a stratigrafia complessa posta ad est, dove sono ubicate gli impianti di trattamento dei rifiuti (CDR. STIR), l'isopaca 8 m si restringe a siti dell'area urbana e periferica di Casamarciano.

Le Ghiaie Carbonatiche di Tufino (VEF2b2) derivano dallo smantellamento dei circostanti contrafforti carbonatici, per effetto di una scarsa copertura arborea, in un contesto climatico arido o semi-arido freddo, dedotto dalla macrofauna rinvenuta, postumo alla messa in posto dell'I.C.

Dal confronto della distribuzione in spessore delle due unità, si evidenzia l'elevata capacità della valle di aver recepito e spaiato i cospicui materiali alluvionali provenienti dalle circostanti aree rilevate. I fenomeni di accentuato crioclastismo, indotti dalle menzionate variazioni climatiche, furono anche favoriti dall'abbassamento generale del livello di base generalmente rappresentato dal livello marino (Bard et al., 1990; Shakleton, 1987) e dal riassetto dei profili di equilibrio delle aste fluviali dopo la deposizione dell'Ignimbrite Campana.

Tra le tre carte a isolinee che definiscono la distribuzione spaziale dello spessore del complesso VEF2b2, che si pone a diretto contatto con l'orizzonte tufaceo attraverso una superficie di base nettamente erosiva, la bontà di stima è elevata sul tematismo ottenuto con il Kriging.

Le isopache di questo deposito ghiaioso-sabbioso, vergendo da est verso ovest, entro un intervallo prevalente tra 3 m e 6 m, sono più compresse sul versante occidentale di Casamarciano e si dilatano, anche con articolate divagazioni, nell'area compresa tra Tufino e Comiziano.

Quest'aspetto geometrico è sintomatico di un'area a forte energia cinetica e che fu sottoposta prima all'azione di conoidi di deiezione molto estese, talora, ad alimentazione sia carbonatica con matrice vulcanoclastica e, successivamente da un sinuoso e divagante alveo del Fiume Clanio.

L'andamento delle isobate del tetto del complesso VEF2b2, rapportate al livello medio mare, come illustrato nella TAV. 4-d e nella Figura 91, presenta una generale conformità con quello dell'orizzonte dell'I.C., in linea con altri studi svolti in questo settore del Nolano (Di Vito, 1998),

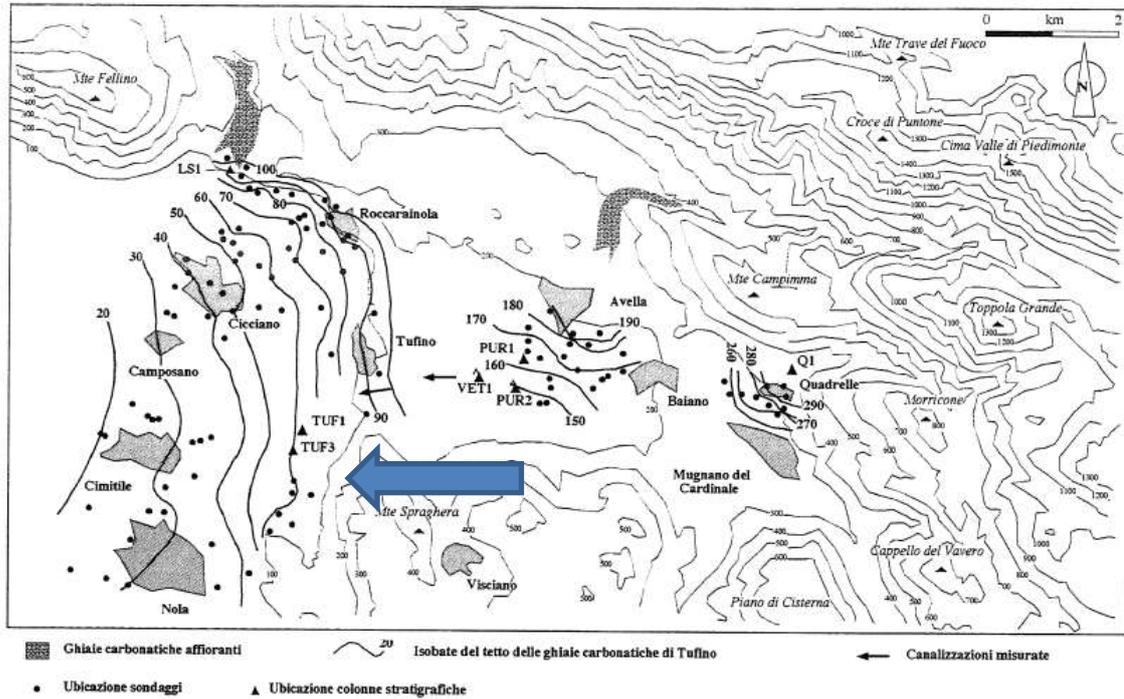


FIGURA 91 - Carta delle Isobate dell'Unità VEF2b2, espresse in m. s.l.m.. I numeri indicano l'ubicazione di sondaggi selezionati per il tracciamento delle isobate (De Vivo et al., 1998)

Le ghiaie alluvionali, come già discusso al Capitolo 3.7, riempiono le incisioni prodotte nel tetto del tufo da paleoalvei, alcuni dei quali visibili sui fronti superiori delle cave di zona e nella Figura 92, in linea generale, le variazioni di spessore di quest'unità hanno un andamento del drenaggio che è parallelo all'asse della valle attuale (Del Prete et al., 2009).

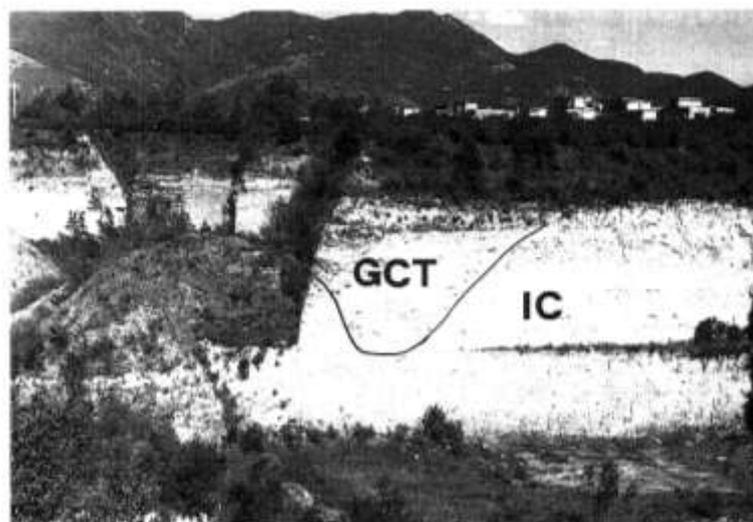


FIGURA 93 : Paleoalveo (CGT) riempito da ghiaie e subordinatamente da materiali vulcanoclastici al tetto dell'I.C. nella zona di Tufino (Foto De Vivo et al., 1998)

Una particolarità a questa situazione è rappresentata da un potente deposito di ghiaie e di ciottolame calcareo, in matrice sabbiosa cineritica che, disperdendosi dalla base di un impluvio di alimentazione posto sul lato occidentale del rilievo collinare di Casamarciano, denominato "Fosso dell'Astotelle", si estende fino all'area delle cave e ghiaie aperte negli anni '90, questo aspetto stratigrafico che emerge sia dall'osservazione delle Figure 92 e 93 e da tutte le successive interpolazioni geostatistiche in TAV. 4, è stato interpretato nell'ammettere l'esistenza di una conoide di II generazione che ha inciso una placca tufacea ai piedi del vallone e sbarrato a sud una cavità antropica. Infine, la drastica riduzione di apporto di materiale carbonatico può essere inquadrata nella transizione Pleistocene-Olocene a seguito della rapida espansione delle aree forestali per l'aumento di temperatura ed umidità. I depositi fluviali, sempre meno frequenti, furono gradualmente sostituiti sino all'attuale dai depositi dell'unità di facies PNV, composti da piroclastiti di caduta dei Campi Flegrei e del Somma Vesuvio, ricoperti ed intervallati da frequenti paleosuoli.

2) CONDIZIONI DEPOSIZIONALI DELL'UNITÀ I.C. o TGC [39 Ka]

(N. 60 campioni di misura del Dataset Stratigrafico)

3) CONSISTENZA E RICOSTRUZIONE DEL LIMITE INFERIORE

La distribuzione areale dell'unità I.C. che viene riportata nella TAV. 5-a, risente dei processi eiettivi di trasporto dal centro di emissione e di quelli deposizionali a vasta scala con cui la formazione vulcanica ha potuto ricoprire vaste zone della Campania (Cappelletti et al., 2003).

Secondo le convinzioni di Fisher et al., (1993) ed Ort et al. (2003) le correnti piroclastiche che sormontarono i rilievi montuosi alti fino a 1500 m e

viaggiarono sulla superficie del mare possono essere descritti come un doppio sistema di trasporto e deposizione (Figura 89- c).

Questo assunto porta a ricondurre i flussi piroclastici dell'I.C. ad un sistema turbolento ed espanso di gas e particelle che, come correnti diluite molto più spesse dei più alti rilievi sormontati, si muovono sulla superficie topografica o da mare (Figura 94).

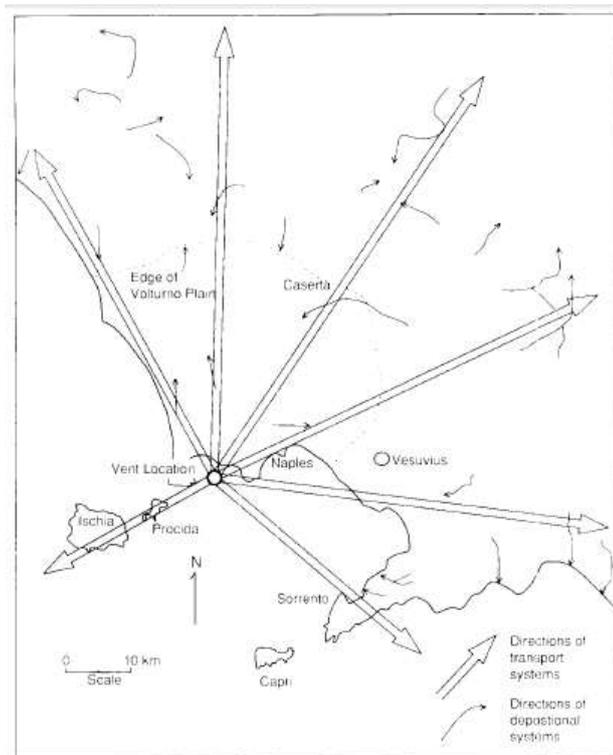


FIGURA 94: Modello schematico delle direzioni dei sistemi di trasporto e deposizione dell'Ignimbrite Campana. il sistema di trasporto e' ipotizzato con una dispersione a 360 gradi dal Golfo di Pozzuoli. Sulla base dei dati AMS, il sistema di deposizione retrocede dalle pendici delle creste e dai fondi delle vallate (da Fisher et al. 1993)

Il sistema dinamico assume la caratteristica di stratificare continuamente e, risultando più denso alla sua base, va verso l'attuazione di condizioni di sedimentazione. In corrispondenza di ostacoli morfologici e/o a seguito di perdita di energia interna, il sistema di deposizione si separa da quello di trasporto generando flussi gravitativi controllati dalle condizioni morfologiche locali. Sebbene venga confermato l'ispessimento della formazione vulcanica

verso i quadranti nord-orientali del Nolano (Celico et al., 1995, De Rosa, 2001), è stata avanzata da alcuni studiosi l'ipotesi da ristabilimenti gravitativi del flusso in siti come Altavilla e Tufino (Ort et al., 2003), in quest'ultimo, le misure di anisotropia della suscettibilità magnetica hanno evidenziato una direzione dell'asse AMS-K1 che, per il livello zeolitizzato inferiore (OF63) e di quello sovrastante (OF65) è localmente diretto secondo l'asse della valle e per quello zeolitizzato superiore, il cui spessore risulta poco meno di 12 metri (OF64), è fuori dalla valle o di una vicina cresta (Figura 95).

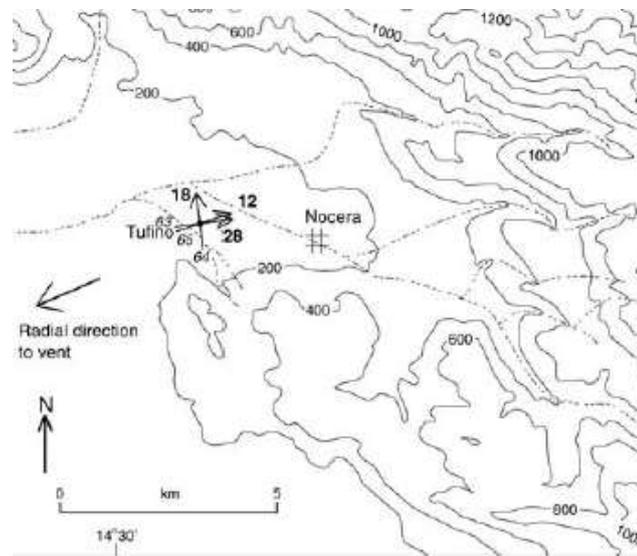


FIGURA 95: Direzioni dell' AMS- K1 nel sito di Tufino
Orientamento dei rilievi 180° e delle valli 270° (da Ort. et al., 2003)

Un controllo tettonico potrebbe ipotizzarsi per la struttura profonda su cui il tufo si è adagiato, quest'ultima sarebbe interessata da dislocazioni a basso rigetto poste ai piedi delle aree rilevate (Aprile et al., 2004), come può evincersi dall'orientamento dell' isopaca 25 metri o, nell'area delle due discariche, da evidenze stratigrafiche in ordine alla quota di rinvenimento del tetto dell'Ignimbrite Campana. Queste risultanze geologiche che, tra l'altro, già indicano un locale innalzamento del tetto dei calcari nei sondaggi posti più a sud dell'area di Paenzano, sono comprovate dal rilevamento di una faglia locale con direzione E-W e di altre con direzione N-S (Figura 96), una delle quali

instaurata nell'alveo di Visciano, responsabili del dislocamento disorganico del substrato carbonatico (Pisano, 2010),

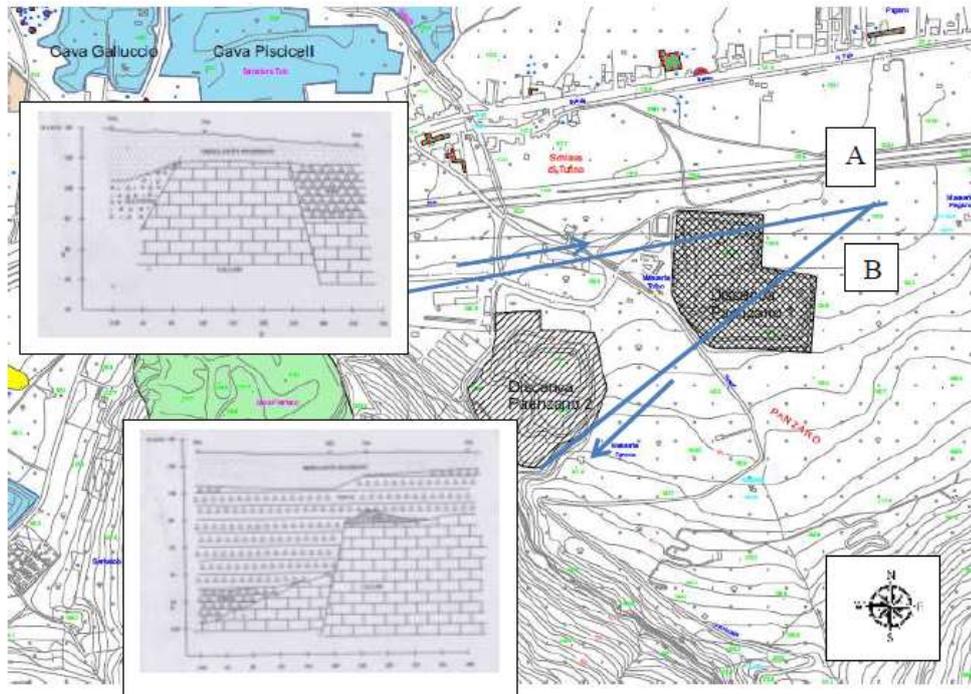


FIGURA 96: Traccia di sezioni geologiche nell'area di Paenzano

L'isopaca 30 m si pone al centro dell'area tra l'abitato di Comiziano e le Tufare Scoperte di Tufino. Nell'area estrattiva posta a nord-est, lo spessore della Ignimbrite Campana aumenta sino a valori di 30 - 45 m dove sono allocate la gran arte delle cavità-cantine di Tufino, in ultimo, l'isopaca 20 m definisce la potenza del tufo grigio campano nell'area amministrativa di Casamarciano.

I risultati sono coerenti con quelli contenuti in lavori scientifici sull'I.C. contrari alla presenza di un unico centro di emissione (Rolandi et al., 2003), propensi alla ipotesi di una eruzione fissurale che sia avvenuta in più fasi e da sistemi di faglia variamente orientati e dislocati nella Piana Campana, tale da ascrivere l'area in studio ad una regione intermedia (I-CVZ) della Campanian Volcanic Zone con una buona esposizione stratigrafica dei prodotti o unità associate all'eruzione. E' stato possibile redigere una carta della facies LYT o del tufo cavabile facendo uso - a) del congruo numero di stratigrafie di pozzi profondi (hard data) dove la transizione di facies giallo-grigio era stata accuratamente annotata dal tecnico redattore della colonna litologica e - b) di informazioni

ausiliarie (soft data) costituite dallo spessore del banco tufaceo misurato sino al piano di esaurimento delle cave a fossa e dalle numerose altezze delle cavità antropiche rilevate in zona. I risultati raggiunti, che sono espressi TAV.5- b, portano ad una distribuzione territoriale della facies gialla dell' I.C. (o TGC) piuttosto complessa che: - nella zona centrale occupata dai centri abitati di Tufino e di Comiziano, lungo una direttrice ovest-est, si esprime secondo spessori intorno ai 28 m circa; - si concretizza verso la Cava Tanagro (ad ovest) e sensibilmente verso la Cava Apostolico (ad est) entro potenze di circa 32 metri; - infine, in zona meridionale (Casamarciano) e settentrionale (Frazioni Risigliano e Vignola di Tufino), esibisce spessori non superiori ai 12 metri.

Questo quadro, apparentemente non conciliabile con i modelli predittivi della interpolazione TSA, avvalorava l'opinione sostenuta da alcuni studiosi che il fenomeno zeolitico osservato in spessori più o meno consistenti dell' Ignimbrite Campana, sia stato influenzato dall'ambiente di deposizione. È noto che la zona in questione era già in subsidenza attiva quanto meno dal tardo Pleistocene, con un primitivo raccordo morfologico tra aree più rilevate e quelle sottostanti attraverso depositi marini terrazzati ai piedi della dorsale dei Monti di Canello-Avella (Letto et al. 1963) e con potenti depositi di conoide di prima generazione (Di Vito M.A. et al., 1994).

I meccanismi minerogenetici post-deposizionali che hanno dato luogo alle diverse facies dell'I.C. hanno fortemente arricchito l'unità LYT di zeoliti (de Gennaro et al, 1999) quali - la cabasite, ricca in calcio, presente per diversi metri di spessore nella porzione centrale di questa facies e - la phillipsite, ricca in sodio, predominante nella parte alta della stessa.

La distribuzione stratigrafica di questi importanti tectosilicati, in termini di quantità e tipologia, riveste un ruolo fondamentale nella definizione delle temperature massime che si possono essere instaurate nella facies LYT congiuntamente all'azione svolta dai cationi alcalini ed alcalino-terrosi nel processo di zeolitizzazione.

In tale contesto, è importante far notare come l'ispessimento della facies LYT osservato nella porzione centrale dell'area in studio (maggiore di 35 m), possa offrire ricadute sulla ricerca di ulteriori fattori, non riconducibili al solo gradiente termico esistente nell'intero deposito, che hanno permesso le due modificazioni di facies.

Un aspetto interessante della discussione sarebbe giustificare il locale e modesto spessore della facies WGI (3-4 m) e che tuttavia, a parità di spessore totale dell'unità I.C., si esprime molto più ad ovest secondo potenze maggiori (>15 m) a spese della facies LYT (Bellucci, 1992).

Ne concludiamo che se le condizioni adatte alla zeolitizzazione della porzione superiore del flusso ignimbrico sono state individuate -a) nelle basse temperature favorevoli per l'idrolisi e la dissoluzione di vetro fresco trachitico ad opera di acque di percolazione meteorica e, in un ambiente sodico-potassico gradualmente in impoverimento reattivo, - b) nella cristallizzazione di zeoliti sempre più ricche in calcio, depositatesi al centro dell'unità, non si può senz'altro trascurare l'apporto di una circolazione di acque ricadenti sull'antica piana del Fiume Clanio da un sistema idrografico convergente impiantato nella cinta dei Monti di Avella e di Casamarciano.

Il possibile limite di fondo della formazione tufacea, infatti, ricostruito attraverso una superficie deterministica che interpola i punti-quota del letto del tufo zeolitizzato riferiti al livello attuale, come quella riprodotta nella TAV.5-c, presenta una forma articolata e la sua interpretazione può offrire informazioni importanti sul contesto morfologico ed idrografico prima dell'eruzione.

3) QUADRO IDROGEOLOGICO

La posizione dei punti di controllo rimanda al database idrogeologico realizzato dalla SOGIN Spa per il Monitoraggio e Controllo della Qualità dell'Ambiente, per la presenza delle due discariche RSU Paenzano I e II, nei territori amministrativi di Casamarciano, Tufino e Visciano.

Si tratta di misure della profondità del livello della falda profonda rilevata in n. 60 pozzi perenni nel periodo 2003-2004. Al fine di realizzare un prodotto aggiornato per la realizzazione di una carta delle isofreatiche e di confermare modelli di circolazione sotterranea, sono stati acquisiti gli stessi dati nell'Aprile Maggio 2011 (Figura 97)

DATABASE IDROGEOLOGICO

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Comune	X	Y	Quota boccapozzo (m.s.l.m.)	Boccapozzo (m)	Prof_Falda (m dal boccapozzo)	Profond_falda (m.s.l.m.)	
2		2482196	4531702	64,99	0,48	38,14	26,85	
3		2482508	4530921	85,64	0,00	57,89	27,75	
4		2482046	4531874	64,48	0,00	37,50	26,98	
5		2482368	4531856	68,71	0,94	41,88	26,83	
6		2482451	4531069	78,94	0,50	51,82	27,12	
7		2482291	4531079	73,87	0,00	47,18	26,69	
8		2482448	4531507	67,06	0,00	40,08	26,98	
9		2481467	4532060	60,46	0,93	33,43	27,03	
10		2482054	4531689	63,14	0,73	36,25	26,89	
11		2481473	4531987	54,48	0,12	27,60	26,88	
12		2482088	4531326	65,05	0,10	38,13	26,92	
13		2482180	4531147	72,40	0,00	45,36		
14		2482722	4532759	82,92	0,00	55,92		
15		2482042	4532496	68,32	0,47	41,08		
16		2482612	4532512	80,02	0,65	52,73		
17		2482850	4532484	84,54	0,75	58,02		
18		2482643	4532654	81,33	0,00	54,02		
19		2483882	4532566	132,63	0,67	105,95		
20		2481017	4532106	50,04	0,00	22,26		
21		2482506	4532000	74,23	0,00	47,05	27,18	
22		2481962	4531480	59,97	0,60	33,10	26,87	
23		2481558	4531118	62,60	0,00	35,05	27,64	



FIGURA 97: Archivio dei punti d'acqua per il controllo ambientale dell'area

Dall'andamento della curve isopiezometriche locali, riportato nella TAV. 6-a, emerge che la quota della falda già misurata nel 2003, nonostante l'aumento degli emungimenti degli ultimi anni è ancora oggi compresa tra +28 m e +31 m s.l.m. (Allocca et al., 2008), rimanendo la sua oscillazione media annua, stimata in 2 m circa, invariata anche rispetto ai dati del Servizio Idrografico riferentisi ad oscillazioni della stessa falda misurate dal 1929 al 1962 (Viparelli, 1978)

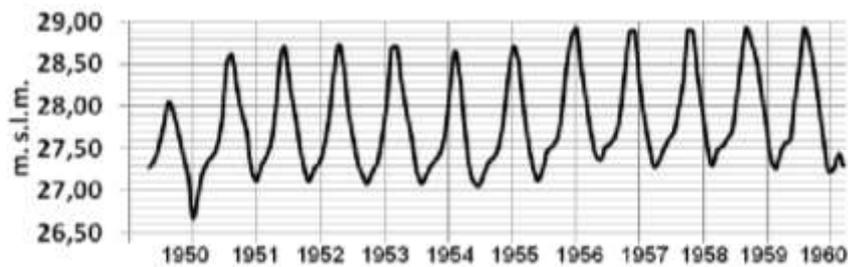


FIGURA 98 : Grafico dell'oscillazione della falda in un pozzo locale tra il 1959 ed il 1960 (Annali Storici dell'Istituto Mareografico e Idrografico dello Stato)

Si è constatato, tra l'altro, che anche all'epoca dell'apertura delle cavità più antiche, il regime idrogeologico non doveva essere molto diverso da quello attuale, infatti, da pozzi d'acqua in uso nel 1860 per dissetare la comunità di Casamarciano e di cui si rivela l'esistenza in alcuni documenti dell'Intendenza dell'Archivio di Stato di Caserta, antiche sorgive sui luoghi detti "Auriano", "Quartiere Curti", "Campanile", si deducono livelli idrici compresi tra palmi 235 (61 m), 210 (54,6 m) e 195 (51 m) e che, in rapporto all'altezza topografica dei siti, rivelano isopieze del corpo idrico comprese tra +27 m e +28 m. s.l.m.



FIGURA 99 : LIVELLI DI FALDA IDRICA NEL XIX SECOLO
(Fonte: Intendenza Borbonica, Casamarciano, Affari Comunali, ASC b. 1190)

La profondità della falda idrica lascia presagire che il principale corpo idrico di giacenza sia costituito dalle rocce del basamento carbonatico su cui è adagiato un complesso alluvionale di fondo, sottoposto alla formazione dell'Ignimbrite Campana, ghiaie e sabbie, materiali piroclastici.

Dall'andamento del deflusso idrico e dal particolare assetto geologico, si evidenzia che la principale fonte di alimentazione della falda di fondovalle è

costituita, più che da percolazione diretta di acque meteoriche, dall'apporto sotterraneo profondo dell'ampio bacino idrogeologico dei M.ti di Avella-Nola.

A scala più locale, comunque, possono impostarsi deflussi estemporanei nel complesso sabbioso o/e pozzolanaceo, condizioni che sono da ricondursi a intercalazioni presenti in quest'ultimo, ma anche a livelli di materiali vulcanici più alterati o grossolani oppure a lenti di depositi alluvionali.

Questa situazione è soprattutto avvalorata da anomalie riscontrate in alcuni pozzi in prossimità della S.S. 7 bis, in Frazione Schiava, dove il livello piezometrico è a quote più alte (+45 m s.l.m.). Se si considera l'allineamento di alcuni di questi punti di prelievo idrico nella direzione N-S dei sondaggi stratigrafici, ossia di quelli che hanno intercettato il tetto del basamento carbonatico tra + 75 m e + 80 m s.l.m., la falda rinvenuta a +45 m s.l.m. avrebbe ancora sede nei calcari di base qualora la dislocazione rilevata nei sondaggi si estenda in direzione N-S fino a poco oltre la SS.7bis. Emerge, inoltre, che a nord dell'autostrada Napoli-Bari, le quote piezometriche si riducono in senso orizzontale solo di circa 2 metri muovendosi verso i limiti sud e ovest dell'area di pianura secondo la direzione di flusso sotterraneo da N-NE a S-SW, ossia in accordo con quanto riportato da studi di carattere generale che indicano la direzione principale della circolazione dai Monti di Avella verso il Golfo di Napoli (Civita et al., 1974; Corniello et al., 1990; Allocca et al., 2008). A sud dell'Autostrada Napoli-Bari, invece, le quote piezometriche hanno una direzione di deflusso da sud verso nord, tuttavia, quest'andamento locale sembrerebbe dovuto alla struttura de "Il Serrone", alle spalle delle due discariche, e nelle dislocazioni per faglia dei calcari già riferite.

Per una schematizzazione idrogeologica del sottosuolo interessato dalle cavità sotterranee, si sono utilizzate le misure recenti della falda idrica per realizzare una carta della soggiacenza, illustrata nella TAV. 6-c. Si è appurato, in questo modo, che il settore caratterizzato da una falda idrica sotterranea con un pelo libero compreso tra - 40 m e - 60 m dal piano campagna, è quello che raccoglie la maggior parte delle cavità distribuite sul territorio in studio, comprendendo

rispettivamente a nord ed a sud, le grotte cantina di Comiziano, Tufino con le frazioni di Risigliano e Vignola, e Casamarciano. Il settore di falda idrica sotterranea con pelo libero compreso tra - 20 m e - 40 m dal locale piano campagna, accoglie una porzione dell'area comunale di Comiziano, ossia la frazione Gallo, ed i terreni agricoli ad ovest di Casamarciano che presentano una quantità di bocche di cava decisamente minori.

Questa situazione risponde all'evenienza che, in questi ultimi siti, la coltivazione del tufo non poteva permettere approfondimenti significativi a causa del rischio locale di ritrovarsi la cava allagata e, ancora, di prelevare tufo marcio o frolo e quindi inutilizzabile.

Il settore di falda idrica sotterranea con pelo libero compreso tra - 60 m e - 80 m dal locale piano campagna è quello che accomuna tutte le cantine del centro storico di Tufino e della frazione Schiava. In quest'ambito, il livello del corpo idrico è molto lontano dal piano di calpestio di questi ipogei che raggiungono al massimo - 16 m o - 18 m dal locale piano campagna. Infine, nell'ultimo settore posto a sud, con un pelo libero della falda idrica superiore a - 80 m dal piano campagna ricadono le bocche di cava che sono poste sul lato destro S.S.7 bis in direzione Avellino.

4) PROFILI GEOLOGICI

Al fine di rappresentare l'assetto geologico derivato dall'interpolazione e correlazione delle informazioni puntuali si riportano due profili geologici che attraversano le aree interessate dalle cavità tufacee.

Le sezioni geologiche 1 e 2, che sono riportate nella TAV. 7, offrono importanti informazioni territoriali dal momento che consentono di visualizzare l'assetto deposizionale degli orizzonti stratigrafici e la variazione di profondità del tetto della formazione ignimbratica. Inoltre, la conoscenza dello spessore e della natura dei litotipi sovrastanti fornisce indicazioni generali sullo sviluppo verticale ed orizzontale dei sistemi di cavità.

Nella Sezione 1 che attraversa il territorio da nord-est a sud-ovest secondo un orientamento N 30° E compare una coltre continua di piroclastiti PNV che si assottiglia in zona più o meno centrale andando dal settore occidentale a quello orientale, la situazione stratigrafica si presenta più articolata nel deposito alluvionale sottostante VEF2b2, dove lo spessore mostra analoghe ondulazioni e rastremazioni concentrate.

Importante è la presenza di una placca tufacea che, depostasi in ambiente pedecollinare, mostra una variazione di potenza che giustifica l'altezza variabile delle cavità che vi sono ospitate.

Nella Sezione 2. che attraversa il territorio da nord-est a sud-ovest secondo una spezzata, prima ad orientamento ancora N 30° E e successivamente ad orientamento N 45° E, viene sottolineata la differente potenza dello strato ghiaioso VEF2b2 che ha svolto una significativa azione erosiva nel substrato tufaceo, intaccandolo in più punti, sino ad assottigliarlo in corrispondenza dello sbocco di una conoide alluvionale.

Quest'ultima sezione evidenzia che, proprio nei punti interessati da una potenza significativa dello strato ghiaioso, i cavamonti non raggiunsero il tufo dovendo sospendere l'approfondimento dei pozzi di attacco.

CAPITOLO 5

CRITICITA' AMBIENTALI E TENDENZA AL DISSESTO IPOGEO

5.1 FATTORI DESTABILIZZANTI NELLE CAVITA' DEL NOLANO:

La definizione dei meccanismi di collasso dei sistemi caveali denominati "a camere e pilastri" è un problema geotecnico complesso perché intervengono numerosi fattori, quali - *le caratteristiche fisiche* (peso dell'unità di volume, porosità, grado di saturazione) dell'ammasso scavato e dei terreni posti al di sopra della zona scavata; - *le caratteristiche geometriche*, come le dimensioni dei

pilastrati e della sezione di scavo, lo spessore degli strati dei terreni o delle rocce al di sopra dell'area scavata (volume di ricoprimento); - le caratteristiche meccaniche, quali la coesione efficace, l'angolo di resistenza al taglio dei materiali che costituiscono i pilastrati e le volte; - il tempo, in ragione del progressivo deterioramento delle condizioni meccaniche dei materiali, per il propagarsi di lesioni, fessure, per possibili modifiche della circolazione delle acque, per locali collassi strutturali dei materiali ad elevata porosità, per la continua redistribuzione delle tensioni che segue a crolli e spostamenti dei pilastrati e delle volte, per la destrutturazione progressiva dello scheletro solido dei materiali che costituiscono i pilastrati. - gli aspetti tecnologici, quali la sequenza delle operazioni di scavo, nello spazio e nel tempo. Tutti i fattori descritti influenzano il coefficiente di sicurezza sulle tensioni in volta condizionando direttamente la stabilità e la conservazione dell'opera sotterranea. La definizione dei parametri fisico-meccanici di un volume di sottosuolo interessato da cavità tufacee riveste la sua importanza per eseguire qualsiasi analisi e valutazione di stabilità degli ipogei.

5.1.1 PETROGRAFIA E GEOTECNICA

Il vasto dibattito apertosi sulla genesi dell'Ignimbrite Campana, sui possibili centri eruttivi e sulle modalità deposizionali di questa formazione è alla base di interessanti ipotesi che vengono avanzate per una spiegazione plausibile delle variazioni granulometriche e chimiche presenti a piccola e grande scala e delle diverse facies di alterazione (Langella et al., 2013).

Una soluzione semplicistica sarebbe il ritenere che la deposizione dell'I.C. sia avvenuta in diversi momenti, sempre compatibili con l'età assoluta di 39 Ka, ma da vie di risalita differenziate nel tempo e nello spazio legate a più centri eruttivi (Spizzuoco, 2003).

La rapida messa in posto del materiale magmatico non avrebbe però permesso la formazione di una matrice cristallina in grado di conferire all'esteso e potente

deposito elevate caratteristiche meccaniche e di interagire in modo diverso differenziato con i vari siti di deposizione.



FIGURA 100 : Sondaggio stratigrafico - Complesso Ignimbrico (Ferraro, 2010)

Dal momento che sia la temperatura che la granulometria dipendono anche dalla distanza dal possibile centro di eruzione, questa palese condizione potrebbe spiegare la variabilità delle caratteristiche meccaniche all'interno della formazione tufacea e nei siti di appartenenza. Alcuni aspetti tessiturali caratterizzanti il fabric ed il bonding della formazione, quali il basso grado di welding ed il basso grado di collassamento della frazione pomicea indicano che il deposito, al momento dell'eruzione, doveva aver raggiunto un elevato grado di rigidità da impedire, in conseguenza della sua bassa temperatura, qualunque deformazione plastica. Queste proprietà petrografiche, per alcuni studiosi (Cappelletti et al., 2003, Langella et al. 2013) sono da mettere in relazione alla velocità di degassamento prima e durante l'evento eruttivo, a sua volta conseguenza del meccanismo di apertura delle fratture di alimentazione. Gli ammassi lapidei delle cavità del Nolano, pertanto, avrebbero avuto origine dalla deposizione e raffreddamento di una coltre piroclastica dove il fenomeno zeolitico si è espletato per la presenza di una matrice con granulometria sottile,

uniforme, con inclusi pomicei molto piccoli. I lenti fenomeni degassativi hanno impedito la genesi di "carie" nell'Ignimbrite Campana (Di Girolamo, 1968; Del Prete & Bocchino, 1999) depositatasi nei siti centrali dell'Agro Nolano e, ancora, limitato il processo di cementazione della formazione tufacea nei siti marginali (Miele et al., 1994). Quest'ultima condizione spiegherebbe le migliori, anche se non eccezionali, caratteristiche meccaniche di questa roccia tenera rispetto a quelle dei centri abitati di Cicciano e Camposano.

La caratterizzazione geotecnica dei materiali tufacei, unitamente a quella dei terreni e sciolti e detritici a copertura, presenta sovente problemi di scelta dei parametri rappresentativi del comportamento geomeccanico in sito dal momento che, oltre agli usuali problemi di scala fra il provino e l'ammasso, si individuano con una estrema variabilità spaziale situazioni di pseudo-cementazione e/o argillificazione dei tufi (Fiore & Lanzini, 2007).

Per l'acquisizione di dati significativi su questi diversi terreni, ci si avvale di diverse metodologie di indagine quali il carotaggio continuo con prove S.P.T. (Standard Penetration Test) in foro di sondaggio, prelievo di campioni da sottoporre a prove di laboratorio, proprietà fisiche, analisi granulometrica, il taglio diretto, prova edometrica (se non sui termini limosi); prove penetrometriche del tipo DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) e CPT (Cone Penetrometer Test). La formazione tufacea è caratterizzata in sito con prove SPT o con il parametro R.Q.D, che è impiegato nella classificazione negli ammassi rocciosi di Beniawsky (1967).

Le informazioni più specifiche sull'ammasso roccioso possono essere ricavate - dai risultati di prove di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nei fori di sondaggio o dalle volte delle cavità e - dall'analisi del grado di fratturazione e della tenacità del tufo condotta nei diversi ipogei.

Nella Tabella 11, sono elencate alcune proprietà fisico-meccaniche dell'I.C., caratteristici della facies LYT, provenienti dall'analisi di una serie di campioni di materiale prelevati in prossimità ed all'interno di alcune cavità sotterranee delle aree in studio.

I valori del peso specifico reale differiscono in modo abbastanza marcato risultando più alti nella facies grigia WGI (Langella et al., 2013) per l'elevato contenuto di feldspato sanidino ($\gamma_d = 25.0 \text{ KN/m}^3$) mentre nella facies gialla LYT viene riconosciuta la presenza di zeoliti a più basso peso specifico ($\gamma_d = 12.0 - 17.0 \text{ KN/m}^3$). Inoltre, i modesti valori del peso di volume secco ($\gamma_s = 11.0 \text{ KN/m}^3$), gli alti valori dell'assorbimento per capillarità e della capacità di imbibizione sono da mettere in diretta relazione con le superfici specifiche dei macropori presenti nelle due facies.

La resistenza di rottura a compressione uniassiale della facies LYT è molto bassa (3-4 MPa), mentre la resistenza a trazione è sempre molto bassa (<1 MPa). I parametri che influenzano la resistenza del tufo nolano sono la porosità ed il grado di saturazione: la resistenza a compressione della facies LYT risente negativamente ed in maniera più marcata delle condizioni di umidità presentando una diminuzione del 40% dalla condizione di essiccazione (Rippa et al., 1983; Ceroni et al., 2004), anche se alle condizioni $S_r = 50\%$ e $S_r = 100\%$ non si riscontrano abbattimenti apprezzabili della resistenza (Figura 101). Altri risultati hanno dimostrato che il tufo, se sottoposto ad essiccazione in stufa a 105°C , subisce una consistente degradazione meccanica, con un deterioramento termico evidente già alla temperatura di 70°C

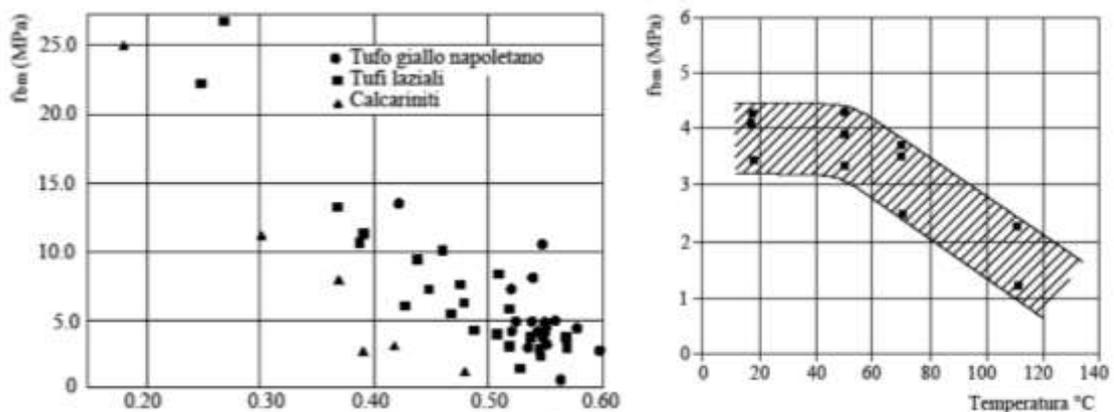


Figura 101: Relazione tra porosità e resistenza a compressione uniassiale (sx); Resistenza a compressione in funzione della temperatura di essiccazione (dx) (Ceroni, 2004)

Il modulo elastico tangente $E_{t,50}$, desunto da prove di compressione monoassiale come pendenza della curva σ_c/ϵ in corrispondenza del 50% del carico di rottura, forniscono valori variabili da 1200 e 2000 MPa con valori più frequenti, per l'80% dei campioni, da 800 e 1300 MPa

Ne consegue che i rapporti di modulo $E_{t,50}/\sigma_c$ della facies LYT sono sempre piuttosto bassi (>200), come evidenziato nella Figura 102, classificando l'ammasso roccioso di classe E e con resistenza σ_c molto bassa (> 25 MPa).

Il comportamento meccanico delle rocce tenere è solitamente descritto per mezzo di una legge elastica la cui validità è limitata da criterio di rottura di Mohr-Coulomb ma, per tener conto della non linearità del comportamento del materiale e dell'influenza della pressione di confinamento sul valore del modulo longitudinale iniziale, si ricorre al modello costitutivo del mezzo elastoplastico di Duncan e Chang (1970).

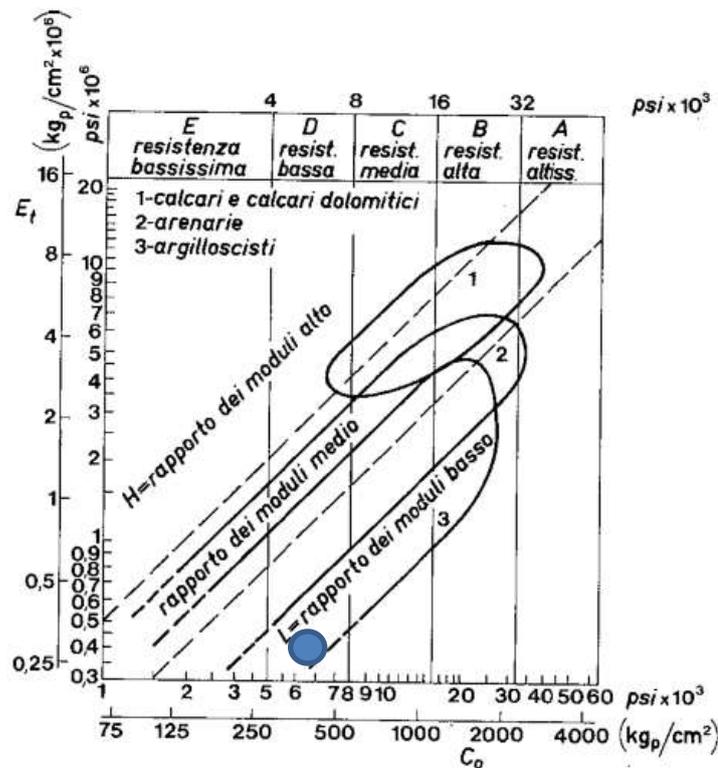


FIGURA 102: Sistemi di classificazione della roccia secondo ISRM, Deere & Miller

TUFINO (NA)					
Tipologia del campionamento: in fori di sondaggio (condizioni indisturbate)					
Località Cimitero					
Prof. Prelievo Metri	Peso specifico reale γ_m (KN/m ³)	Peso specifico apparente γ_s (KN/m ³)	Resistenza a compressione σ_{cl} (KPa)	Deformazione a rottura σ_{cl} (%)	Contenuto d'acqua W (%)
8.50 - 9.00	15.43	12.07	1791	0.90	0.38
14.50- 15.00	14.93	11.67	3277	0.74	0.34
25.50- 26.00	14.14	11.06	2833	0.34	0.38
Località Paenzano					
10.00- 10.50	9.10	7.81	887	0.50	0.16
20.00-20.50	9.16	8.02	1668	0.63	0.14
30.00-30.50	9.37	8.29	2200	0.69	0.69
Contrada Cesina					
Tipologia del campionamento: prelievo dalle volte di una cavità					
15.00- 15.50	14.26		3326	3.89	
15.00 -15.50	14.10		3138	3.77	
15.00-15.50	14.09		4314	5.18	
15.00- 15.50	14.09		3726	4.49	
CASAMARCIANO (NA)					
Tipologia del campionamento: prelievo dalle volte di una grotta-cantina					
Località Taverna					
non saturati prima delle prove					
12.00 -12.50	14.64	11.55	4290	0.96	0.26
12.50 -13.00	14.71	11.28	3977	4.00	0.30
12.50- 13.00	14.29	11.31	4184	3.81	0.26
saturati prima delle prove					
12.00 -12.50	14.38	11.24	2707	1.98	0.28
12.00 -12.50	14.60	11.25	2739	4.15	0.29
Area P.I.P.					
16.00-16.50	17.61	14.78	3354	0,95	0,19
			n=42.06 e=0,725 Sr=67%		
27.00-27.50	12.77	10.42	2257	0,60	0,22
			n=39.21 e=1,427 Sr=60%		
COMIZIANO (NA)					
Tipologia del campionamento: prelievo dalle pareti di cave a fossa					
Località Gallo					
n.d.	23.10-23.40	10.20-12.00	6600-8000	n.d.	0.28-0.30

TABELLA 11: Parametri fisico-meccanici del LYT in alcune cavità del Nolano

La validità di questo modelli è tuttavia ristretta al campo di piccole deformazioni, di contro, le rocce lapidee tenere possono subire stati tensio-deformativi tali da causare importanti deviazioni dal comportamento previsto da questi semplici modelli.

L'analisi dei meccanismi che si innescano durante i processi sotto carico e rottura dei terreni strutturati e, in particolare delle rocce tenere, è condotta ricorrendo ai principi della meccanica delle rocce di resistenza media ed alta basato sulla teoria della propagazione della frattura che individua tre tipologie di comportamento: fragile, di transizione, duttile.

In Figura 103, si riportano gli andamenti della tensione uniassiale σ_1 in funzione della deformazione assiale ϵ_1 , della deformazione laterale ϵ_3 e di quella volumetrica Δ per una roccia a comportamento fragile ottenute in una prova di compressione monoassiale.

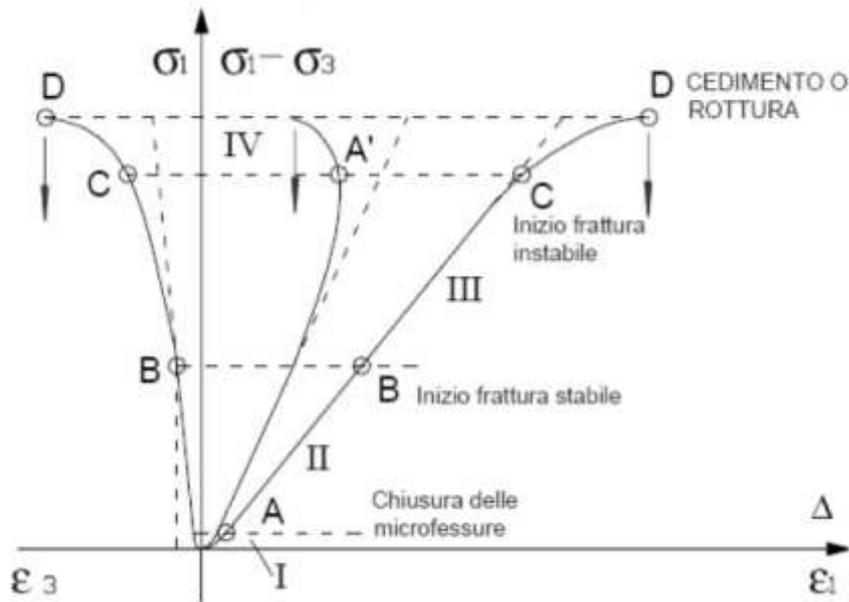


Figura 103: Curva tensione-deformazione per roccia a comportamento fragile (Beniawsky, 1967)

Nelle rocce lapidee, la rottura di tipo fragile che è caratterizzata dalla perdita di coesione viene preceduta da tre distinte fasi; chiusura delle microlesioni, formazione frattura stabile e formazione frattura instabile.

Per le rocce lapidee tenere, il passaggio da frattura stabile a instabile, in genere chiamato "snervamento" coincide con l'inizio dei processi di destrutturazione (Brown, 1976).

Pellegrino (1970) e Pellegrino ed Evangelista (1990) furono tra i primi studiosi a occuparsi delle rocce tenere italiane considerando il tufo come materiale transizionale tra i terreni e le rocce, dotato di un comportamento meccanico fortemente influenzato dallo stato di sforzo (Figura 104).

Campioni del materiale, sottoposti a compressione triassiale presentano per bassi livelli della tensione di confinamento, un comportamento assimilabile a

quello delle rocce lapidee (*rock-like*), ossia alta rigidezza, legame tensione-deformazione quasi lineare, rottura fragile; all'aumentare della pressione isotropa, il comportamento è simile a quello di una roccia sciolta (*pulverulento* o *soil-like*), ossia bassa rigidezza, comportamento duttile, grandi deformazioni e rotture diffuse.

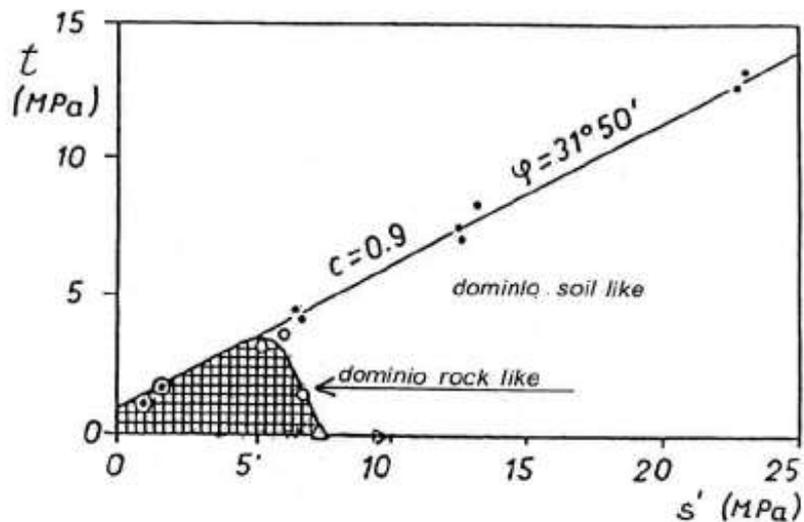


FIGURA 104: Inviluppo della resistenza a rottura per il tufo giallo napoletano, sono indicati il dominio lapideo ed il dominio pulverulento (Pellegrino, 1968)

Pellegrino (1968) definisce un limite di proporzionalità $P=q_p/q_{max}$, con q_p deviatore delle tensioni in corrispondenza del quale avviene la transizione di comportamento; se $P=1$, il materiale ha costantemente un comportamento lapideo, sostanzialmente elastico fin dall'inizio della prova; se $P=0$, il comportamento è pulverulento, molto deformabile

Il limite di proporzionalità P dipende dalla pressione di confinamento applicata e dalle caratteristiche fisiche del materiale identificando nel valore di q_p la condizione di snervamento, per valori piccoli della pressione di confinamento, la condizione di snervamento è raggiunta durante la fase di taglio e può precedere la condizione di rottura; all'aumentare della pressione di cella, lo snervamento è raggiunto durante la fase di compressione isotropa, l'estensione del tratto lineare diminuisce ed aumenta la deformazione corrispondente alla condizione di rottura. Questi differenti comportamenti, al variare delle

condizioni di sollecitazione, sono così cospicue che nel piano delle tensioni $t-s'$, è stato possibile distinguere i due distinti domini tensionali al di sotto dell'involuppo di Mohr-Coulomb, separati da una curva di transizione.

La resistenza del materiale viene definita dalla coesione c' e dall'angolo di attrito φ' secondo il criterio della rottura fragile, ad esempio, i valori medi che si sono ottenuti per il TGN sono $c' = 0.3 \div 1.5$ MPa e $\varphi = 23^\circ \div 30^\circ$ (Aversa, 1989).

In letteratura questo comportamento metastabile è segnalato anche per molti altri materiali ricadenti nell'ambito sia delle rocce sciolte, quali le sabbie di Gosford (Novello e Johnson, 1995), le argille di Bothkennar e Vallericca (Nash, 1992; Amorosi & Rampello, 1998), ma soprattutto la calcarenite di Gravina di Puglia (La Gioia, 1994) ed il tufo giallo napoletano (Aversa et al., 1998)

Analisi approfondite sono state svolte sulle rocce tenere della Sicilia sud-orientale (calcareniti di Marsala) e sud-occidentale (calcareniti di Palermo) che, diffusamente prelevate dal sottosuolo come materia le da costruzione, possono indurre dissesti e crolli nelle cavità che si sviluppano al di sotto dei centri urbani (Nocilla et al., 2005).

Dall'analisi del comportamento a compressione monodimensionale o isotropa, tutti i materiali evidenziano un tratto iniziale caratterizzato da una ridotta deformabilità ed una deformabilità elevata (Figura 105), superato il valore della tensione di snervamento che risulta differente per ciascuno di essi.

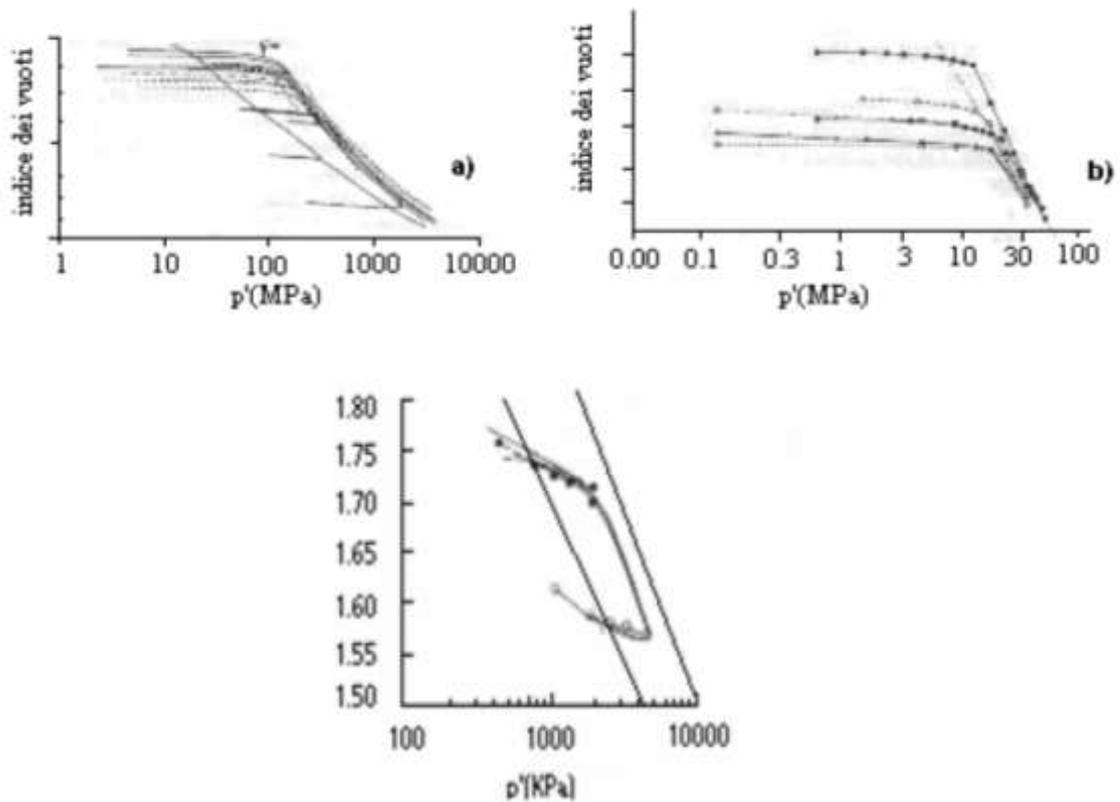


FIGURA 105: a) Curve di compressione monodimensionale. Argilla debolmente sovraconsolidata, Bothkennar clay (Nash, 1992); b) Curva di compressione isotropa tufo napoletano (Aversa et. al. 2000); c) Curve di compressione isotropa, argilla fortemente sovraconsolidata (Amorosi, Rampello, 1998),).

Nei terreni naturali strutturati, l'applicazione di una tensione isotropa provoca una riduzione di volume che può svilupparsi anche con tempi differiti.

La ripartizione di deformazione tra istantanea e differita oltre ad essere funzione del tempo dipende dalla pressione di confinamento (σ_c); per bassi valori di σ_c la deformazione istantanea costituisce il 10-30% della deformazione totale che si sviluppa nel lungo termine (Pellegrino, 1970).

Le curve sperimentali che legano la tensione sferica alla deformazione volumetrica permettono di individuare la tensione di transizione (σ_{op}) in corrispondenza della quale si verifica il passaggio tra i diversi tipi di deformazione. Il diagramma-tipo si suddivide in tre tratti, nel primo tratto, le deformazioni sono funzioni lineari della tensione; nel secondo tratto, le deformazioni diventano elevate; nel terzo tratto, la curva presenta un

appiattimento. I fattori che controllano il comportamento del materiale in prove di compressione, dopo lo snervamento, sono la porosità iniziale, la rigidità e la resistenza dei legami interparticellari, la rigidità dello stesso materiale non legato, la resistenza delle particelle, ma un ruolo importante svolge anche l'interazione tra questi fattori, Pellegrino (1970) ricavò sperimentalmente un valore di σ_{op} in pari a 1.5 - 2.0 volte la resistenza a compressione uniassiale.

Nella curva di Figura 106, ottenuta sottoponendo il materiale a cicli di carico e scarico vengono distinte le deformazioni elastiche da quelle plastiche: nel primo tratto (OM') la deformazione elastica risulta essere circa uguale al 60% di quella totale (curva OQ) a testimonianza di un comportamento lapideo, infine, nel tratto M'Q, la percentuale si riduce notevolmente all'aumentare della σ_c (comportamento pulverulento).

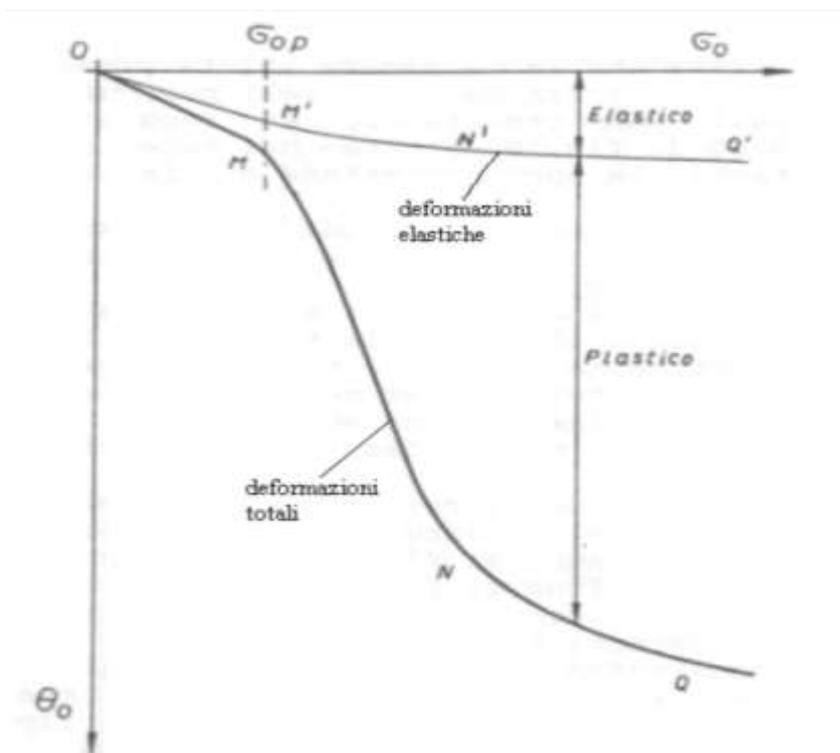


Figura 106 : Relazione tensione-deformazione in regime di compressione sferica (Pellegrino, 1970)

Secondo Vaughan (1988) nella fase di *rock-like* gli sforzi agenti sul materiale sono sostenuti sia dalla deformazione elastica del cemento e delle particelle e, per tensioni sferiche inferiori a σ_{oop} (tratto OM), gran parte della deformazione viene restituita se si annulla il carico sferico.

All'aumentare della tensione ($>\sigma_{oop}$ - tratto MN), quando gli sforzi raggiungono la resistenza del cemento, si innesca il processo di destrutturazione (Lerouel & Vaughan, 1990) a seguito del quale la trasmissione degli sforzi all'interno del mezzo passa gradualmente dai legami interparticellari (comportamento *rock-like*) al contatto tra le particelle (*soil-like*); nel corso di questo fenomeno, caratterizzato da scorrimenti plastici associati a microlesioni all'interno della struttura della roccia, variano le proprietà meccaniche. Infine, nel tratto NQ, la compressibilità diminuisce e le deformazioni crescono con una legge quasi lineare. Elliott e Brown (1985) distinguono nel caso di compressione triassiale, in particolare per rocce tenere, differenti fasi di rottura: *pre-fracture zone*, *fracture*, *post fracture zone*.

Viene riportato un esempio di deformazione controllata costituito da una serie di prove di compressione triassiale eseguite su un tufo per diversi valori di sforzo applicato (Figura 107). A piccole pressioni di confinamento, il materiale si comporta qualitativamente come una roccia e, nella prima fase (*pre fracture zone*), sia lo sforzo deviatorico q che le deformazioni volumetriche ϵ_v aumentano linearmente con la deformazione assiale ϵ_a , cosicché i campioni si deformano uniformemente. Rimosso il carico deviatorico si ha il totale recupero delle deformazioni e in ripetuti ciclo di carico e scarico si possono evidenziare modesti fenomeni di isteresi. Il processo deformativo, che è dovuto alla chiusura dei pori e di eventuali microfratture preesistenti ma anche a deformazioni elastiche del cemento e dei grani coincide con le regioni I e II della trattazione classica della frattura fragile (Beniawsky, 1967).

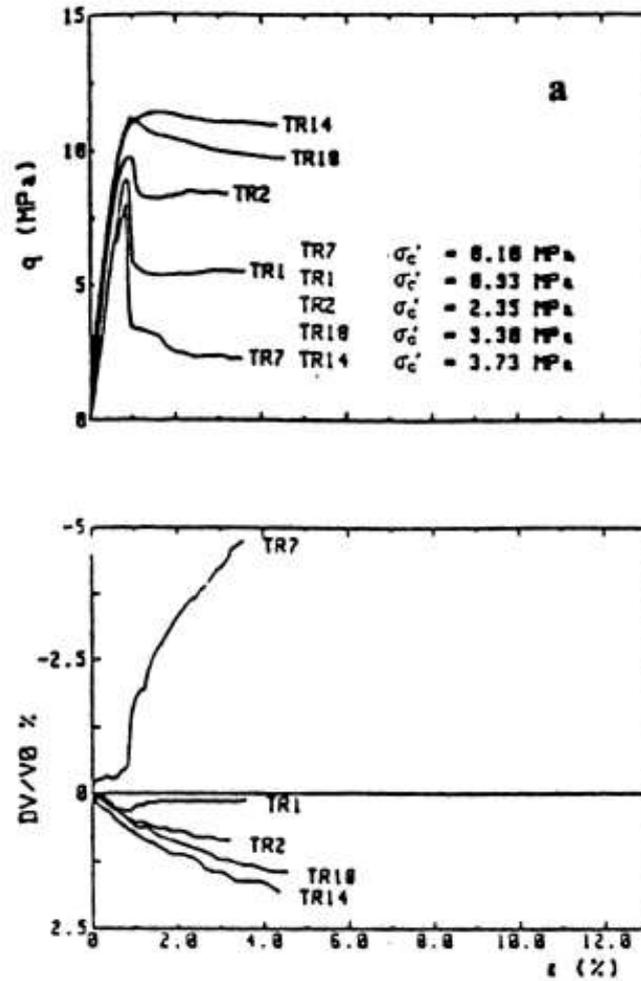


FIGURA 107: Curve q - ϵ e ϵv - ϵ sperimentali e simulate in prove CID su tufo a grana fine, a piccole e medie pressioni di confinamento (Aversa, Evangelista e Ramondini, 1991).

Nella seconda fase (*fracture zone*), coincidente con la regione III, la struttura dei campioni va progressivamente modificandosi con la propagazione delle fessure o microlesioni esistenti e con la creazione di una o più fratture macroscopiche di estensione crescente con la tensione applicata.

La tensione σ_1 diventa di intensità sufficiente a creare delle nuove fratture con l'apertura di vuoti intergranulari e microfessure nei singoli cristalli (frattura stabile). Questa fase, nella curva q - ϵ , corrisponde ad una retta che raggiunge un ben definito valore di picco. Anche la curva ϵ_s - ϵ_a mostra un tratto rettilineo ed il volume del campione raggiunge il minimo. Entrambe le curve si discostano dall'andamento iniziale rettilineo per valori di ϵ_s piuttosto simili, anche se i

punti in corrispondenza dei quali le curve si discostano dall'andamento non sempre coincidono.

Crouch (1970) ha dimostrato che nella curva ε_s - ε_a la fine del tratto lineare si verifica per valori inferiori a quelli della curva q - ε_s . Il campione non si deforma in modo uniforme, ma si innesca la localizzazione delle deformazioni, di conseguenza, lo snervamento si verifica nel momento in cui le curve q - ε_s e ε_s - ε_a si discostano dall'iniziale andamento rettilineo.

Nella fase post-picco, il cui inizio è definito dal punto A' sulla curva sollecitazione assiale-deformazione volumetrica (sul limite destro della regione IV), le microfratture portano alla formazione di una macrofrattura in prossimità della mezzeria del campione, a cui segue una diminuzione della tensione deviatorica ed un rapido incremento di volume.

Questa fase rappresenta l'inizio della *post fracture zone*, ossia l'inizio di una fratturazione di tipo instabile, seguita da una rapida riduzione della resistenza fino al raggiungimento di un valore residuo dipendente dalla tensione di confinamento (Aversa, Evangelista e Ramondini, 1991).

All'aumentare della pressione di confinamento, il comportamento diventa sostanzialmente duttile e la tensione deviatorica aumenta con il progredire della deformazione, anche al termine del tratto lineare (reversibile), con deformazioni su superfici multiple di taglio.

Un comportamento qualitativamente simile viene esibito da una serie di campioni di calcare oolitico (Eliott e Brown, 1985), in questo caso, la transizione da comportamento fragile a comportamento duttile è accompagnata dalla transizione da comportamento dilatante a comportamento contraente, come si può osservare, benchè in modo meno evidente, anche nel tufo.

L'entità della pressione di confinamento ha poca influenza sul comportamento delle rocce tenere nella fase pre-snervamento, mentre ha un'importanza rilevante sul valore della tensione di transizione e sullo sviluppo delle deformazioni nella fase post-snervamento.

I meccanismi di deformazione sono di due tipi: meccanismi di variazione di volume (dilatanti e contraenti) e meccanismi di tipo frizionale (duttile e incrudenti); i primi sono dilatanti nei campioni soggetti e basse tensioni di confinamento, mentre nell'aumentare delle tensioni di confinamento prevalgono quelli contraenti, conseguenti rispettivamente a fratture di tipo fragile e in alcuni casi di cataclastic flow o al collasso dei pori e riorganizzazioni strutturali; i secondi, invece, sono una inevitabile conseguenza del taglio causato dall'applicazione della tensione deviatorica.

Nei terreni con legami, la presenza di strain-softening senza dilatanza è molto frequente secondo Maccarini (1987), altri Autori ritengono invece che nelle rocce tenere essa possa essere associata ad un comportamento dilatante (Elliott e Brown, 1985; Rowe, 1982).

La transizione da comportamento fragile a comportamento duttile, come esibito da una serie di campioni di calcare oolitico (Elliott e Brown, 1985), può essere accompagnata dalla transizione da comportamento dilatante a comportamento contraente. Inoltre, grandi valori della dilatanza a piccole pressioni di confinamento sono stati ottenuti anche nel caso del tufo a grana fine (prova TR7, Figura 107).

Il problema viene spiegato ritenendo che la presenza di una maggiore o minore cementazione tra le singole particelle modifica il comportamento a piccoli livelli di sollecitazione incrementando, proprio a seguito di una dilatanza, la coesione e l'angolo di resistenza al taglio dei terreni.

Alcuni studi recenti hanno individuato diverse tipologie di comportamento quando i materiali vengono sottoposti a percorsi di carico in condizioni drenate e con una pressione di cella costante (Zimbaro, 2004).

Si è osservato che, per stress-path che non raggiungono la superficie di snervamento, il comportamento della roccia è quasi elastico e, come per il tufo e la calcarenite, è perfettamente elastico anche se non necessariamente isotropo. Se, invece, il percorso di tensione raggiunge la superficie di snervamento, la risposta deformativa dipende dal punto di intersezione, infatti, se è prossimo

all'estremità di sinistra della superficie di snervamento, come accade nella prova triassiale di compressione a basse tensioni di confinamento, il provino si rompe immediatamente dopo la fase elastica, associandosi ad un comportamento fragile in cui la riduzione della tensione deviatorica si verifica con un piccolo incremento di deformazione assiale (Figura 108) e, inoltre, si individua un netto piano di rottura che divide il provino in due blocchi rigidi. Il processo di destrutturazione non ha quindi modo di instaurarsi.

Prima della rottura si ha una riduzione di volume, immediatamente dopo, il comportamento è dilatante, ma questo è dovuto allo scivolamento del blocco superiore lungo il piano di rottura piuttosto che ad una reale comportamento del materiale.

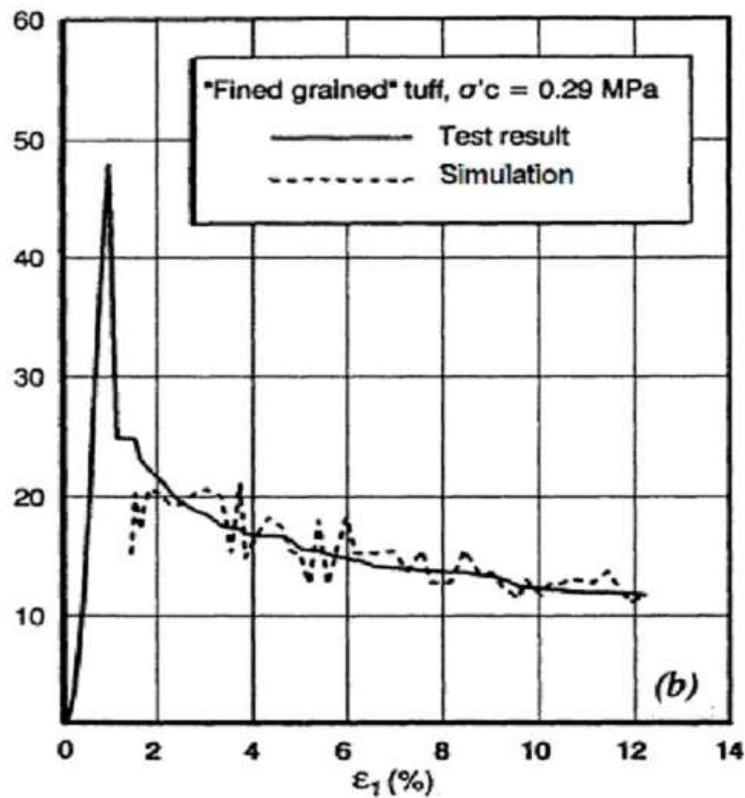


Figura 108: Prova di compressione drenata a bassa pressione di confinamento su un tufo a grana fine (Aversa, 1993)

Quando il percorso di tensione attraversa la superficie di snervamento ad una pressione effettiva piuttosto elevata, la destrutturazione avviene al termine della fase a comportamento elastico, ancora prima che si raggiunga la rottura, il comportamento del materiale è duttile incoerente. Il volume del materiale si riduce per tutta la durata della prova e, al termine della fase a comportamento elastico, pur continuando ad incrementare la deformazione assiale non si verificano variazioni apprezzabili dello stato tensionale. La ripresa di resistenza si verifica solo dopo una considerevole deformazione quando ormai il processo di destrutturazione si è esaurito.

In queste circostanze, il comportamento meccanico della calcarenite è diverso da quello del tufo (Figura 109) : per la calcarenite, le tensioni rimangono per lo più costanti all'aumentare delle deformazioni e, solamente dopo significative deformazioni assiali, a causa dell'alta porosità ed alle dimensioni dei pori, il materiale inizia ad incoerentire; il tufo, invece, presenta una curva tensione-deformazioni più tradizionale con un comportamento incoerente a partire dal momento in cui è raggiunta la superficie di snervamento (Figura 110).

Questo comportamento è probabilmente causato dall'azione di particelle costituite da più particelle legate (Lambe, 1969) e, nel caso del tufo, alla presenza degli inclusi lapidei e pomice; all'aumentare della pressione di confinamento, inoltre, diminuiscono le dimensioni delle particelle effettive di terreno e le superfici di rottura diventano meno ruvide.

I parametri di resistenza e di deformabilità dell'unità di facies LYT della Ignimbrite Campana sono impiegati per la classificazione geologica-tecnica dell'ammasso secondo gli standard ISMR, 1978 e CSIR, 1969

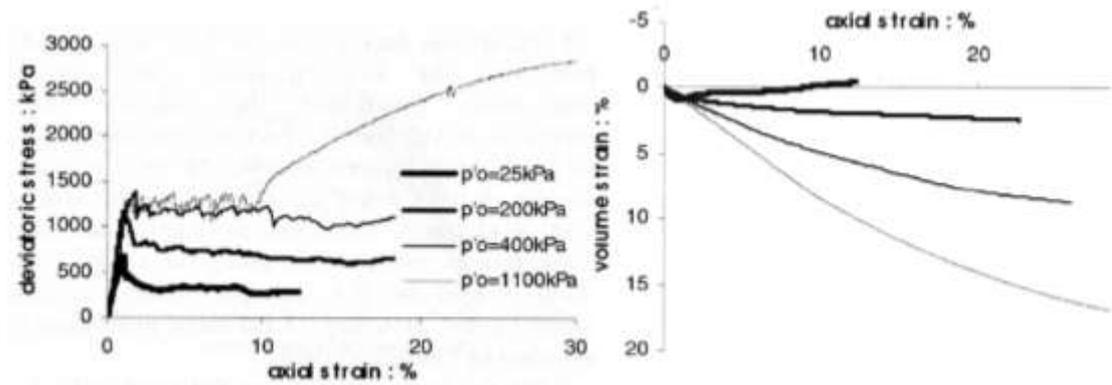


FIGURA 109: Prove di compressione triassiale drenate sulla calcarenite di Gravina, a basse, medie ed alte tensioni di cella (LaGioia, 1994)

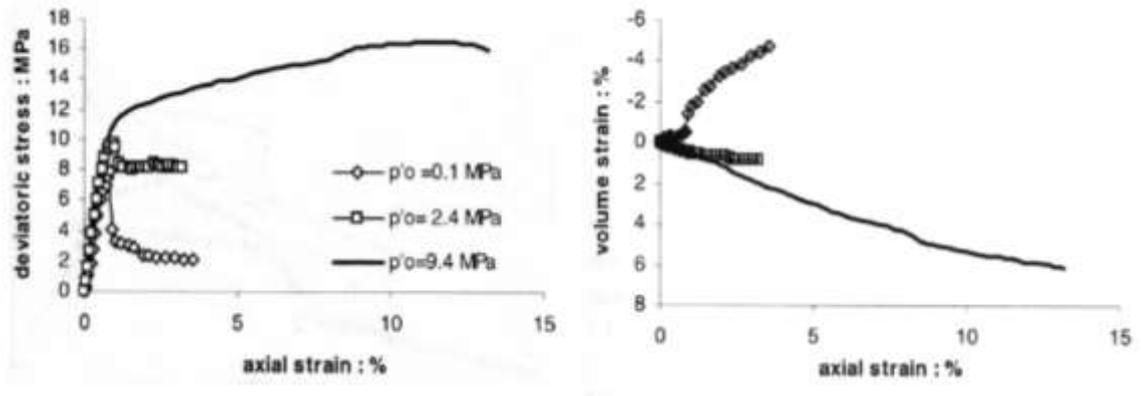


FIGURA 110: Prove di compressione triassiale drenate sul tufo giallo napoletano, a basse, medie ed alte tensioni di cella (LaGioia, 1994)

CLASSIFICAZIONE	CLASSE	DESCRIZIONE O VALORE
Petrografica semplificata	<p>Genesi: sedimentaria piroclastica</p> <p>Composizione: trachitica, trachitico-alcalina (K,Na)</p> <p>Grana: matrice cineritica, costituita da elementi a grana fine, in media da 0.06 a 2 mm, che ingloba lapilli con dimensioni fino al centimetro. Presenza di cavità con dimensione di alcuni mm.</p> <p>Definizione: tufo</p>	
Alterazione della roccia	W2 – lievemente alterata	Il materiale roccioso può essere leggermente alterato, in parte sbiancato o annerito dall'alterazione, lievemente meno resistente del materiale fresco, a tratti può presentare discontinuità per fenomeni di decomposizione o disintegrazione in terra
Qualità della roccia	90 <<R.Q.D<< 100 Ottima	
Roccia intatta in base alla resistenza a compressione uniassiale (Deere-Miller)	Classe E- Resistenza molto bassa	2.94 – 3.92 MPa
Geomeccanica CSIR	<p>Indice Globale Intrinseco dello Ammasso Roccioso</p> <p>IV Classe Qualità Scadente</p>	Resistenza roccia intatta=0 RQD (50%)=8 Spaziatura giunti (0.30-1.00) m=20 Condizioni giunti =6 Condizioni idrauliche= 4

TABELLA 12 : PARAMETRIZZAZIONE GEOLOGICA-TECNICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO (Spizuoco, 2003)

5.1.2 STABILITA' DELLE OPERE IN SOTTERRANEO

Nella gran parte dei casi, le cavità tufacee versano in uno stato di abbandono, senza che siano state prese le opportune precauzioni per garantirne la conservazione nel tempo. Ne deriva che le condizioni di stabilità di queste dismesse miniere appaiono precarie e possono rappresentare un notevole elemento di rischio per il soprassuolo.

La chiusura degli originari ingressi e, nel tempo, la scarsa conoscenza della distribuzione spaziale dei sistemi ipogei sul territorio, aggrava di fatto la situazione di pericolo. Lo stato tensionale dell'ammasso, tra l'altro, è mutato già dall'inizio dell'attività estrattiva: il volume di ricoprimento era gradualmente sorretto da pilastri ben dimensionati, l'attuale carico agisce nella sezione di pilastri più sottili e soggetti ad un confinamento sempre meno efficace. In un siffatto sistema caveale si evidenziano un incremento delle pressioni totali verticali ed una diminuzione delle tensioni totali orizzontali; inoltre, il carico può essere assorbito dai bordi della zona sede delle attività estrattive, ripartirsi tra i pilastri in vari modi, ecc...

Lo stato limite ultimo fondamentale dei pilastri è lo schiacciamento. Tale meccanismo di collasso spesso non è preceduto da alcun altro SLU locale I crolli parziali, che coinvolgono blocchi tufacei di dimensioni variabili ($<5 \text{ m}^3$), a seguito dell'apertura di fratture beanti sulla volta e intorno ai pilastri, avvengono in modo improvviso e senza alcun segno premonitore, anche a distanza di molti anni dall'abbandono delle cavità.

L'effetto di questi distacchi risulta localizzato nell'ambito della cavità sotterranea o nei suoi immediati dintorni, con danni contenuti in superficie a persone e cose (Figura 111).

I meccanismi di collasso delle volte sono molto più articolati, il primo fenomeno di dissesto, specialmente per le volte piane, è indotto dall'insorgere di tensioni di trazione nella regione centrale dell'intradosso della volta che inducono

fessurazione del materiale. La progressione del fenomeno può produrre distacco di materiale (Gesualdo et al., 2001), sino al cinematismo dell'intera volta (ribaltamento, scorrimento) o alla rottura locale delle porzioni in cui la volta si suddivide (schiacciamento, fessurazione, fessurazione diagonale).



FIGURA 111: Crolli delle calotte e lungo le pareti nella rete di cavità antropiche presenti nel sottosuolo di Casamarciano – Strada Prov. Nola-Schiava Circumvallazione Foto De Luzio & Minin, 2004

Se gli strati di terreno sovrastanti sono caratterizzati da scadenti caratteristiche meccaniche, la rottura può propagarsi verso l'alto, sino alla formazione di "antrophogenic sinkholes". I fenomeni subsidenti, che sono presenti in aree limitate, sono espressione della graduale tendenza al collasso dei sistemi sotterranei provocato dall'interazione e propagazione nel tempo delle discontinuità che solcano i pilastri e la chiave di volta delle varie camere, alcune di esse preesistono allo scavo e sono sorte a seguito del processo di raffreddamento dell'ammasso tufaceo (*fratture singenetiche*), altre si sono formate nel tempo, a seguito della redistribuzione dello stato tensionale delle operazioni di scavo (*fratture post-genetiche*).

Le discontinuità possono costituire con le loro peculiari caratteristiche il fattore più rilevante che governa la deformabilità, la resistenza, la permeabilità della roccia scavata (Migliore, 2001). In pratica, all'interno di un sistema di tipo

monocorpo, dove l'ammasso di roccia può essere rappresentata da una singola struttura geologica (Fiore & Lanzini, 2007), il reticolo strutturale è composto da un'unica famiglia di discontinuità da raffreddamento, molto spaziate tra loro, ovvero a bassa frequenza, ma con orientazioni ordinate e preferenziali tipiche dei giunti (Figura 112).

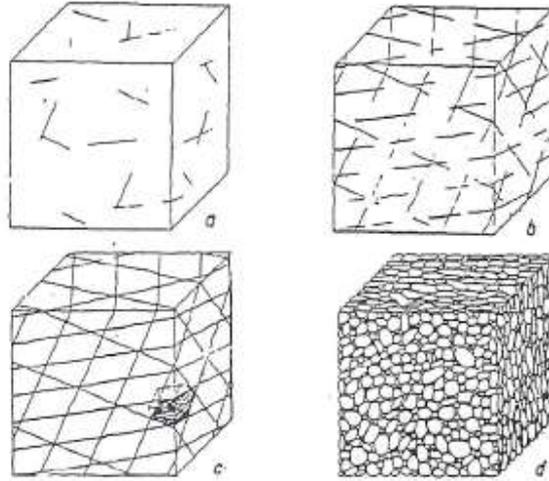


FIGURA 112: Influenza della frequenza e della continuità dei giunti sulla struttura dell'ammasso roccioso a) Sistema monocorpo; b) e c) sistemi multicorpo a diverso grado di separazione; d) sistema multicorpo: facies granulari sciolte (da Broili, 1988).

Nei casi più complessi dove, alla presenza dei giunti da raffreddamento, si sovrappone un reticolo di fratture derivanti dallo stato tensionale negli elementi della cavità, le discontinuità diventano abbastanza fitte, ovvero ad alta frequenza, caratterizzando significativamente sistemi multicorpo, ossia una massa rocciosa composta da più blocchi separati da tanti piani di frattura, nei quali le proprietà meccaniche ed idrauliche del corpo geologico sono intermedie tra quelle della roccia che ne costituisce la matrice lapidea e quelle riferibili alla struttura delle discontinuità che hanno varie orientazioni, forme, aperture, resistenze, rigidzze, etc...(Hudson, 1989a; 1989b; 1992).

Si è osservato che se un blocco tufaceo isolato dall'intersezione di famiglie di discontinuità può risultare potenzialmente instabile quando tende a scorrere lungo una giacitura critica delle pareti o a distaccarsi in volta per effetto del

proprio peso, in non pochi casi, anche quando si sono raggiunte le condizioni cinematiche per l'instabilità, il blocco non crolla immediatamente ma possiede una sorta di "stabilità incipiente" o "aggiuntiva", dipendente dal tempo. Il fenomeno è stato spiegato tenendo conto che le discontinuità non sono completamente persistenti, cioè esistono lungo la lesione dei segmenti di roccia intatta tra fessure contigue, noti come "ponti di roccia", di conseguenza, il crollo parziale si manifesta solo a seguito del processo di progressivo deterioramento del ponte di roccia sotto un carico costante. Affinché avvenga il fenomeno di instabilità in cavità, devono dunque sussistere più fattori concomitanti: - presenza di discontinuità non persistenti; - evoluzione nel tempo delle proprietà meccaniche della roccia; - presenza di un elevato stato tensionale in volta o nei pilastri.

La costante presenza di discontinuità nell'ammasso tufaceo è comprovata dalle varie ispezioni che sono state eseguite nelle cavità artificiali del Nolano. Bisogna però precisare che, talvolta, a causa della difficile individuazione con i criteri e le tecniche adottate nel rilievo strutturale, le informazioni riguardanti regolarità, ricorrenza e persistenza delle fessure possono essere incerte. Le discontinuità rilevate nelle cavità nolane, salvo casi limitati, sono costituite da famiglie di giunti con spaziature che variano da un minimo di 0.20 - 0.60 metri ad un massimo di 0.60 - 2.00 metri e rientrano, rispettivamente nei termini da "moderatamente ravvicinati" a "spaziati".

La morfologia di queste discontinuità, confrontata con una serie di profili tipici o direttamente acquisita con il profilometro (pettine di Barton), fornisce una scabrezza il cui JRC è variabile tra 8 e 14. La parametrizzazione geomeccanica dell'ammasso roccioso è condotta a più piccola scala dove la progettazione ingegneristica richiede la conoscenza delle sue resistenze strutturali, attraverso i parametri geometrici, morfologici, meccanici che consentono di descrivere il reticolo strutturale. Viene riportata la sintesi tabulare di una parametrizzazione dell'ammasso roccioso all'interno di una cavità di Casamarciano (Na) condotta

secondo i criteri di rottura o di resistenza proposti da vari Autori, quali Beniauskis (1979 a, b, ; 1978), Barton (1973) e Hoek- Brown (1992, 1980):

	PARAMETRI CLASSIFICATIVI	VALORI ASSEGNATI	RISULTATO
B E N I A U S K I S			base corretto
	R1 Resistenza a compressione uniaxiale R2 R.Q.D R3 Spaziatura discontinuità R4a Lunghezza discontinuità R4b Apertura discontinuità R4c Rugosità R4d Riempimento R4e Alterazione R5 Condizioni Idrauliche R6 Orientamento discontinuità Stress orizzontale Alterabilità della massa rocciosa	3.92 MPa 100% 4.0 m 3.0– 10 mm 1.0- 5.0 mm Rugosa >5% materiale tenero Leggermente alterata Venute d'acqua Favorevole 0,21 MPa Bassa resistenza alla all'alterazione	RMR 56.00 48.60 Classe III III $\Phi(^{\circ})$ 33 29,3 Q index 3.79 1,67 RSR index 54.20 49.45 Condizioni asciutte Descrizione Buono Discreto c (MPa) 0.33 0.28 Ed 31.96 15.20 Condizioni sature Descrizione Discreto Discreto c (MPa) 0.28 0.24 Ed 11.96 9.21
B A R T O N	RQD Jn- apertura di sistemi o discontinuità Jr- scabrezza delle discontinuità Ja- riempimento e alterazione dei lembi delle fratture Jw- condizioni idrauliche competenti SFR- fattore di riduzione per le condizioni di carico litostatico	100% 1 sistema Scabri e irregolari, ondulati Pareti giunti leggermente alterate, sabbia Venute elevate o alla pressione delle rocce Singole zone di taglio in rocce competenti (prof.<50m)	Resistenza al taglio di Barton JCS- resistenza compressione uniaxiale. 3.92 MPa JRC-coefficiente di rugosità 12 σ_n - sforzo efficace sul piano 0.21 MPa ϕ_b - angolo attrito base roccia 30° Condizioni asciutte Q.index 15 Classe Buona RMR 68.4 ϕ° da RMR 39.2 c da RMR 0.34 MPa $\phi= 45.2^{\circ}$ $\tau= 0.21$ MPa Condizioni sature Q.index 4.95 Classe Discreta RMR 58.4 ϕ° da RMR 34.2 c da RMR 0.29 MPa $\phi= 43.1^{\circ}$ $\tau= 0.20$ MPa

H O E K - B R O W N			<u>Condizioni asciutte</u>
	σ_c - resistenza compressione uniaxiale	3.92 MPa	$\Phi^\circ = 44.5$
	σ_n - sforzo normale	2.18	$c = 0,26$ MPa
	costante m	3.5	$\tau = 0.47$ MPa
	costante s	0.100	
	costante A	0.651	<u>Condizioni sature</u>
costante B	0.679	$\Phi^\circ = 42$	
			$c = 0,19$ MPa
			$\tau = 0.38$ MPa

TABELLA 13 : PARAMETRIZZAZIONE GEOMECCANICA DELL'AMMASSO ROCCIOSO (Spizzuoco, 2003)

L'apertura dei vari sistemi di giunti è un parametro che influisce sulle caratteristiche idrauliche della formazione tufacea e quindi sulle caratteristiche meccaniche di essa, infatti, in alcune ispezioni speleologiche, sono state osservate discontinuità che sono - relativamente aperte in prossimità del terreno sovrastante per poi divenire più serrate in profondità o, - riempite da prodotti di decomposizione delle pareti e da materiale di deposizione chimica (calcite). Questi fenomeni si concentrano dove le discontinuità, formazionali e geomeccaniche costituiscono vie preferenziali della circolazione di acque (meteoriche, perdite idriche e fognarie), influenzando la resistenza al taglio dei giunti che diventano sede di cospicue adunanze idriche.

Quando le caratteristiche meccaniche delle discontinuità più compromesse (giunti deboli) risultano fortemente influenzate dal tipo, spessore e grado di umidità del materiale di riempimento tra le superfici del giunto, gli studi analitici hanno appurato che - la resistenza residua di una discontinuità con riempimento è sempre compresa tra quella del materiale di riempimento e quella di un giunto scabro con pareti a contatto, inoltre, diminuisce allo aumentare dello spessore del riempimento mantenendosi superiore alla resistenza di quest'ultimo anche quando il suo spessore è maggiore dell'altezza delle ondulations, - il materiale di riempimento controlla anche la permeabilità e la possibilità di filtrazione all'interno dell'ammasso (Lo Presti & Froio, 2002).

Il dato più significativo è certamente rappresentato dal fenomeno di degradazione delle proprietà meccaniche dell'Ignimbrite Campana (facies LYT) che, supportato da specifici ed accurati studi condotti in laboratorio, confermano che il materiale sotto carico va progressivamente soggetto ad una riduzione della resistenza a compressione, a cui corrisponde una riduzione della coesione e un incremento dell'angolo di attrito (Evangelista e Aversa, 1994; 1998).

Le discontinuità esistenti nell'ammasso tufaceo svolgono il ruolo di concentratori di sforzi di trazione e sono in grado di attivare nel tempo un progressivo processo di microfessurazione che riduce la resistenza a lungo termine di questo materiale. Ne deriva che la sua perdita di coesione nel tempo, tra l'altro caratteristica comune a molti materiali fragili, dipende dal processo di formazione, propagazione e coalescenza di microfessure e che in ultima analisi da' luogo all'insorgere di una frattura macroscopica che si manifesta in modo repentino e senza alcun segnale premonitore.

Sulla base di quanto discusso ed analizzato risulta evidente la complessità di questa roccia lapidea le cui caratteristiche petrofisiche e fisico-meccaniche risentono in modo marcato non solo dell'eterogeneità tessiturale delle due facies ma anche delle specifiche composizioni mineralogiche.

5.1.3 CARATTERISTICHE DEI TERRENI DI RICOPRIMENTO

Si è detto che i depositi posti a tetto delle cavità tufacee del Nolano, appartengono alle formazioni quaternarie di origine vulcanica ed alluvionale, globalmente incoerenti, descritte nella Cartografia Geologica Progetto CARG dell'ISPRA, per il Foglio N. 448 (Ercolano), comprendenti:

Unità Detritico-Colluviale (PNV), denominata Piano delle Selve, di età compresa tra i 18,3 (??) Ka e 472 A.D., sottoposta al Sintema Vesuviano-Flegreo (VEF), Subsintema Agro Nocerino Sarnese (VEF2) della Cartografia Geologica redatta dal del Progetto CARG dell'ISPRA in Scala 1:50.000, un complesso di materiale piroclastico-alluvionale sabbioso limoso ghiaioso, costituito nei primi metri di profondità da terreno vegetale o di riporto antropico e, successivamente, da alternanze di sabbie limose contenenti ghiaie e pomici localizzabili in banchi non omogenei, più o meno spessi;

Unità Detritico di Fondovalle (VEF2b2), denominata "Ghiaie Carbonatiche di Tufino", di età compresa tra i 37 ed i 10 Ka (Di Vito et al., 1998), sottoposta al Sintema Vesuviano-Flegreo (VEF), Subsintema Agro Nocerino Sarnese (VEF2) e rientrante tra i depositi di piana alluvionale distinti in unità fluviali e di conoide, un complesso di materiale ghiaioso ciottoloso conglomeratico costituito da ghiaie e ciottoli alluvionali calcarei in matrice sabbiosa poligenica.

I litotipi possono essere classificati in funzione della granulometria, del peso di volume (Y_d , Y_{sat}), del contenuto d'acqua (W), della porosità (N), del grado di saturazione (S_r) e dell'angolo di attrito interno (ϕ). Un'analisi approfondita delle caratteristiche fisico-meccaniche di questi terreni ha richiesto la consultazione della documentazione ufficiale messa a disposizione dello scrivente da parte dei Comuni affetti dalla presenza dei cavi sotterranei, vagliando un sufficiente numero di prove di laboratorio ed in sito relativi ad indagini geognostiche-geotecniche eseguite nelle aree in studio. Un primo e sintetico prospetto delle risultanze è quello successivamente riportato:

LITOTIPO	Prof. Rinvenimento (m)	NSPT	Φ (°)	Y	C	N	E
PIROCLASTICO	da 0 a 15	1+15	24 + 32	9 + 18	0.00	0.30 + 0.35	1 + 6
ALLUVIONALE	da 3 a 12 + 15	>50	>40°	17+20	0.00	0.25 + 0.28	10 + 100

ϕ° = angolo di attrito interno ($^\circ$ deg); Y = peso di volume (kN/m^3); C = coesione (kN/m^2)
 N = porosità; ν = Modulo di Poisson; E = Modulo di Young (MPa)

TABELLA 14 : PARAMETRI FISICO-MECCANICI DEI TERRENI DI RICOPRIMENTO DELLE CAVITA'

Dai valori dei moduli elastici ottenuti per via sismica, emerge le litologie descritte possono essere inquadrare tra terreni porosi e variamente saturi (Carrara E. et al., 1987), i primi scarsamente elastici e poco coesivi, con un comportamento mediocre alle sollecitazioni normali ($1.0 \text{ MPa} < E < 6.0 \text{ MPa}$), al contrario, i secondi con migliori caratteristiche elastiche rispetto agli sforzi verticali ($E > 100 \text{ MPa}$).

Unità Detritico-Colluviale (PNV):

Le caratteristiche del complesso piroclastico-alluvionale sono molto omogenee e le discontinuità sono rappresentate solo da banchi di lapilli estesi in giaciture cuneiformi, con disomogeneità areale, localizzabili tra i 3.0 ed i 8.0 m di profondità, ascrivibili alla facies delle Pomici di Avellino.



FIGURA 113 : Sondaggio stratigrafico -Complesso di materiali piroclastico alluvionali PNV (Ferraro, 2010)

Secondo la classificazione A.G.I., le pomici vengono definite come “ghiaie con sabbia” (coefficiente di uniformità U intorno a 38) o ghiaie debolmente sabbiose (coefficiente di uniformità U intorno a 9). Il peso specifico delle particelle è di $24.50 - 25.50 \text{ KN/m}^3$ (Pellegrino, 1967). La composizione granulometrica dei terreni interposti a quelli più francamente sabbiosi, ossia termini pozzolanici, evidenzia i complessi meccanismi alla base della struttura granulare anche in

forza dei fenomeni di alluvionamento che hanno interessato queste aree. I termini della copertura variano da "sabbia con limo debolmente ghiaiosa" a "limo sabbioso ghiaioso" per quelli più superficiali e da "sabbia limosa" a "sabbia ghiaiosa" per quelli relativamente più profondi. I granuli che costituiscono le sabbie che a tratti inglobano detrito calcareo, sono lapilli lavici e pomicei, determinando un grado di addensamento che, nella maggior parte dei casi, varia dallo "sciolto" ($Dr < 40\%$) al "medio" ($40\% < Dr < 60\%$). Il grado di alterazione del complesso incoerente è alquanto basso, accrescendosi sullo strato di superficie rappresentato dalla coltre vegetale. La condizione di anisotropia fisica si determina proprio dalla presenza delle frazioni di lapillo pomiceo che, a causa della struttura vacuolare, abbassa significativamente il peso di volume del deposito ma, al tempo stesso, conferisce un maggior attrito per la conformazione ghiaiosa dei granuli. In conseguenza di ciò, le diverse sequenze sono caratterizzate da pesi specifici modesti, compresi tra 15 e 17 KN/m^3 per le pozzolane in sede o rimaneggiate e tra 16 e 21 KN/m^3 per le sabbie, mutando con la profondità quando i termini virano verso termini più caolinizzati. I banchi di pomici, inframmezzati tra le piroclastiti più fini rappresentano un materiale vulcanico vetroso ricco di pori (inter ed intra particellare), tanto da galleggiare in acqua e da rompersi in modo fragile da rompersi sotto pressioni modeste. In assenza di forti aliquote limoso-argillose, quindi di coesione, la resistenza al taglio viene determinata esclusivamente dall'angolo di attrito interno ϕ che, ricavato da prove di taglio diretto di tipo CD o in sito, è compreso nell'intorno di 30° per i termini più limosi e nell'intorno di 35° per quelli francamente sabbiosi. La frequente interclusione di materiali di deposizione ed il notevole grado di rimaneggiamento determinano l'esistenza di una coesione apparente tra le particelle che, nei contesti progettuali, viene quasi sempre trascurata. Prove di compressione triassiale del tipo consolidate-drenate, estesamente impiegate in queste piroclastiti, evidenziano un comportamento meccanico di tipo sabbioso. Questi terreni risultano molto permeabili per una porosità n prossima al 50%, perciò il

contenuto in acqua W è modesto ed il grado di saturazione medio S_r variabile tra il 30% e l'80%, ciò presuppone che soprattutto nelle cineriti limose, a causa dello scarso indice dei pori, si può raggiungere condizione di saturazione anche con un basso contenuto d'acqua. Per quanto attiene la deformabilità di questi terreni, essi sono caratterizzati da un notevole indice dei vuoti, frutto di un intenso rimaneggiamento dei materiali vulcanici più giovani, molto eterogenei e/o grossolani, i termini dotati di una frazione argillosa normalmente inferiore al 30%, a seguito di una imposizione di un carico, subiscono un rapido decremento di volume dovuto a fenomeni di costipazione e rottura parziale dei granuli spongiosi, con un compattamento immediato delle coltri non sature che avviene, in ogni caso, in modo abbastanza omogeneo (Viggiani, 2002)

Unità Detritico di Fondovalle (VEF2b2):

Le caratteristiche del secondo complesso risultano abbastanza omogenee e le discontinuità sono rappresentate solo da livelli decimetrici di intercalazioni sabbiose. Il grado di alterazione dei depositi alluvionali è basso, lievi condizioni di anisotropia fisica si determinano in condizioni di microlivelli sabbiosi. Nei soli termini detritico-alluvionali, la caratterizzazione di laboratorio è sempre molto più difficile e, quando possibile, è limitata alla determinazione di alcune caratteristiche fisiche, infatti, non è possibile eseguire il taglio diretto per l'angolo di attrito interno ϕ e risultano inutili indagini geotecniche in sito (prove penetrometriche), poiché lo strumento impiegato va a rifiuto strumentale appena incontra lo strato superficiale.



FIGURA 114: Sondaggio stratigrafico - Complesso di materiali ghiaioso-ciottolosi VEF2b2 (Ferraro, 2010)

La metodologia più valida per la caratterizzazione geotecnica di questi depositi risulta quella del carotaggio continuo con l'esecuzione di prove SPT ogni due metri che in genere vanno a rifiuto già dopo i primi 15 cm di infissione o, nel caso di un'abbondante matrice sabbiosa, fanno registrare un elevato numero di colpi. Il valore registrato, tuttavia, rappresenta un riferimento del valore di resistenza alla penetrazione comparabile con il rifiuto SPT dato da un numero $N > 50$ colpi/45cm.

Le coltri ghiaioso-alluvionali, più o meno irregolarmente distribuite sull'orizzonte del tufo, sono caratterizzate da pesi specifici più sostenuti che, a seconda della presenza o meno di matrice poligenica, sono variabili tra 17 e 20 KN/m^3 , e da valori dell'angolo di attrito interno elevati ($\phi > 40^\circ$).

Un'analisi delle caratteristiche meccaniche dei terreni sovrastanti le cavità antropiche è stata effettuata mediante il vaglio di un ampio set di indagini geotecniche in situ, consistenti in una quarantina di prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH (Dynamic Probing Super Heavy) eseguite con un'attrezzatura rispondente alla classificazione ISSMFE (1988), tipo Emilia,

come il PAGANI TG63-20 KN, nonché distribuite in modo omogeneo su tutta l'area in studio. La prova DPSH, ossia l'infissione nel terreno di una punta conica standard $\alpha=90^\circ$, per tratti consecutivi $\delta=30$ cm e misurando il numero di colpi N necessari, comparabile a quella standard (SPT) che viene praticata nel foro di sondaggio stratigrafico rappresenta ad oggi uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo (Figura 115).



FIGURA 115 : Esecuzione di una prova penetrometrica DPSH : sul lato sinistro, l'attrezzatura PAGANI TG63-200 KN; sul lato destro, la punta conica estratta per rifiuto dal complesso alluvionale

L'elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica di queste indagini consente di catalogare, interpretare e parametrizzare il suolo investigato attraverso *un'immagine in continuo* (il profilo di resistenza), con un possibile raffronto delle consistenze generali dei livelli intercettati ed una correlazione diretta con i sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La conversione dei valori $N_{DPSH}/20$ o 30 cm negli equivalenti N_{SPT} si basa sul rapporto delle energie trasmesse attraverso il coefficiente di correlazione $\beta_t = Q/Q_{SPT}$ dell'attrezzatura impiegata. I diversi parametri geotecnici estrapolabili (ϕ , D_r , E_d , c) sono stati suggeriti da numerosi Autori (Meyerhof, 1956; Desai, 1970; De Mello, 1971; Pasqualini, 1983) attraverso una raffrontabile tabulazione del numero di colpi N_{SPT} in funzione dello stato incoerente o coesivo del

terreno. Al fine di poter pervenire all'individuazione di aree omogenee dal punto di vista litostratigrafico e geomeccanico, è stata avviata un'analisi morfologica dei profili di resistenza attraverso:

- la verifica dell'omogeneità ed equivalenza dei dati in possesso;
- l'individuazione su aree ristrette delle linee di tendenza dei diagrammi;
- la giustificazione stratigrafica della variabilità o dispersione dei dati

Tutte le verticali di prova, attraversando un complesso di depositi sciolti ed incoerenti, mostrano profili di resistenza del tipo "a picchi contrapposti" a comprova di una serie di stratificazioni a giacitura quasi sempre sub-orizzontale e dotate di un grado di addensamento variabile, che non è sempre crescente con la profondità. Il complesso piroclastico, che comprende livelli pozzolanici superficiali rimaneggiati, alternati a strati di lapillo e pomici presenti a maggiore profondità, evidenzia una risposta geotecnica modesta ($D_r < 50\%$), dal momento i valori della resistenza alla penetrazione (NSPT) osservati lungo le verticali dei sondaggi oscillano tra 3 e 25 colpi/30 cm.

L'incontro dell'orizzonte alluvionale, che viene individuato dalla riluttanza o di rifiuto strumentale ($NSPT > 60$ colpi/30 cm), avviene a profondità variabili su vasta scala.

La procedura di confronto del dato geotecnico con quello stratigrafico ha portato alla suddivisione dell'area interessata dalla cavità antropiche in diverse regioni, stralciate o in stretta aderenza che vengono rappresentate nella Figura 99 e nel seguito descritte:

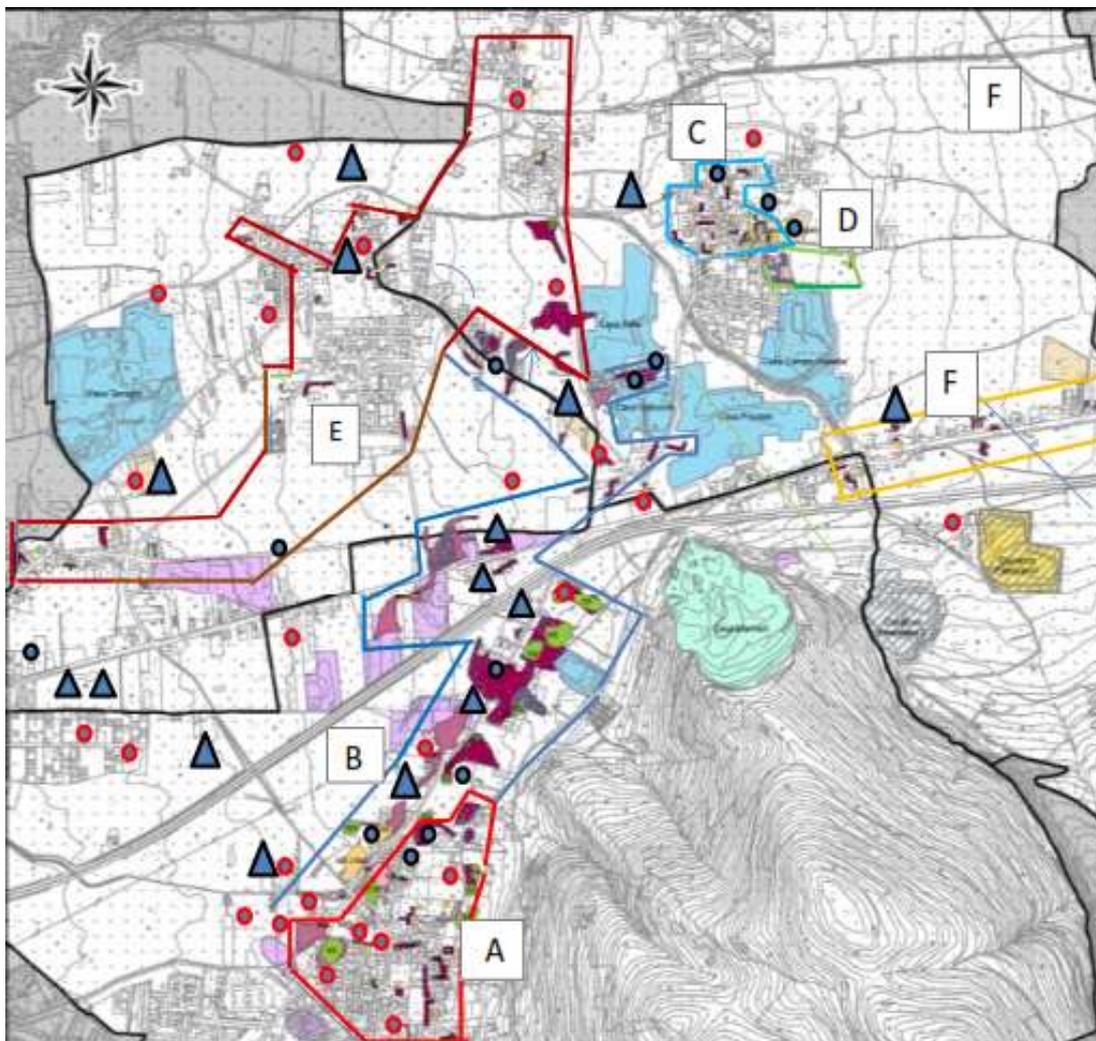


FIGURA 116 : ZONAZIONE GEOLOGICA-TECNICA

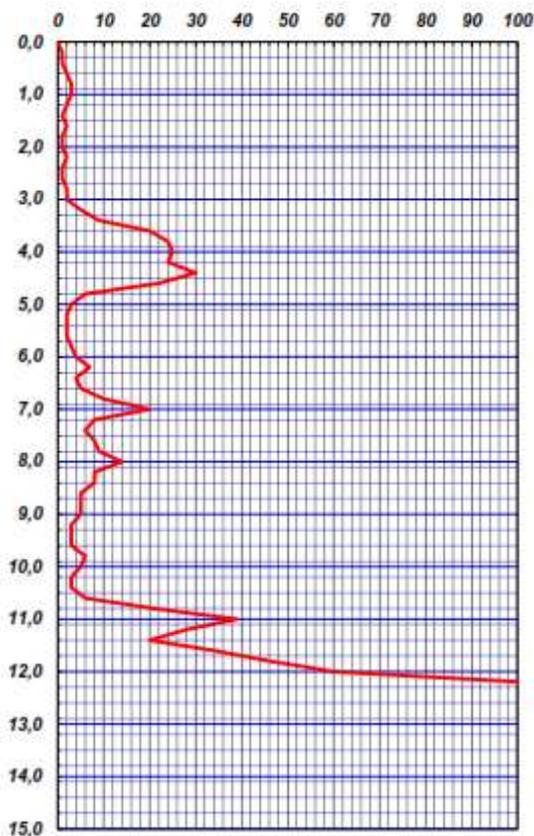
LEGENDA

- LIMITI DI REGIONI OMOGENEE A B C D E F
-  Sondaggi geognostici con SPT in foro
 -  Indagini geotecniche DPSH, con  Profili di resistenza descritti nel testo

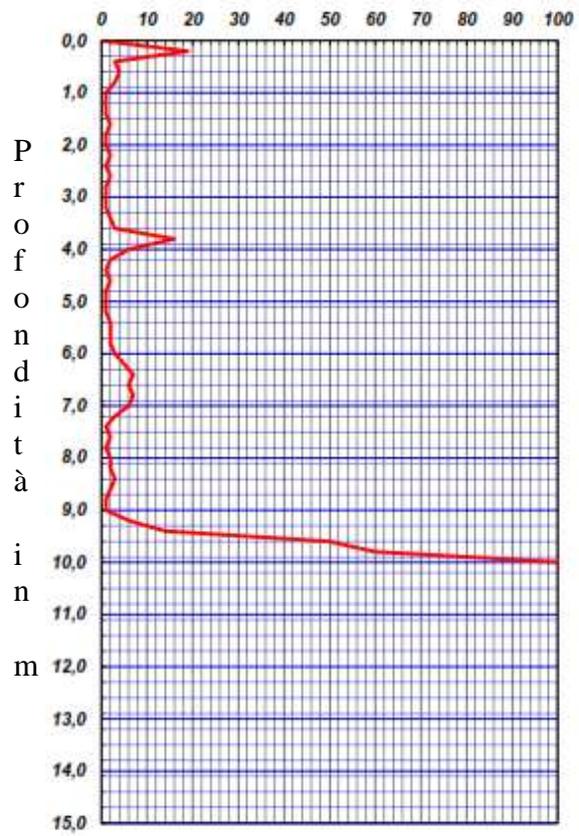
Regione A

E' l'area urbana di Casamarciano, comprendente il centro storico e la periferia occidentale. In questa regione, il complesso piroclastico detritico presenta uno spessore non inferiore ai 10 m, con un top dello strato alluvionale di fondo che si rinviene in alcuni siti più alti già da quota - 9.5 metri dal piano campagna. I profili di resistenza evidenziano una sostanziale omogeneità che si traduce nella presenza di terreni pseudo-coesivi ($c=0.00$ MPa) con uno stato di addensamento D_r massimo del 45%, un angolo dell'attrito interno $\varphi=32^\circ$ riscontrato nei termini sabbiosi con presenza di lapillo e $\varphi=24^\circ-25^\circ$ in quelli limosi con lapillo, il modulo edometrico E_d non supera i 15 MPa

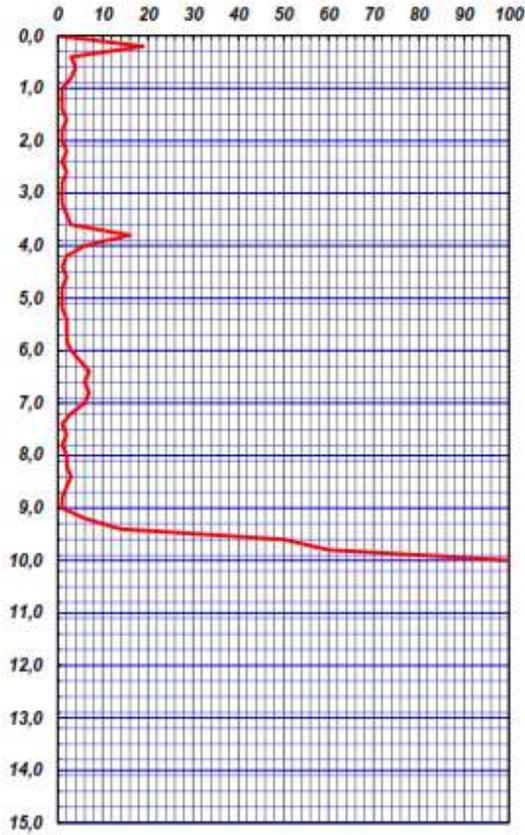
a) Numero di colpi



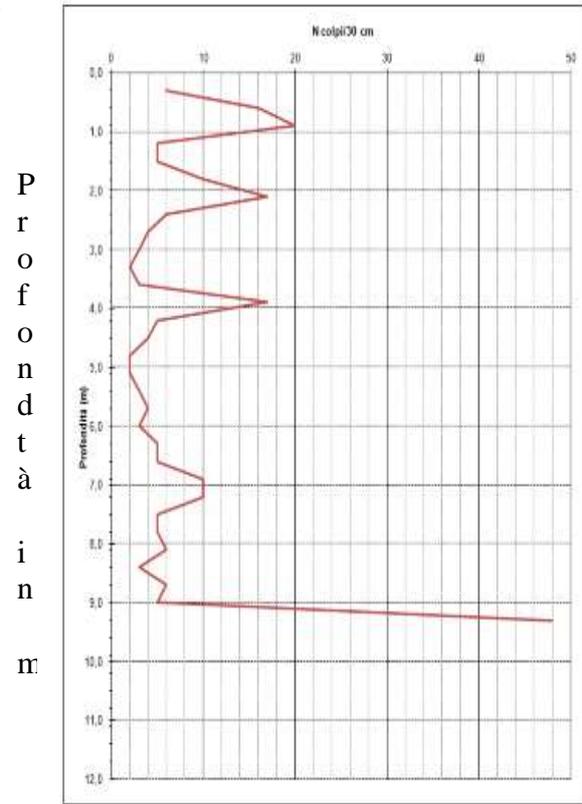
b) Numero di colpi



c) Numero di colpi

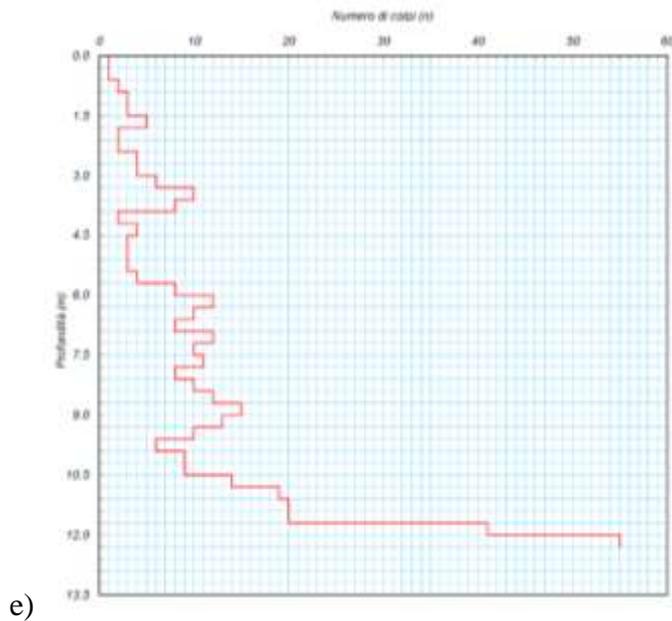


d) Numero di colpi



P
r
o
f
o
n
d
t
à

i
n
m



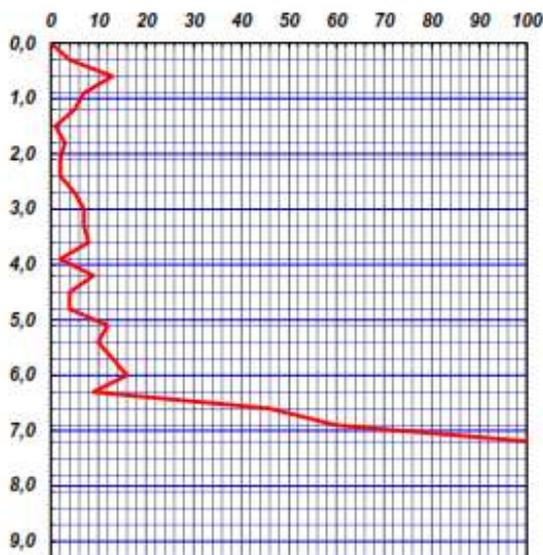
e)

FIGURA 117: Alcuni profili di resistenza DPSH in siti della Regione A: a) Località Taverna (Via Nola); b) Località Pizzone (P.co Giordano Bruno); c) Località Pizzone (Lottizzazione AGAM); d) Strada Provinciale Casamarciano-Schiava; e) presso Cavita-Cantina Carraturo, Via On. Emilio De Feo

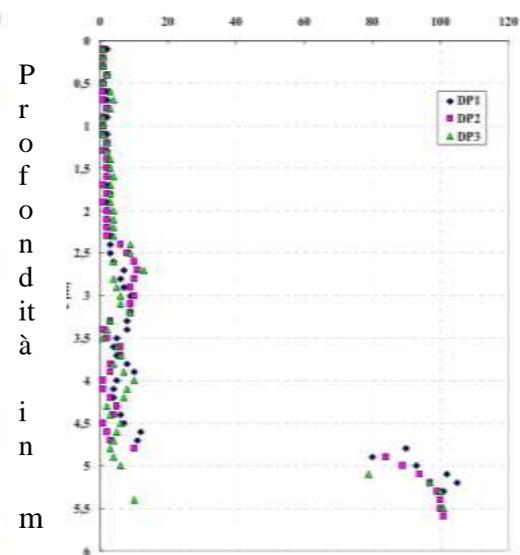
Regione B

E' l'area a nord e più ad ovest del nucleo di Casamarciano, comprendente i terreni coltivati in sotterraneo agricoli o parzialmente urbanizzati decorrenti dalla Contrada Starza lungo la Strada Provinciale per Schiava, i terreni incolti posti sul lato destro della S.S 7 bis, i terreni a lato della Strada Provinciale Tufino-Comiziano comprendendo anche la Contrada Cesina, il primo tratto di Via Epitaffio, l'area del Cimitero. Il complesso alluvionale di fondo si rinviene a profondità diffuse non minori di - 5.0 metri dal piano campagna, con uno scostamento maggiore che è ristretto alle aree di impluvio o di raccordo delle dorsali dell'abitato con l'area pedemontana. I profili di resistenza esibiscono una sostanziale uniformità che si traduce nella presenza di terreni pseudo-coesivi ($c=0.00$ MPa) aventi uno stato di addensamento D_r massimo del 30%, un angolo dell'attrito interno $\varphi=24^\circ$ riscontrato nei termini limoso-sabbiosi con presenza di elementi pomicei e $\varphi=25^\circ$ in quelli prevalentemente lapillosi, il modulo edometrico E_d non supera i 5-6 MPa. In talune prove, come quello riportato nel caso e) della Figura 118, l'attrezzatura ha attraversato con facilità un deposito di ghiaia parzialmente crollato nella cavità antropica, già riempita sul fondo di fine tagline.

a) Numero di colpi

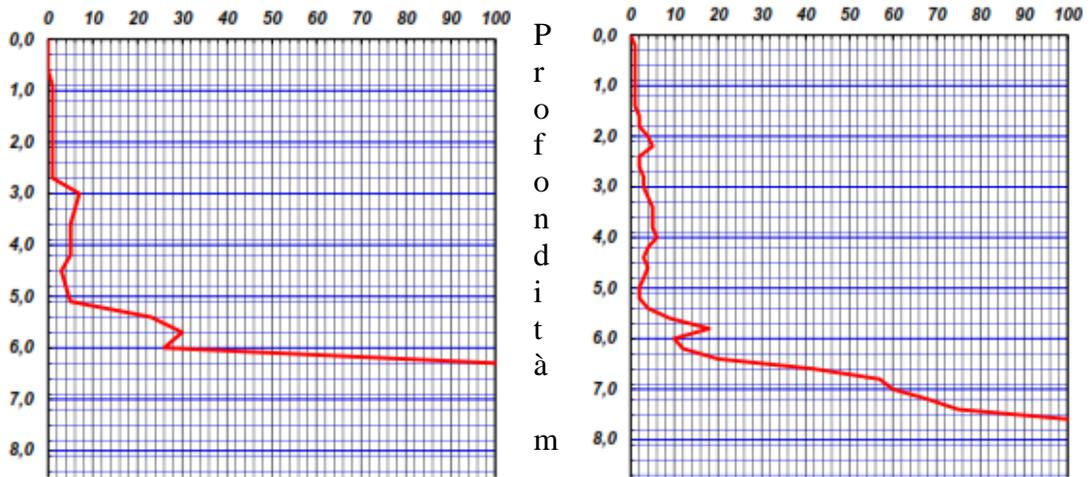


b) Numero di colpi



c) Numero di colpi

d) Numero di colpi



e) Numero di colpi

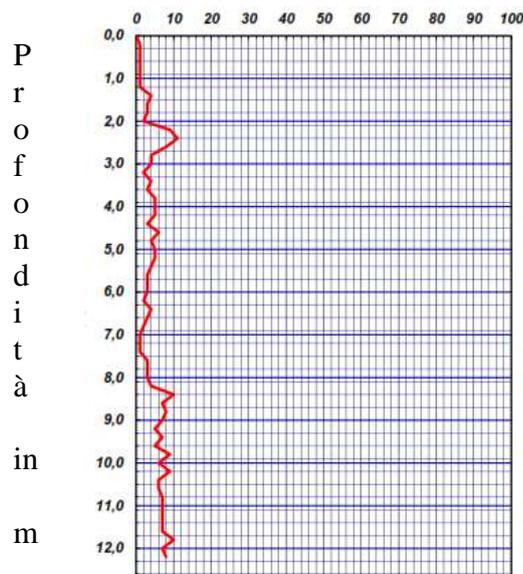


FIGURA 118: Alcuni profili di resistenza di prove DPSH in siti della Regione B: Casamarciano - a) Strada Provinciale Nola e b) Pollicultura Ex-De Stefano; Tufino - c) Contrada Cesina; d), e) Cimitero

Regione C

Si tratta dell'area occupata dal centro abitato di Tufino. Il complesso alluvionale di fondo si rinviene a profondità comprese tra - 4.0 m e - 6.0 m dal locale piano campagna. I profili di resistenza mostrano una buona concordanza da quota -4.0 m dal locale piano campagna perché disturbati in superficie da depositi ciottolosi di vario spessore, posti in vicinanza del tracciato dei lagni. Nei casi

più ricorrenti, il grado di addensamento dei terreni D_r raggiunge al massimo il 50% ma solo per i termini più profondi, l'angolo dell'attrito interno φ varia da 25° a 32° rispettivamente per i termini sabbioso limosi di superficie ed intermedi e di quelli più sabbiosi posti a tetto delle ghiaie. Il modulo di deformabilità E_d non supera i 10 MPa.

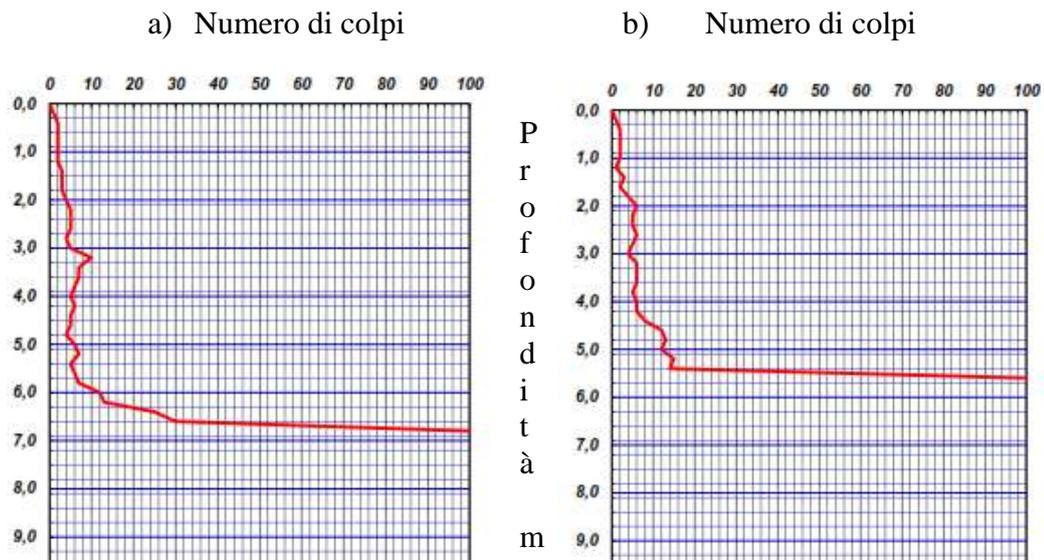
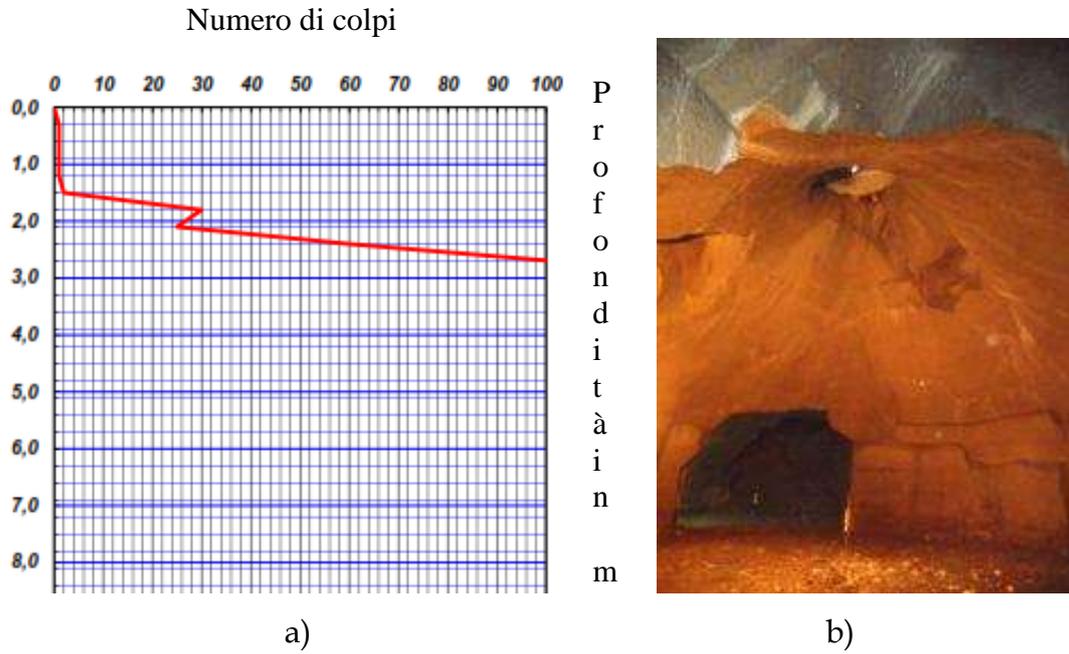


FIGURA 119: Alcuni profili di resistenza di prove DPSH in siti della Regione C: Tufino - a) Contrada Vergheglie e b) Corso Garibaldi

Regione D -

Si tratta di un'area posta ad oriente coincidente con la parte più antica dell'abitato di Tufino. Il complesso alluvionale di fondo si rinviene a modesta profondità, ossia a quote comprese tra - 2.0 m e a - 3.0 m dal locale piano campagna, in esili spessori o talora assente. La successione dei depositi, osservabili con trincee, dagli scavi superficiali, sui fronti della Cave Campetiello e Galeota, ma anche nei pozzi di accesso non rivestiti delle cavità-cantine dell'area evidenzia, al di sotto dello strato di natura vegetale, la presenza unica di una piroclastite rimaneggiata con pomicei alterati che si sovrappone allo strato di ghiaia o alla formazione tufacea. Il grado di addensamento D_r di

questo deposito è stimato intorno al 25% con un angolo dell'attrito interno ϕ poco superiore ai 24° , il modulo di deformabilità E_d raggiunge al massimo i 6 MPa.



c)

FIGURA 120 : Alcuni profili di resistenza di prove DPSH in siti della Regione D: Tufino - a) presso Cavità Galeota, su Via G. Leopardi, b) stratigrafia dedotta una canna di pozzo e c) da spaccati di cava

Regione E -

Comprende l'area periferica di Tufino sul lato sinistro della Cava Valle estesa sino alle frazioni di Vignola e Risigliano, il centro abitato di Comiziano con la frazione Gallo. Il complesso alluvionale di fondo si rinviene in consistenti spessori (> 5 m) ed a profondità medie che sono comprese tra $- 6.0$ m e $- 8.0$ m dal locale piano campagna. I profili di resistenza standard evidenziano una successione di depositi piroclastici rimaneggiati con inglobato detriti calcarei ad elementi sub-arrotondati sparso, aventi una coesione trascurabile ($c=0.00$ MPa), un grado di addensamento compreso tra lo sciolto ($Dr=40\%$) ed il mediamente addensato ($Dr=50\%$), tuttavia quest'ultimo valore si riferisce sempre ai termini più francamente sabbiosi e profondi con un modulo di deformabilità E_d che non supera i 10 MPa.

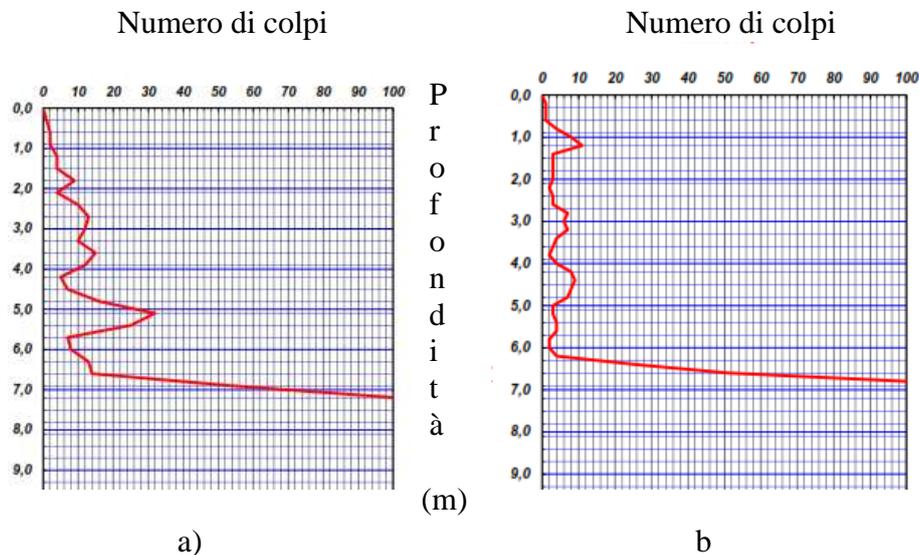
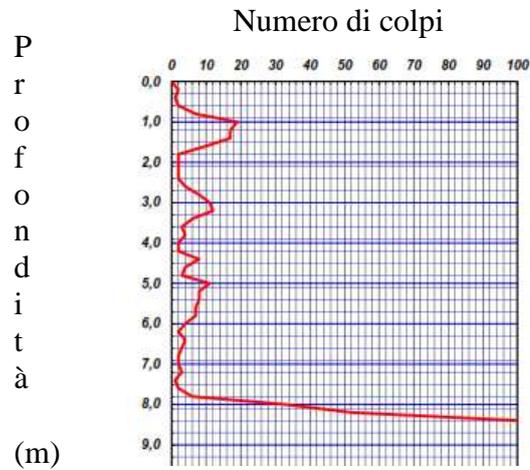


FIGURA 121: Alcuni profili di resistenza di prove DPSH in siti della Regione E: Tufino, in alto -a) Frazione Risigliano, Via Giulio Cesare; Comiziano - b) Regio Abolito e, in basso c) Frazione Gallo



Regione F

Comprende l'area più orientale della frazione Schiava, amministrativamente ripartita tra i Comuni di Casamarciano e Tufino. Il complesso alluvionale di fondo si rinviene a profondità comprese tra -6 m e -9 m dal locale piano campagna, la stratigrafia della sequenza riconosciuta nelle aree cavate muta radicalmente verso sud, nell'area di Paenzano per cause di natura tettoniche. I profili di resistenza DPSH e le prove SPT di sondaggi stratigrafici evidenziano un grado di addensamento dei terreni D_r che raggiunge il 30% nei termini più limosi e più del 50% in quelli francamente sabbiosi e con abbondanti inclusi calcarei, di conseguenza, l'angolo dell'attrito interno ϕ raggiunge anche i 32°-35°, con un modulo di deformabilità E_d inferiore ai 20 MPa.

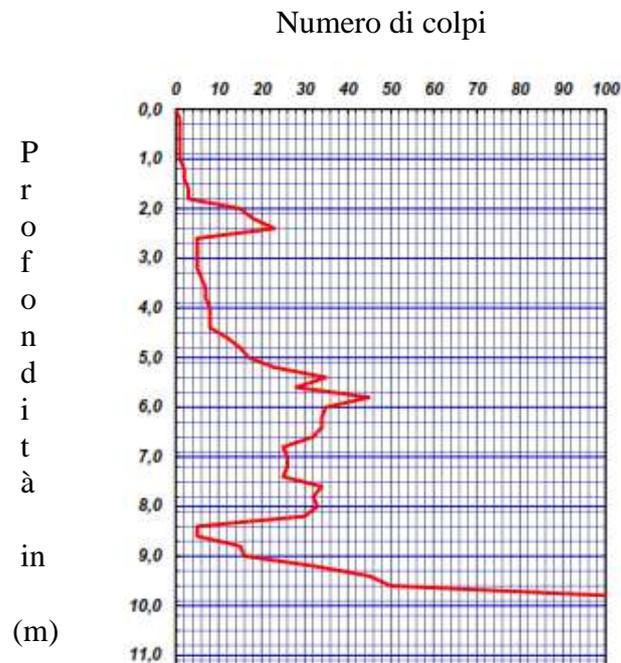


FIGURA 122: Un profilo di resistenza di prova DPSH in un sito di Tufino nella Regione F

Nella scelta di una parametrizzazione fisico-meccanica dei terreni di ricoprimento da poter associare a valutazioni di più ampia scala, i dati espressi sono ancora di difficile quantificazione per la loro influenza sulla stabilità dei cavi sotterranei e, pur disponendo di un numero di informazioni sufficientemente distribuite, non si può non sottolineare la variabilità degli orizzonti a piccola scala già riconosciuta per le unità PNV e VEF2b2 e, ancora, il loro sviluppo circoscritto in lenti, sacche, con geometria non sempre definibile, di certo, fuori dal potere risolutivo di esplorazioni distali.

5.1.4 IL DISORDINE IDRAULICO

Nell'analisi delle relazioni tra l'attività estrattiva del tufo, i primi regolamenti urbani per il censimento dei cavi sotterranei, i dissesti indotti dal loro abbandono, non si può non sottovalutare nel concorso di queste variabili l'incidenza assunta dal particolare assetto idrografico dei luoghi e dagli eventi idrogeologici che devastarono a più riprese questo lembo interno dell'area di Napoli.

La bonifica dei torrenti nolani rappresenta fra quelle condotte in Campania la dimostrazione della relazione fra disboscamento e degrado ambientale (D'Elia, 1994). La progressiva e caotica messa a coltura delle alture del Circondario di Nola, particolarmente spinta nell'Ottocento fu, a parer di molti studiosi ed ingegneri di quell'epoca, la causa di gran lunga preponderante delle esondazioni degli alvei defluenti dai monti a corona della Città di Nola, sugli abitati posti a nord ed a est, infine, sulle vie di comunicazione principali, secondarie ed urbane. Il risanamento dell'Ager Nolanus ha origine più antiche e si inquadra a più vasta scala nella grande bonifica idrogeologica che, iniziata durante il vicereame spagnolo e protrattasi fino al XX secolo, permise di restituire all'agricoltura ed all'espansione urbana, terreni fertilissimi dell'antica Campania Felix, inoltre, con una riqualificazione igienico-sanitaria delle aree periferiche alla stessa Capitale, tutelando le popolazioni del retroterra dalle epidemie e pestilenze, che, a seguito dello impaludamento di acque mefitiche provenienti dallo impetuoso Flumen Clanius e della conseguente insalubrità dei luoghi, erano state decimate negli anni 1594 e 1600 (Leone, 1600, Cavallari, 1602).



FIGURA 123 : L'Antica Chiesa di Ponticchio sepolta dalle alluvioni - Tufino (Na)

I primi interventi della bonifica, indirizzati quasi totalmente all'imbrigliamento ed alla rettificazione del corso d'acqua nella piana retrostante la Capitale del Regno (fossa acerrana), a sud della quale si attuava anche il recupero delle aree più litorali (paludi di Casalnuovo-Volla), se da un lato posero le basi progettuali per una radicale riqualificazione delle condizioni di vita della gente nolana, dall'altro, disattesero nel tempo quell'ulteriore e necessaria attenzione alla sistemazione degli impluvi del sistema montano-collinare di Nola, selvoso con continuità da Lauro ad Avella e che, almeno in un primo tempo, consentì di trasmettere a valle acque limpide, accolte nei campi e nelle pubbliche cisterne. Anche le attività di estrazione del materiale tufaceo potevano svilupparsi secondo le opportunità in siti prossimi ad alcuni di questi impluvi (Gaudo, Oreale, Visciano) e ciò non comportava pericolo per maestranze specializzate che operavano nei cavi per lunghe giornate.

Il Real Sovrano Ferdinando I aveva introdotto con parere espresso in data 09-10-1805 al Consigliere di Real Camera di Santa Chiara pene severe per frenare gli abusi introdotti nell'arte dei Fabbricatori, Pipernieri, Tagliamonti i quali, a seguito dell'imperizia e l'inosservanza di alcuni dei Reali Ordini e Costituzioni dell'Arte contenuti nella Real Carta del 22 luglio 1794, creavano diversi inconvenienti e danni su edifici e terreni, con i reclami legittimi dei Padroni e proprietari, nel contempo, adottò un piano di riforma recante il riconoscimento

divisato degli Artieri, a mezzo di Albo, e la tassa convenevole alle loro fatiche (ASN, Segreteria di Grazia e Giustizia n. 217).

Questa situazione idrogeologica, anche se ritenuta non precaria, fu aggravata nei primi anni del Regno Francese (1806-1815), sotto la reggenza di Gioacchino Murat, quando per effetto dello scioglimento delle promiscuità sui terreni decorrenti su argini a corsi e torrenti d'acqua o, ancora, per l'acquisto di estesi possedimenti montani provenienti da confische operate su Monasteri o Ordini Religiosi soppressi, che furono anche un immenso vantaggio all'economia del reame filo-napoleonico, venne meno la volontà di stabilire regolamenti di conservazione dei luoghi o, per lo meno, non furono mai pubblicate leggi per la coltivazione dei monti e di quei luoghi ove danno ne potesse derivare alle sottoposte pianure (Bianchini, 1839).

Ne risultò una piena autarchia condotta spesso da aristocratici locali che, guidati dalla voluttà di un profitto economico e con l'ausilio di un tiepido controllo del governo centrale, stravolsero contesti montani storicamente stabili con dissodamenti delle colline per la messa a coltura di estesi vigneti. taglio intensivo dei boschi cedui, costituiti da estese selve di querce e castagni.

Le preoccupazioni dei parlamentini locali (Sindaco e Corpi Decurionali), in alcuni casi, venivano esposte all'Intendenza della Provincia di Terra di Lavoro, talora accolte con sensibilità, ma recepite con urgenza dalla sola Direzione Generale Ponti e Strade, conscia di tristi ed imminenti sciagure:

“Il Marchese del Gallo si è principiato di sboscare una Montagna da esso che ha acquistato dal soppresso Monistero dei Verginiani di detta Comune e che siffatto disboscamento è contrario alle Leggi, ma benanche ne' i tempi di pioggia ancorché verrebbe a produrre un serio e notevole danno non solo all' abitato della Comune stessa, ma benanche a tutti i territori della Montagna sottostanti,... i padronali han chiesto di impedire un tal disboscamento a norma delle disposizioni del governo.....facendosi un tal disboscamento come verrebbe a patire in caso di alluvioni o pioggia la detta Comune, ma benanche tutto il territorio seminativo sino a questo Comune di Nola, che quantunque della Montagna sia Selva Cerquale, pure apporta grandissimi danni di territori adiacenti questo Comune di Nola e sino all'abitato stesso dalla parte del Monistero di Donne Dominiche di Santo Spirito.” [ASC, Intendenza Borbonica, Affari Comunali, Casamarciano, b. 1177; Stralcio dalla lettera del Sindaco e del Corpo Decurionale di Casamarciano all'Intendente Macedonio Luigi Consigliere di Stato ed Intendente di Terra di Lavoro Capua, recante data 3 novembre 1809].

“Mi perviene qui per espresso rapporto del sig. Giudice di Pace del Circondario di Nola Egli mi manifesta i reclami del Sig. Sindaco e Decurionato di Casamarciano, a motivo, che dal Sig. Marchese del Gallo si intraprese lo sboscamento in una montagna (dietro il Monastero dei Verginiani) senza veruna autorizzazione, ed in aperta contraddizione della Legge, Inoltre, lo stesso co' più tetri dolori mi fa riflettere, che disboscandosi tutta la Montagna, ne' tempi di pioggia produrrebbe delle alluvioni in grave e notevole danno, non solo dell'abitato di quel Comune di Casamarciano, ma benanche di tutti i territori sottoposti e presso a poco fino al Comune di Nola. Io mi do tutta la fretta rassegnarlo alla E.V. perché si compiaccia prendere quelle misure più conducenti all'enunciato Comune di Casamarciano e lo ripete gli attestati del mio rispetto”. [ASC, Intendenza Borbonica, Affari Comunali, Casamarciano, b.1177, Stralcio dalla lettera dell' Intendente della Provincia di Terra di Lavoro al Ministero dell'interno recante data 8 Novembre 1809]

Sulla problematica idraulica e le deficienze di scolo meteorico insite nei torrenti nolani, il Corpo degli Ingegneri Regi di Ponti e Strade si era più volte espresso appellandosi per la loro risoluzione a interventi miste, come la realizzazione di possibili vasche (*rimedi provvisionali*), traverse di fabbrica e rimboschimento delle alture (*rimedi stabili*), interventi che saranno oggetto di un'accesa e sterile discussione fino al 1822.

Nella difesa del settore orientale e militarizzato della Città di Nola dagli allagamenti prodotti dal Torrente Auriano (oggi Oreale o San Clemente) di Casamarciano, che furono particolarmente intensi tra il 2 e 4 Maggio 1816, verranno proposte soluzioni ardite tra i due parlamentini locali, quali la possibile deviazione dell'impluvio e lo sverso delle sue acque in alcune Cave di Pietra di Tufo inutilizzate, sul lato nord-ovest del centro abitato (Località Taverna), da impiegare all'uopo come vasche di scolmo sotterraneo (Ponti e Strade, ASC, B. 107).

Il progetto, proposto dall'Ingegnere Raffaele Abate del Corpo Reale di Ponti e Strade, esaminato con parere positivo dal Consiglio Generale di Ponti e Strade nella seduta del 27 Agosto 1816, su disegno degli Ingegneri Luigi Giura e Bartolomeo Grasso, controfirmato dall' Ingegnere in Capo e Segretario Luigi Malesci rimarrà l'utile soluzione per il superamento delle emergenze idrauliche del periodo 1823-1830), che vedranno il corso d'acqua minacciare sempre di più la Città Capoluogo (Figura 124), sicché per tale fine, nonostante la forte opposizione della popolazione che pronosticava presso le Cave seri pericoli per

la sicurezza in superficie dei terreni agricoli o dei fabbricati prossimali, i due ipogei furono colmati interamente dai detriti montani.

Negli intenti e nelle giustificazioni della soluzione avanzata, la cui documentazione d'archivio è ricca di dettagli e di validi contributi tecnici, viene sottolineata, oltre all'elevata capacità di invaso di questi "monti" nello assolvimento dell'impellente compito, anche i rischi geostatici derivanti dal loro abbandono o/e progressivo degrado:

"Le stesse cave sono in una profondità da non recare alcun pregiudizio ai terreni superiori, e di un'ampiezza sufficiente a ricevere de grandissimi volumi di acqua e terra; oltre che per l'acqua e per la mobilità delle sue particelle, internandosi per i scarpini, o interstizi del monte stesso naturalmente va a dissiparsi"[ASC, Contratti Prefettura, Progetto di Deviazione del Lagno di Casamarciano b. 1179, stralcio dalla lettera dell' Ing. Raffaele Abbate all'Intendente della Provincia di Terra di Lavoro]

"Due sono i vantaggi che si offre con tal progetto; il primo di liberare dalle inondazioni la Città di Nola, ed suo territorio, e con tenue spesa. Ed il secondo di veder colmate con il tratto nel tempo le cennate Cave l'una dopo l'altra mediante i depositi delle torbide che vanno a gittarvisi le cui acque restano assorbite da strati di terra, e lapillo che si incontrano nel fondo delle Cave medesime e dalle scarpine che esistono naturalmente nel tufo. Tali colmate possono far cessare gli inconvenienti, che non di rado avvengono nella volta di quei monti, le quali mal regolate nel taglio spesso vanno a crollare lasciando avvallamenti nei terreni sovrapposti [ASC, Intendenza Borbonica, Contenzioso Amministrativo, Nola, b. 1180, stralcio dalla Lettera dell'Ing. Filippo Giuliani all'Intendente della Provincia di Terra di Lavoro, recante data 5 Maggio 1823]

Sul lato settentrionale del territorio, in quello che sottende gli abitati di Tufino e Comiziano, gli equilibri idrografici sono turbati dal soprattutto dal torrente del Gaudio che, proveniente dalle montagne di Monteforte, dopo un primo tratto regolare, giunto all'altezza del "Ponte Salone", proseguiva in modo molto tortuoso, con frequenti esondazioni che investivano sia i centri abitati che le campagne (Palmieri, 2007; 2002). Per queste ragioni, sorgevano veri alterchi e disquisizioni tra i cavamonti e le diverse Amministrazioni locali circa l'opportunità di aprire cave sotterranee in prossimità degli alvei, questioni che venivano fatte decadere soprattutto grazie all'ausilio di appaltatori a servizio della Direzione Ponti e Strade che, nel corso di interventi di riparazione degli

argini dello stesso torrente nell'area compresa tra la frazione Vignola di Tufino e l'abitato di Cicciano, mettevano in guardia sul possibile rischio di allagamento o, addirittura, sul concomitante collasso degli stessi ipogei.

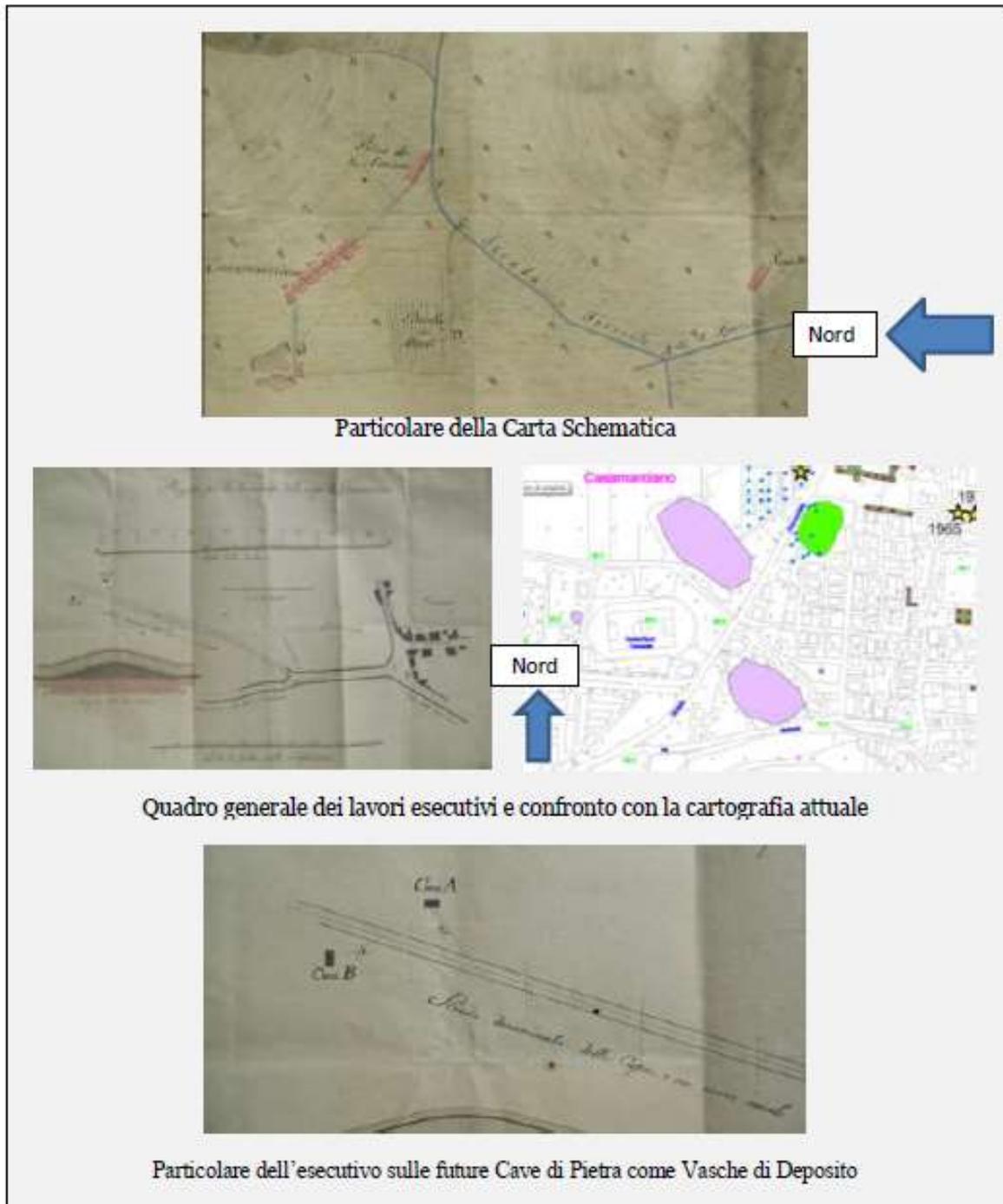


FIGURA 124: Progetto per l'incanalamento delle acque di Casamarciano 27-08-1816

ASC, Ponti e Strade B 107 foglio 157

Con l'introduzione degli Statuti Urbani e Municipali (Patti di Polizia Urbana e Rurale), dettati dalla Legge del Regno del 12 dicembre 1816 all'art. 239 e con possibilità di affiancare articoli addizionali, i Comuni di Casamarciano e Tufino adottarono per molti anni un sistema di controllo delle attività estrattive che, oltre ad autorizzarle per alimentare lo stato di benessere dei residenti e, nel contempo, acquisire i proventi giurisdizionali (due e tre grana per ogni carretta di pietre in uscita) determinò maggiore sicurezza del territorio da inconvenienti geostatici già verificati o attesi proibendo *“l'apertura di cave profonde di pietra tufacea, pozzolana e lapillo a fianco delle strade”* ed imponendo a proprie spese *“la costruzione di argini di fabbrica di pietra intorno a fossi e cave inutilizzate, per un'altezza di palmi tre dal suolo, con “smontaggio di artefatti canali destinati ad immettere le acque fluenti nei territori per rendere libero il corso delle acque”, pena l'applicazione di sanzioni pecuniarie a beneficio delle casse comunali (ducati tre per il 1 e 2° art. addizionale, carlini ventinove per 3° art. addizionale) e penali (tre giorni di prigione) [ASC, Intendenza Borbonica, aa. 1824-1850, Affari Comunali Casamarciano e Tufino, bb. 1181-1187 e 1132-1133].*

La violenza delle inondazioni del Torrente Gaudò, nel quale si riversano a monte anche le acque provenienti dai Monti di Visciano, era soprattutto imputata alla confluenza più a valle del Torrente Avella, collocato all'altezza del Ponte di Risigliano e nella pianura denominato canale di Cicciano, un intervento idraulico che, risalente alla fine del XVIII secolo, mostrava elementi di chiara insufficienza giacché arrecava *“frequenti rotte”*.

Vi erano soprattutto le omissioni e gli abusi commessi dalla popolazione (quali il mancato rinforzo degli argini con piantagioni di pioppo, l'apertura di varchi da dove ricavar acqua per l'irrigazione dei terreni o riempire cisterne, il restringere le siepi nel letto del torrente così da produrre tortuosità) ad ingigantire un equilibrio idraulico di per sé fragile e, inoltre, condizionato dalle frequenti eruzioni del Vesuvio.

La precaria situazione si aggrava violentemente il 25 Ottobre 1823, quando...
“diverse e terribili alluvioni inondarono il Distretto di Nola, che devastarono quelle belle ed ubertose campagne, distrussero una parte della Strada Regia e della Provinciale da Maddaloni all'Epitaffio della Schiava, con guasti incalcolabili agli abitanti de' Comuni di Camposano, Cimitile, Cumignano [oggi Comiziano], Tufino, Risigliano, Vignola [in una cantina, di proprietà Montano, andarono persi ingenti quantità di vino], della stessa Città di Nola, particolarmente danneggiato risultò Cicciano, completamente inondato, con grave pericolo per la popolazione e morte di una famiglia [Min. LL.PP., Bonifiche, ASC, I serie f. 73; Min. Int. ASN II Inventario, fs. 4678].

La gravità dell'evento farà immediatamente mobilitare le istituzioni ai massimi livelli con stanziamenti per decine di migliaia di ducati, tuttavia, i primi lavori consistenti in scavo/ampliamento degli alvei e strutture di rinforzo degli argini, saranno inefficaci nelle forti piogge del novembre 1824, tale che il da poco nominato Direttore Generale di Ponti e Strade Carlo Afan de Rivera, assertore di una causa delle alluvioni del Nolano riposta nel disboscamento delle alture e della estesa pratica viticola in collina, ne denuncerà in un suo resoconto le errate premesse, la scarsa qualità dei materiali impiegati, difetti nell'esecuzione, azioni fraudolente compiute dall'Appaltatore G.R., etc....[Min. Int., ASN II Inventario fs 4677].

Nonostante gli sforzi compiuti dall'Istituzione preposta, le alluvioni nolane si succederanno in modo gravoso dal 1825 al 1829 interessando il settentrione della vasta plaga, l'azione acconcia promossa dall' Ing. Bartolomeo Grasso sui torrenti del Gaudò, Avella e Auriano consentì, seppure con le esigue finanze sovrane e, gradualmente, di far sboccare le acque nei Regi Lagni, arginando le sponde e, sostenendo le torbide con opere opportune.

Il mantenimento di quei canali, diligentemente curato dal Sottintendente Barone Pallamolla, fu però dai suoi successori trascurato sicché nel 1855 si lamentavano gli stessi disastri causati da quelle acque sbrigliate (Annali delle Bonificazioni, 1858).

Nel periodo che intercorre tra il 1825 ed la prima metà del 1830, a seguito delle precarie condizioni idrauliche dell'area, l'attività di prelievo dell'Ignimbrite Campana viene indirizzata lontano dai grandi alvei montani, nelle aree settentrionali di Casamarciano (Località Campocavallo) ed in quelle meridionali di Comiziano (Località San Benedetto) o/e distante dall'arteria di comunicazione primaria (Strada Real Cammino di Puglia) e dalle Strade Consolari (Cicciano-Epitauffio di Schiava, Ponte di Schiava, Casamarciano-Ponte di Schiava) che, quasi sempre impraticabili, venivano riparate a spese dei Sindaci e Corpi Decurionaliv con *"bracciale e taglime di tufo"*, permettendo *"il traffico necessario di Viaticali, Traini e Vitture a Schiena"* (Intendenza Borbonica, Affari Comunali, Casamarciano [ASC bb. 1181-1184, Notamenti di spesa per rifacimento della Strada Consolare].

Questa attività' estrattiva più interna sarà accertata nell'aprile del 1840 quando, durante la costruzione della variante Galluccio-Schiava della Strada Regia, si verificarono in alcune proprietà sprofondamenti per la presenza di *"antichi cavi di tufo"* [Ponti e Strade, ASN f.1383, fs.lo 560, lettera del 05- 04- 1841].

La Direzione Generale di Ponti e Strade provvide ad inviare sul posto l'Ispettore F. De Petra e l'Ing. Federico Bausan, i quali poterono verificare l'esistenza di *"alcuni canali bislungi intersecati da più altri a croce"*, nei quali era stata tagliata la pietra di tufo da tempo ben remoto"; le cave, alte 21 palmi (5,54 m), avevano il fondo a 60 palmi (15,84 m) dalla costruenda strada; si era osservato, tra l'altro, che il soffitto dei cunicoli era costituito da un *"tasso arenoso facile a scoscendere"* [ASN, Ponti e Strade, f.1383 fs.lo 560, lettera del 14 aprile 1841 al Ministro delle Finanze].

Per consentire il passaggio della strada, *"fu stabilito non potersi in modo più economico e sicuro ripararvi, se non con la costruzione a porzioni successive ed a cielo aperto di competenti volte di tufo, estraendo per una prima porzione l'intera altezza del tagliamento con tiro verticale, e procedendo al tagliamento successivo senza tiro, ma riempiendo l'intervallo fra i piedi ritti delle volte da rialzarsi colla terra di tagliamenti seguenti"* [ASN, Ponti e Strade f.1383 fs.lo 560, op. cit.,]

Al 1841 la bonifica dei torrenti nolani si presenta ancora come una grande e precaria massa di opere diverse, né si riusciva a trovare una soluzione definitiva ai problemi dell'area, neppure l'azione corposa messa in campo da Carlo Afan de Rivera potette impedire il sovralluvionamento dei canali nelle zone abitate nel gennaio 1843 e nel maggio 1857 con la devastazione, ad opera di ingenti quantità di "pietre ed arene" provenienti dai Monti e dalla Strada Nola- Ponte di Schiava.

In quelle particolari circostanze, in Casamarciano, furono sbarrate con alberi di pioppo, fascine e sacchi, le ampie ed inutilizzate cave di pietra tufo poste sui due lati della strada consolare (Località "Taverna"), per impedire che le acque dei rilievi nord-orientali (dal Fosso dell'Astolelle), responsabili di "aver riaperto una voragine" vi si scaricassero con violenza (provenienti da Via Olivella e Via Pizzone ed ivi sfocianti attraverso Via del Notaro (oggi Vico Taverna), tali da "rodere e far collassare la strada, rendendola pericolosa per il traffico di viaticali, vitture a schiena, animali" [ASC, Intendenza Borbonica, Affari Comunali, Casamarciano, bb. 1186-1189-1190].



FIGURA 125: Collassi Ipogei del 1843 – Minuta di Campagna IGM Nola 1876

Lo sgombero frequente dei detriti e gli accomodi della viabilità primaria e secondaria perdurarono fino al 1860, con fondi attinti dal bilancio locale per la manutenzione straordinaria delle strade o di pubbliche opere comunali, secondo le modalità previste dalla Circolare inserita nel Giornale della Intendenza n. 10 in data 14-04-1846 e delle Osservazioni della Provincia con altra Circolare del 10-07-1857 3° uff. 2° carico n. 21427.

A partire dalla proclamazione dell'Unità d'Italia, con spese supportate per la più gran parte da bilanci posteriori al 1864 e dai limitati stanziamenti della legge del 23 marzo 1900 (Testo Unico), i lavori di sistemazione e bonifica dei torrenti nolani si protrassero dal 1873 al 1922 e consistettero nella realizzazione di briglie in pietra e robusti muri di sponda e sostegno per i tratti vallivi di Avella, Gaudio e quelli montani di Casamarciano, vasche di trattenuta delle torbide provenienti dalla pendici del Monte Partenio, con imbrigliamento di alcuni affluenti dei primi due torrenti, ancora, con le leggi n. 390 del 19 luglio del 1906 e del 13 aprile 1911 n. 311, si ripararono i danni arrecati dall'eruzione vesuviana di inizio secolo (Pareto, 1867; Simonetti, 1912)

Il Piano Generale dell'Agro Nolano ed suoi Torrenti, come appariva nel 1887, si osserva in una Carta realizzata a penna in scala 1:25.000 vidimata dal Cons. Sup. LL.PP. in data 18-02-1889 e firmata dall'Ing. Capo di Sezione Leonardo Papa [ASC, Collezione Prefettura-Contratti fasc. 519].

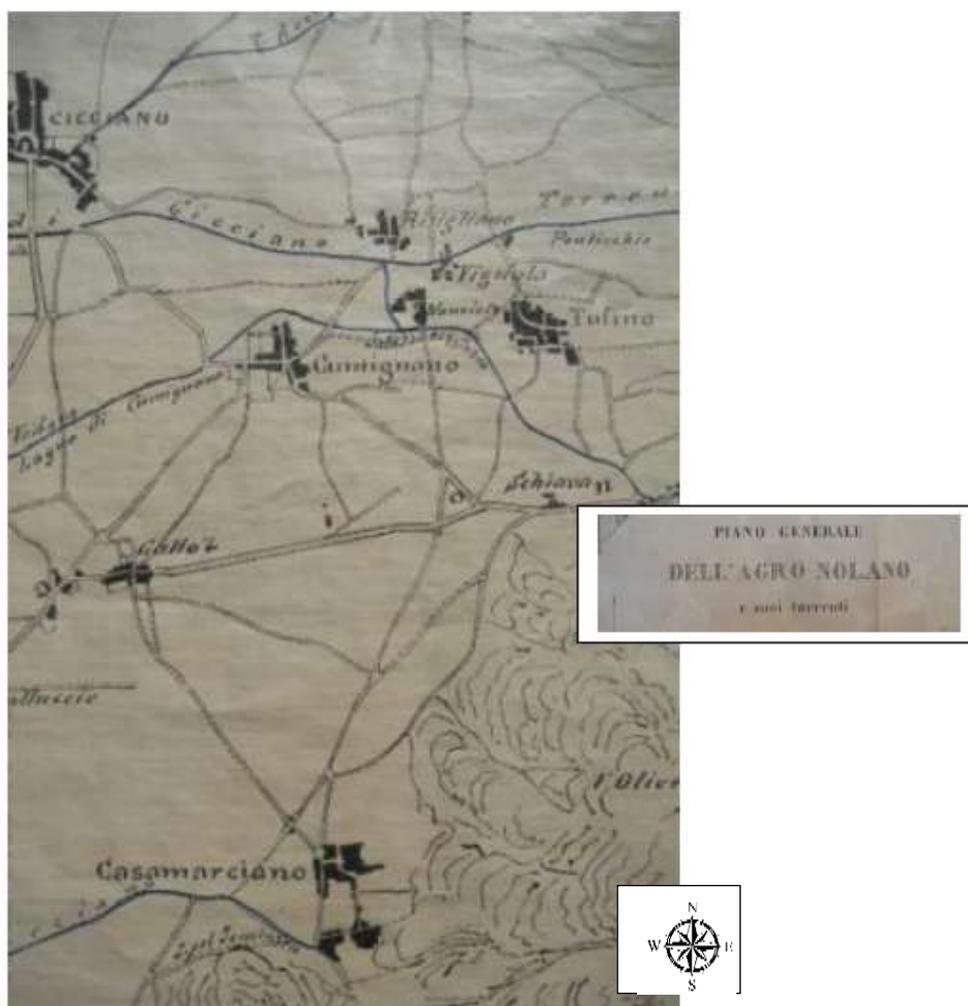


FIGURA 126: Gli alvei di Casamarciano, Gaudio ed Avella (1887)

Gli sforzi compiuti per l'arginatura dei laghi nolani non eviteranno l'insorgere di nuove alluvioni del Gaudio che sono accuratamente riportate nel catalogo delle Piene del Progetto AVI, GNDICI-CNR

Gli eventi alluvionali del 1949, 1974 e 1978, causati dall'intasamento detritico della vasca di laminazione a monte nel vicino Comune di Sperone (AV) e dalla scarsa manutenzione del canale, arrecheranno ancora danni ingenti alle frazioni storiche di Tufino, quali Vignola e Risigliano, con l'inevitabile invasione di fango nelle abitazioni del centro storico, nelle grotte-cantina e nelle campagne circostanti, fenomeni che si ripeteranno, seppure in modo più contenuto, nel settembre 1997 e nel corso dell'emergenza idrogeologica del maggio 1998.

Scheda Censimento	Località	Bacino	Data	Ambiente Fisiografico
-----	Tufino	T . Gaudio	01 - 10 - 1949	Collina
300147	Tufino	"	19 - 09 - 1974	"
4300107	Tufino (Vignola)	"	07 - 09 - 1978	Pianura
300180	Roccarainola- Tufino	"	07- 09 - 1987	Pianura
300147	Tufino	"	07 - 09 - 1978	"
-----	Risigliano- Camposano	"	13 - 09 - 1997	"

TABELLA 15: Progetto AVI CNR – Estratto di Eventi Alluvionali per l'Area Nolana Settore N-NE

5.1.5 IL DEGRADO AMBIENTALE

Nell'articolazione dell'ecosistema del territorio nolano due sono gli elementi che si evidenziano quali aree di crisi del territorio sul versante meridionale:

- le molteplici criticità in cui versa il settore dei rifiuti in Campania e che durante la fase più acuta dell'emergenza degli anno '90 del secolo scorso, permise l'impianto di due discariche controllate (Paenzano I e II) in aree di cava di tufo dismesse, ma adiacenti ad altre attive;
- uno smaltimento illecito antico che, prima ancora di un vero monitoraggio dei flussi dei rifiuti urbani e speciali, ha interessato il sistema ipogeo presenti sul territorio.

In concomitanza alle fasi di ristrutturazione e ricostruzione di edifici danneggiati dal sismi irpino del 1980, alcune grotte e cavità esterne agli abitati di Casamarciano e Tufino divennero luogo di scarico di calcinacci e macerie edilizie, divenendo, in alcuni casi, proprio per la mancata funzionalità di forme di rimpiego dei rifiuti alternativi alla discarica e di sistemi fognari organici, vere e proprie polveriere di detriti, spazzatura, liquami pericolosi.

La miscela di rifiuti contenuta in una cava sotterranea posta tra Comiziano e Tufino fu la causa nel Marzo 1979 di una esalazione tossica, riportata alla luce

della cronaca dal "Il Mattino" (Figura 127) che provocò la perdita di 300 quintali di nocciole coltivate su 30 moggia di terreno ed irritazioni cutanee agli abitanti in un raggio superiore ai 2 Km



FIGURA 127: La notizia dell'esplosione del 28 Marzo 1979

Dopo alcuni anni, fu accertato dalla Magistratura Napoletana che i rifiuti illecitamente sversati nel sottosuolo risultavano provenienti da paesi dell'hinterland napoletano consistenti in idrocarburi, rifiuti ospedalieri, scarti di macellazione bovini, andati in fermentazione e in autocombustione.

Alcune cave ipogee in aderenza a fabbricati privati posti nelle periferie dei centri abitati sono utilizzate da anni come ricettacolo di scarichi fognari impropri, non allacciati alla rete comunale, in altre rilevate solo di recente si sono rinvenuti liquami di cava ed ingenti quantitativi di materiale plastico e vitreo, inoltre. viene avvertita la presenza di forti miasmi (Figura 128).



FIGURA 128: Ipogei adibiti a sversatoi di liquami vari tra Casamarciano e Tufino

Questi aspetti ambientali, oltre ad evidenziare l'uso diversificato che nel tempo si è fatto di questi cavi, fanno emergere la difficoltà di accedere, se non in pochissimi casi, a questi ambienti e specialmente quando le bocche di accesso non sono ostruite da materiali pericolosi.

5.2 GLI “ANTHROPOGENIC SINKHOLE” IN AREA URBANA

Una classica situazione di rischio con edifici o altri manufatti (strade, fognature, acquedotti, metanodotti) costruiti al di sopra di cavità ignote è schematicamente illustrata nella Figura 129, dove una vecchia “tana di lapillo” con il pozzo di accesso è stata ormai occultata da manti di asfalto.

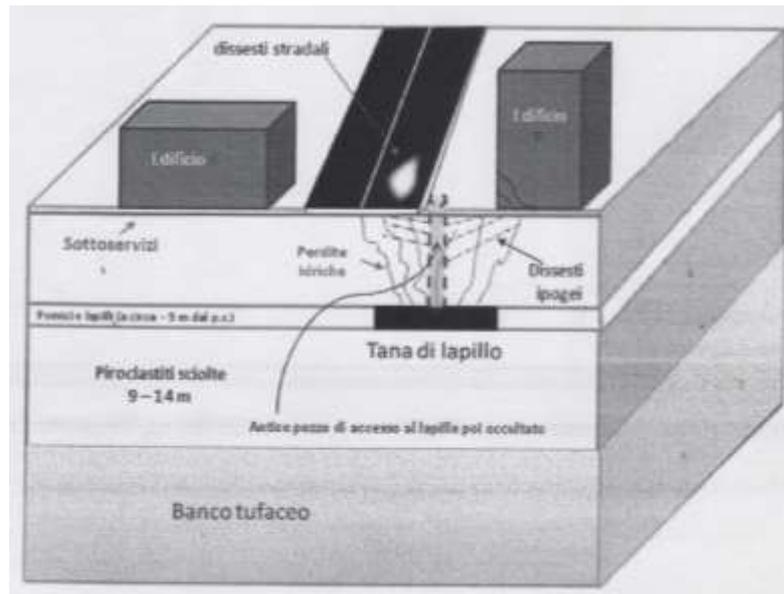


FIGURA 129: FASE INIZIALE DOVUTO ALL' AZIONE DI RILASSAMENTO DI UN OCCHIO DI MONTE

Le dispersioni concentrate di acque chiare e nere, derivanti dalla mancata funzionalità di sottoservizi privati e pubblici, si infiltrano nel sottosuolo seguendo le vie preferenziali offerte, per esempio, dai riempimenti di varia natura e scarso addensamento offerte dai vecchi pozzi di accesso alle cavità orizzontali (tane di lapillo), che sono collocate in zona a profondità variabili da circa 4.00 m a 6.00 m dal piano campagna e di spessore stratigrafico variabile in zona tra 80 -150 cm (pomice di Avellino), ciò favorisce l'erosione dei sedimenti sciolti e l'ampliamento delle cavità verticali non rivestite, ripercuotendosi fino in superficie con dissesti relativamente profondi e cedimenti differenziali con lesioni a fabbricati dotati di fondazioni isolati (Luongo et al., 2011).

Una stessa sorte può capitare ai citati occhi di monte, molto più profondi che servivano di accesso alle cavità antropiche nella roccia tufacea, diffusi in cortili o parcheggi interni di condomini.

Nella Figura 130, invece, si riporta il caso tipico di un occhio di monte nella sua prima fase di dissesto per infiltrazioni idriche, rappresentato da un pozzo verticale non rivestito fino alla cavità antropica tufacea, ci troviamo dinanzi ad una canna di lunghezza di almeno 12 m a cui si somma l'altezza della cavità di altri 10 - 12 m per un'altezza globalmente superiore ad una ventina di metri.

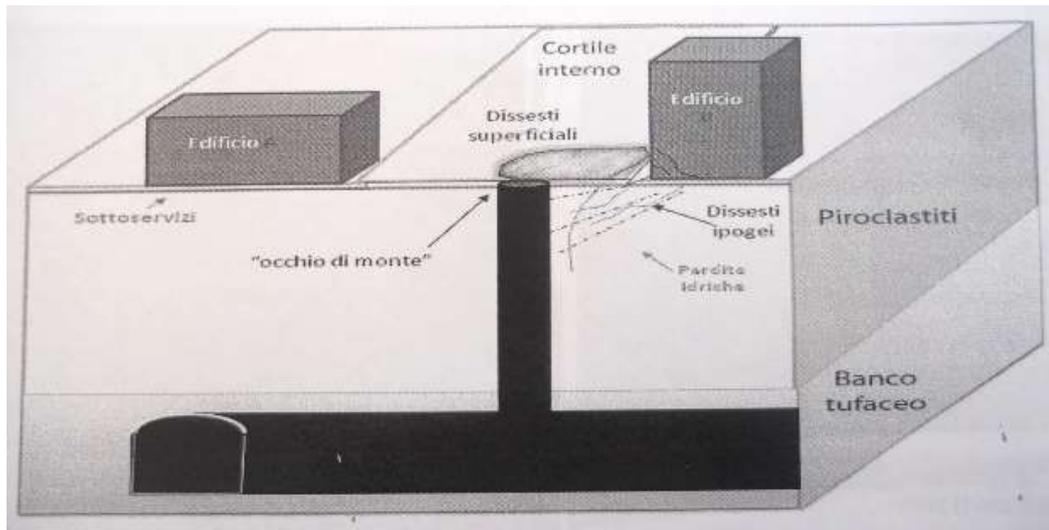


FIGURA 130: FASE INIZIALE DI UN DISSESTO DOVUTO ALL'APERTURA DI UN OCCHIO DI MONTE

Nella Figura 131, invece, vengono rappresentati l'evoluzione del degrado ed il dissesto che può proseguire fino alla creazione di una nuova cavità nella parte superficiale delle piroclastiti sciolte, per dilavamento delle stesse da perdite idriche che recapitano attraverso il foro preesistente fino al pavimento della cavità tufacea posto a quota -22 metri dal piano campagna.

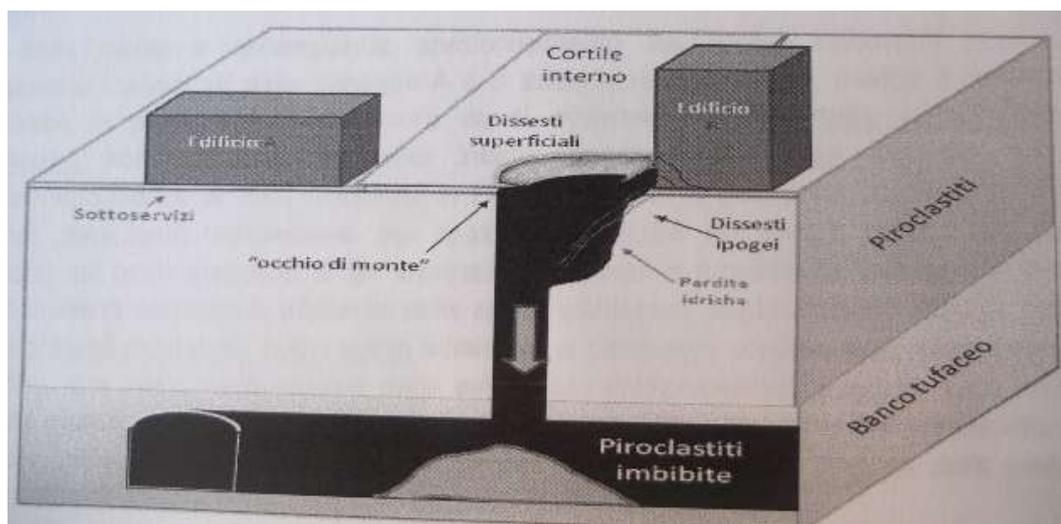


FIGURA 131: FASE FINALE DI UN DISSESTO DOVUTO ALL'APERTURA DI UN OCCHIO DI MONTE

Un esempio reale del caso appena illustrato, elaborato dallo scrivente sulla base di scatti fotografici personali per un evento verificatosi nel novembre 2011, si riporta nella Figura 132 da cui si evince, peraltro, anche confermato dai sopralluoghi nella cavità dei VV.FF. calatisi nella cavità tufacea, che la presenza di quest'ultima abbia funzionato solo da recipiente finale delle piroclastiti sciolte, imbibite per perdite dei sottoservizi che hanno scavato la parete dell'occhio, non rivestito, mentre la cavità sottostante non è stata per nulla interessata dal dissesto, presentandosi integra.



FIGURA 132: Voragine in cantina, casa evacuata a Casamarciano (Na) Via Pizzone nell'Ottobre 2011

Il tetto della cavità, lungo il quale i cavamonti più accorti lasciavano, nella maggior parte dei casi, un paio di metri di roccia litoide al netto del cappellaccio di alterazione superficiale, ha retto e non ha subito sprofondamento della volta, conseguentemente, si può asserire che il crollo dovuto all'erosione granulare ha interessato solo il pozzo verticale.

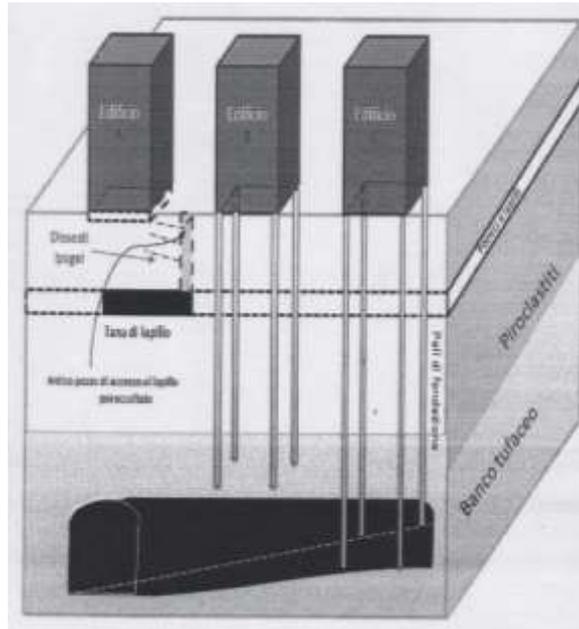


FIGURA 133 : SINTESI DELLE SOLUZIONI FONDALI SUL TERRITORIO RISPETTO AD UNA CAVITA'

Nell'ambito degli scenari a rischio riconosciuti nel comprensorio, soprattutto in relazione ai dispositivi di fondazione che si adottano per realizzare edifici A, B e C poggianti su ipogei precari ed illustrati nella Figura 133, si riconoscono: a) fondazione superficiale (travi rovesce, plinti, platea); b) fondazione profonda con pali attestati nel banco tufaceo, ma nella volta di una cavità ignota; c) fondazione profonda con pali incamiciati attestati alla base della cavità.

Il caso (a) è già stato descritto nel dettaglio nella Figura 132

Nel caso eventuale di cedimento della volta e conseguentemente dello sprofondamento dei terreni incoerenti sovrapposti, di certo i fabbricati delle tipologie A e B subirebbero danni seri, mentre il fabbricato C resterebbe in piedi ma non sarebbero ovviamente in sicurezza la strada, cortili interni ed aree pedonabili, non sostenuti.

Alla luce di quest'analisi, porre attenzione alle reali superfici degli insediati storici e di espansione aiuta a pianificare meglio i casi nei quali il rilascio di nuove concessioni edilizie avviene su aree cavate mai antropizzate, ma anche su quelle interessate da sostituzioni edilizie che, con il buon proposito di fare arretrare i fabbricati e ampliare le carreggiate stradali, occultano la presenza

delle cavità sottostanti, esponendo ad elevato rischio gli attuali piazzali antistanti i nuovi edifici adibiti ora a parcheggi, perdendosene la memoria. Era infatti consuetudine degli antichi cavatori/proprietari, sfruttare al massimo tutto il confine fino alla strada sia del soprassuolo, per l'edificio, che specularmente del sottosuolo, per la cavatura delle pietre di tufo, anche per i vincoli geometrici imposti dalle pendenze delle eventuali rampe di discesa e del cubaggio necessario da estrarre.

Nel caso di cedimento istantaneo (assoluto o differenziale a seconda delle dimensioni ed estensione dei vuoti) di sole tane di lapillo sarebbe a rischio soprattutto l'edificio A, con fondazione superficiale. I fabbricati B e C, scaricando il peso soprattutto di punta, in profondità sul banco tufaceo, non subirebbero dissesti significativi. Anche per questa tipologia di dissesto, la garanzia migliore per la sicurezza del fabbricato è offerta dall'essere dotato di una fondazione a platea, più rigida e con una distribuzione più uniforme dei carichi.

I pali di fondazione del fabbricato B, seppure attestati nel bedrock tufaceo, soprattutto se gravanti geometricamente a ridosso dell'estradosso delle volte a sostegno delle cavità, possono indurre veri e propri sfornellamenti nelle chiavi di volta comportandone nel tempo crolli, scaricando così i pali improvvisamente della loro portanza di punta, con ripercussioni serie alla stessa stabilità del fabbricato sovrastante.

E' opportuno ricordare l'apporto del regime microclimatico di questi ambienti sotterranei che si caratterizza per una temperatura costante tutto l'anno, l'onda diurna non riesce a penetrare, mantenendosi molto umidi, specie nella porzione a contatto con l'aria più alterata, un fenomeno che interessa lo strato tufaceo prossimo alla superficie e interessato da fessurazioni singenetiche. I pali di fondazione, con i loro carichi puntuali sino a 3-4 MPa, vanno quindi ad inserirsi ed alterare un ambiente naturale ed antropico, come quello delle cavità già molto delicato.

Il fabbricato di tipo C, invece, fondando sulla parte più sana del bedrock tufaceo, non presenta grossi problemi, in caso di crolli improvvisi, della cavità tufacea (Luongo et al., 2011).

5.3 L'ATTIVITA' ESTRATTIVA ED I DISSESTI TERRITORIALI

Dall'ampia documentazione consultata, dalla lettura della cartografia storica e dalle varie testimonianze attinte dai cavamonti ancora in vita, è stato possibile delineare i vari step temporali, rappresentati nella TAV. 8 che hanno scandito l'attività di estrazione dell'Ignimbrite Campana nell'Agro Nolano:

- una prima fase, poco antecedente al XVIII secolo, risulta conservata in suoli a ridosso della S.P. Casamarciano-Schiava (Località Taverna), di provenienza monastica, parte delle cave urbane presenti tra tutti e tre i Comuni dell'Agro risultavano già adibite a "grotte vinarie" di nobili case palaziate o di possedimenti ecclesiastici;
- una seconda fase, che si estende fin oltre la metà del XIX secolo, si riferisce a suoli di Casamarciano allocati a sud (antiche cave di deposito), sui lati sinistro (toponimi buca, monte) e destro (Località Pizzone) della S.P. Casamarciano-Schiava, inoltre, le aree a sud ed a est dell'area cimiteriale di Tufino ed un'area di Comiziano frapposta tra le località San Benedetto e Campocavallo, microzona di futura intersezione con la variante Galluccio-Schiava;
- una terza fase, più intensa e compresa tra la seconda e sesta decade del secolo scorso, completa a macchia il quadro esistente con bocche "a quadriglia" in aree urbane ed extraurbane ben definite di Casamarciano (Via Roma ex Casacola, Vie Olivella, Località Palmentella) e Tufino (Via Cimitero lato sinistro, lati SS.7 bis al confine est), Comiziano (Regio Abolito, Epitaffio della Schiava), si afferma l'uso di grotte-cava prodotte dallo sviluppo urbano e rese idonee al commercio vinicolo del momento; il sistema estrattivo più recente (ruota dentata), adottato tra l'inizio del II conflitto mondiale e la fine degli anni '50, è identificabile nelle bocche di cava "spaiate", che sono presenti sui fondi di Casamarciano

(Prolungamento Via Sidon, ambo i lati della S.S.7 bis ad ovest) e Comiziano (Strada dell'Epitaffio di Schiava).

Sulla genesi del dissesti areali indotti dalle cavità sotterranee, di cui si è discusso ampiamente nei capitoli precedenti, emerge che i fattori antropici, stratigrafici, meccanici, idraulici agenti sulle capacità di autosostentamento di questi ambienti possono essere di difficile valutazione per una previsione di accadimento del fenomeno. Un evento di tale importanza, espresso dal crollo di una volta o di parte di un sistema ipogeo deve essere imputato a fattori predisponenti da stimare con peso diverso se la causa è totalmente esterna, al contrario, se il motivo che ha indotto il crollo o collasso è un elemento di stanchezza della struttura, sono da prendere necessariamente in considerazione i fattori insiti nella costruzione e stato di conservazione della cavità.

I modelli di calcolo più avanzati, come si vedrà più avanti, richiedono una parametrizzazione non sempre uniforme dei fattori destabilizzanti il sistema ipogeo con una verifica degli stati limite che avviene ad elementi finiti, limitando la situazione al solo caso statico e non dinamico. A riprova della presente trattazione vengono espone due situazioni limite che delineano l'impossibilità al momento di definire un intervallo di accadimento temporale per simili eventi.

La documentazione storica attesta che i dissesti indotti dalle cavità sotterranee avvenivano puntualmente anche secoli fa e le cause venivano imputate all'azione maldestra di quei cavamonti incapaci del buon taglio della pietra o che osavano spingersi più del dovuto nelle volte tufacee lasciandole poi in precaria sicurezza.

E' stato tuttavia appurato che alcuni scoscendimenti del sottosuolo, con i quali convive il centro abitato di Casamarciano (Corso Italia, Proseguimento Via Sidon), si attivavano negli anni '50 del secolo scorso in concomitanza all'azione di cavatura spinta del tufo, costringendo gli operai a lasciare frettolosamente gli ambienti non più autosostenuti.

In un altro contesto, si è osservato che i sistemi di cavità realizzati nella metà del XVIII secolo (Località Taverna) collassarono repentinamente a distanza di molte decine di anni (70 - 80 anni), ma solo sotto l'azione incessante di acque meteoriche non regimentate. Ci si accorge, in pratica, che non sempre - è un fattore interno che viene a modificarsi che determina l'evento di un crollo, -il tempo di accadimento può essere ristretto in un intervallo ragionevole di previsione, in ultimo, - è possibile quantificare reologicamente le variazioni dei carichi tensionali indotti nelle cavità e le condizioni di collasso.

E' importante però far notare che, tanto per i dissesti areali quanto per quelli puntuali, i fattori esterni contribuiscono a turbare un equilibrio che, "sensu strictu", è stato pur sempre artefatto dall'uomo non senza una debita cautela.

In conclusione, si può affermare che se da una parte contribuiscono sulla stabilità di certe aree i diversi sistemi di avanzamento e modellamento dei cavi succedutisi nei secoli, dall'altro, tutti i sistemi ipogei con le loro diramazioni e bocche di accesso disperse nelle campagne dell'Agro Nolano, si degradano facilmente nelle aree più esposte al rischio idrogeologico.

I problemi non riguardano solo le porzioni di territorio, dove sono giustificati alcuni collassi di cavità, ma soprattutto quelle intra ed extra urbane attraversate dalla rete locale dei Regi Lagni e dagli antichi collettori secondari, divenuti successivamente alvei strada sottocosta (Casamarciano-Via Roma e S.P. Nola-Schiava) e che recepiscono con sottoservizi non sempre adeguati, ma anche secondo modalità dirette ed indirette, significativi surplus d'acqua provenienti da monte.

Si tratta di assunzioni comprovate dal confronto del tematismo PSAI dell'Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, Mappa del Rischio Idraulico (Aggiornamento 2010) relativa ai Fogli 448070 e 448030, con la localizzazione dei dissesti sotterranei nell'intero territorio in studio.

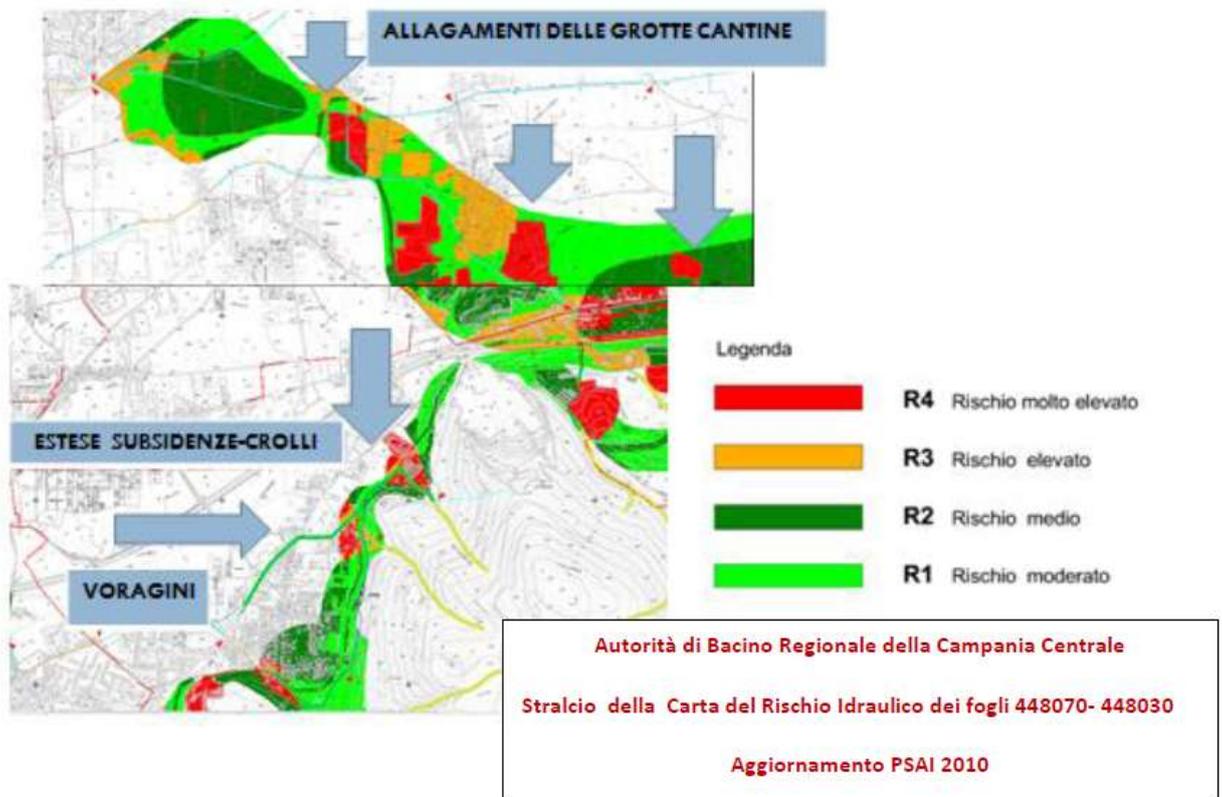


FIGURA 134 : Dissesti da cavità sotterranee e Zonazione Idrogeologica

CAPITOLO 6

LA VALUTAZIONE DEL RISCHIO

6.1 RISCHIO DI CROLLO PER CAVITÀ SOTTERRANEA

Una delle problematiche più interessanti che riguarda le aree urbane affette da una evidente insorgenza di dissesti nel sottosuolo è la possibilità di individuare gli elementi validi per una ragionevole zonazione delle aree in studio in relazione alla diffusa presenza di cavità ipogee.

Gli archivi nazionali su questi fenomeni, che sono gestiti rispettivamente dal Dipartimento di Protezione Civile (Corazza et al. 2002; 2004 a, b) e dall'ISPRA (Nisio, 2013) evidenziano come gli "anthropogenic sinkholes" siano piuttosto

diffusi sull'intero territorio nazionale e, negli studi condotti da pochi decenni, presentano meccanismi genetici e di innesco ancora poco conosciuti (Figura 135)



FIGURA 135: Voragine su Via Croce San Nicola, Camposano (Na)

Appare sempre più chiaro che l'avvio di studi più avanzati mirati ad incrementare la sicurezza ambientale e dei cittadini non può prescindere da un'attenta analisi e informatizzazione di dati specifici di varia provenienza su cui poggiare le basi di approccio alla problematica.

Anche il progetto Sinkhole dell'ISPRA si sta occupando da alcuni anni di quest'aspetto, integrando il database dei sinkholes "sensu strictu" con i casi di natura antropica, e con particolare riguardo a quelli registrati nei centri urbani.

<http://sgi2.ispraambiente.it/sinkhole/sprofondamenti.htm>

Dal punto di vista tecnico-normativo, si avverte l'urgenza di apposite procedure ed atti di indirizzo per la protezione dei territori interessati a questa non comune emergenza, così come già regolamentato per le frane e le alluvioni,

nell'ambito degli strumenti di Pianificazione (PSAI- Piano per l'Assetto Idrogeologico) delle Autorità di Bacino Nazionali e Regionali.

A questo stato di cose fanno eccezione le Adb di Toscana, Lazio, Puglia e Basilicata che, al fine di garantire un costante processo di aggiornamento del quadro conoscitivo territoriale relativo a centri abitati con maggiore criticità (Camaiole, Piane Pontina e di San Vittorino, Arcinazzo, Guidonia e Tivoli, zona nord di Roma tra Capena e Stimigliano, Gallipoli, Altamura, Rionero in Vulture, Rapolla, Barile, Atella e, infine, nella fascia appenninica campana, Ariano Irpino) furono promotrici di preventive campagne di monitoraggio dei siti, di criteri di perimetrazione delle aree a maggiore propensione, di emanazione di norme per la salvaguardia in prospettiva di pianificazione territoriale (Colombi et al., 2004).

Attualmente, anche a seguito degli eventi di Forino (Av) del 2005, l'Adb del Sarno segnalò la necessità di approfondimenti della problematica connessa ai fenomeni di sprofondamento nell'ambito dell'aggiornamento 2010 del PSAI, evidenziando la delicata questione dell'individuazione delle cause e delle campagne di indagini più opportune ma anche relazionando i diversi meccanismi di innesco a contesti geologici tipo presenti sul territorio.

I criteri di perimetrazione vigenti, al momento di tipo qualitativo, permettono di segnalare le aree di maggiore attenzione sulla base di elaborati tematici che evidenziano alcuni aspetti, quali la concentrazione dei dissesti provocati dalle cavità su edifici e infrastrutture, le caratteristiche geomorfologiche e strutturali dell'area, il tipo di circolazione idrica superficiale e sotterranea. Ne consegue che, anche a seguito di indagini specifiche e di un dettagliato modello del sottosuolo, la mappatura delle situazioni più critiche di uno specifico territorio non segue sempre un criterio rigoroso e di maggior dettaglio. Il presupposto metodologico di questa significativa analisi, infatti, poggia su valutazioni empiriche della severità delle aree interessate in chiave strettamente geologica così come indicizzate sono le cause e gli effetti del fenomeno (Greco et al., 2006).

Più complesso è sicuramente l'approccio deterministico dove una corretta *interpretazione diagnostica della rete di cavità sotterranee* richiede la conoscenza delle sollecitazioni e delle deformazioni che lo scavo antropico ha indotto punto per punto nel sottosuolo, più o meno sopportate dai parametri geomeccanici dell'ammasso tufaceo.

Si è già sottolineato che l'evoluzione dei cavi è rappresentata da deformazioni e da tipologie dei distacchi di materiale, quantità e granulometria dei detriti franati, etc....che, in ordine crescente di sollecitazione e di potenziale instabilità coinvolgono la calotta, la congiungente calotta-pilastro e successivamente le pareti interne dei pilastri, fino al trasferimento delle tensioni critiche dal tetto del cavo ai pilastri che acquisiscono una caratteristica forma a clessidra.

La progressione delle lesioni modifica sostanzialmente la distribuzione delle tensioni nella volta; nel caso di distacco di materiale, la geometria della volta tende ad assumere un profilo ad arco; il campo di tensioni (prevalentemente di compressione e taglio) interessa marcatamente alcune porzioni della volta (Evangelista *et al.*, 2002).

La sicurezza rispetto agli *SLUG* viene stimata analizzando l'equilibrio della volta sottoposta ad un campo di tensioni equilibrato con i carichi esterni, che non violi il criterio di rottura, rispetto a meccanismi traslativi orizzontali e verticali ed alla rotazione intorno ad un punto (Figura 136).

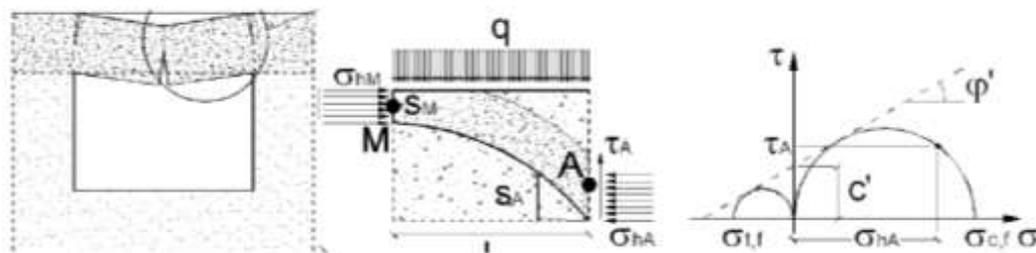


FIGURA 136: SLUG – Cinematiso di collasso, sollecitazioni agenti e criterio di rottura, da Screpanti, 2010

Una misura dello stato tensionale agente nelle cavità tufacee dell'Agro Nolano sarebbe possibile se, accanto all'esatta conoscenza degli accessi, fosse chiaro il quadro sistematico dello sviluppo, geometrizzazione e stabilità della rete di

gallerie, una buona parte delle quali è stata rilevata a mezzo di affidabili ricognizioni e rilevamenti speleologici ma, talvolta, l'azione di completa conoscenza si complica non solo dove i percorsi vengono interrotti da terreni franati o/e imbibiti da acque luride vaganti ma anche da materiali di rifiuto di varia e indubbia provenienza.

Non vi è dubbio, inoltre, che la presenza di liquami in galleria accentua gli esistenti fenomeni di ammaloramento, il disfacimento ed alterazione dei materiali tufaceo-pozzolatici con il conseguente scadimento localizzato delle caratteristiche geotecniche, i fenomeni di scalzamento al piede e distacchi dei pilastri e continui allargamenti della larghezza delle gallerie.

La letteratura geologica e geotecnica non descrive metodologie affidabili per la soluzione di problemi complessi come la verifica di stabilità di cavità e di gallerie presenti in aree urbanizzate.

La verifica dei pilastri è effettuata confrontando la tensione verticale media agente in ogni elemento di sostegno e la resistenza del pilastro stesso, in relazione alle dimensioni, alle caratteristiche tecniche dell'ammasso lapideo e dei terreni di copertura, delle tecniche di estrazione, etc...

Nel passato si tendeva a mantenere definiti rapporti dimensionali tra gallerie e pilastri, ossia rapporti areali di scavo <40%, in modo da garantire una certa sicurezza durante i lavori.

Successivamente, dove avvenuta l'ulteriore riduzione dei pilastri per ottenere ancora materiale (riquantatura), l'innescò di sgrottamenti, le erosioni ed alterazioni delle pareti e delle volte delle cavità, portano all'aumento dei volumi delle gallerie con conseguente incremento del rapporto di scavo (>50% di cavità) e con l'inevitabile diminuzione dei coefficienti di sicurezza globali. Secondo il metodo dell'area tributaria, infatti, una volta assunto che il carico totale dello strato sovrastante e il volume di terreno scavato possa essere ripartito su aree afferenti alla sezione trasversale di ciascun pilastro, è possibile fornire una stima dei carichi agenti a favore di sicurezza, trascurando gli sforzi di taglio che si destano al bordo dell'intera area di scavo.

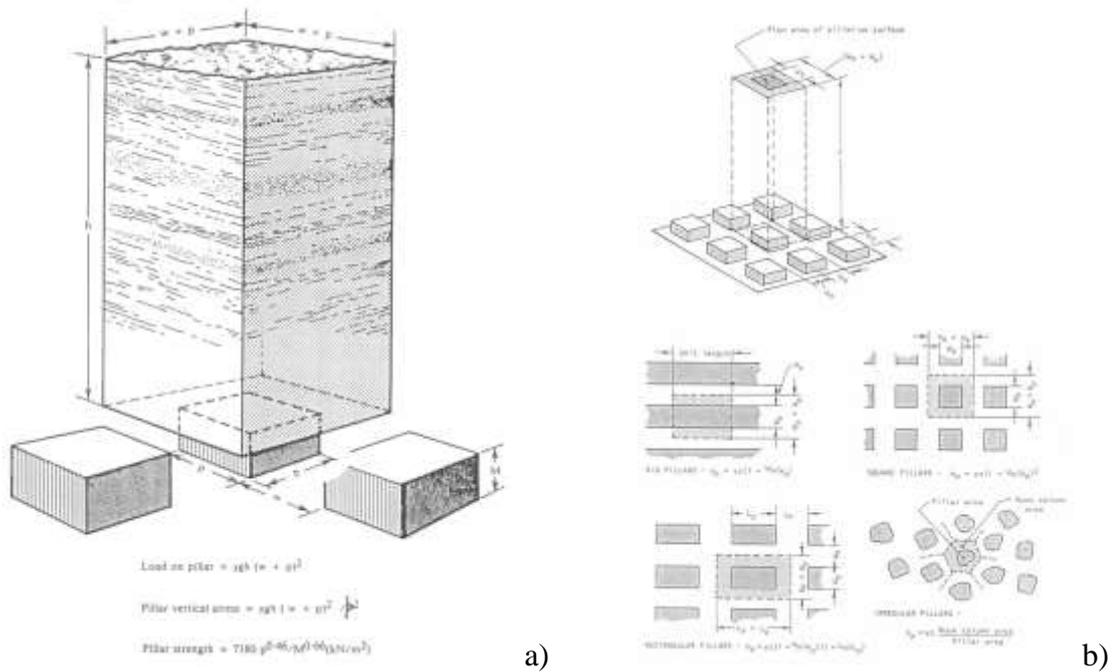


FIGURA 137 : Metodo dell'Area Tributaria - a) Rappresentazione schematica del problema;
 b) Forma dell'area tributaria nel caso di diverse geometrie del problema

Nello specifico, se l'area tributaria comprende l'area del pilastro più una parte di quella delle camere che lo circondano (Figura 137-a), di conseguenza, imponendo l'equazione di equilibrio alla traslazione verticale, in corrispondenza della sommità del pilastro, si ottiene:

$$\sigma_a = \frac{\gamma \cdot A_t \cdot H}{A_p} \quad 6.1$$

con

- σ_a = tensione totale normale agente nella sezione trasversale del pilastro
- γ_t = peso medio dell'unità di volume del terreno sovrastante il pilastro
- γ_p = peso medio dell'unità di volume del terreno che costituisce il pilastro
- A_t = area tributaria
- H = profondità del tetto della cavità
- A_p = sezione trasversale del pilastro

Introducendo il rapporto di estrazione definito come

$$R = \frac{A_t - A_p}{A_t} \quad 6.2$$

e l'espressione (6.1) assume la forma

$$\sigma_a = \frac{\gamma \cdot H}{(1 - R)} \quad 6.3$$

Nel caso di cavità più complesse, l'area tributaria va determinata, di volta in volta, in base alla geometria del problema (Figura 137 -b).

Le ipotesi semplificative, poste alla base dell'applicazione delle equazioni di equilibrio alla traslazione verticale di ciascun volume dell'area scavata, rendono valido il metodo dell'area tributaria quanto più estesa è l'area scavata rispetto alla profondità dello scavo.

La resistenza a compressione dei pilastri, inoltre, dipende da vari fattori quali gli effetti della dimensione e della forma, le proprietà fisiche e meccaniche del materiale, i processi di degradazione, il tempo.

L'applicazione di metodi di verifica geomeccanica di gallerie in ambiti terrosi può portare inevitabilmente a valutazioni di stabilità molto critiche fino a collassi immediati ma, di fatto, le cavità sono presenti nel sottosuolo da decenni o da centinaia di anni, in ogni caso, con i metodi legati ad ambiti lapidei si ottengono indicazioni di stabilità decisamente più cautelativi.

Le metodologie di calcolo più complesse fanno riferimento a modelli di progettazione in ammassi lapidei e terrosi di opere sotterranee (stradali, ferroviarie, idrauliche, etc..) impiegati per il dimensionamento dei supporti di sostegno (Hudson, 1989b), ma in letteratura sono diffusi numerosi modelli

empirici ricavati in ambiti specifici (Cherubini, 1991; Mazzoccola, 1992; Donato et al., 1991, Nathanail et al., 1992; Screpanti, 2010) o aventi valore estensivo [RQD Rock Quality Designation (Deere, 1996, Coon & Merritt, 1970), rapporti tra scavi e riporti, RMR (Beniawsky, 1973-1993, Q System Rock Tunnelling Quality Index (Barton et al., 1974), Metodo GSI Geological Strength Index (Hoek, 1995) RMS System (Romana, 1985)].

Le valutazioni vengono sviluppate prima in relazione alle sole geometrie ipogee ed ai livelli tensionali geostatici, successivamente introducendo tutti gli elementi esterni individuati, quali carichi dovuti a fondazioni, presenza di liquami, tensionamenti sismici o di vibrazione da traffico.

Gli ammassi tufaceo-pozzolatici che ospitano le cavità sembrano assumere "in situ" un comportamento quanto meno lapideo, al contrario, i relativi parametri fisico-meccanici ottenuti da "prove di laboratorio" diventano tipici di ammassi terrosi e prevalentemente frizionali.

L'attuale uso di analisi numeriche condotte con codici di calcolo agli elementi finiti (ABAQUS, B.E.M. PLAXIS 2D, F.D.M. FLAC) consentono oggi di rappresentare varie geometrie di sistemi di cavità, analizzare il comportamento e l'interazione globale fra i sistemi di uno studio (camere-pilastri, pilastri-volte, camere singole o a gruppi), caratterizzarne le condizioni di collasso, permettendo di descriverne al contempo l'evoluzione delle principali variabili di tensione e deformazione, sia nelle fasi di coltivazione che nelle successive simulazioni di applicazione di carichi esterni.

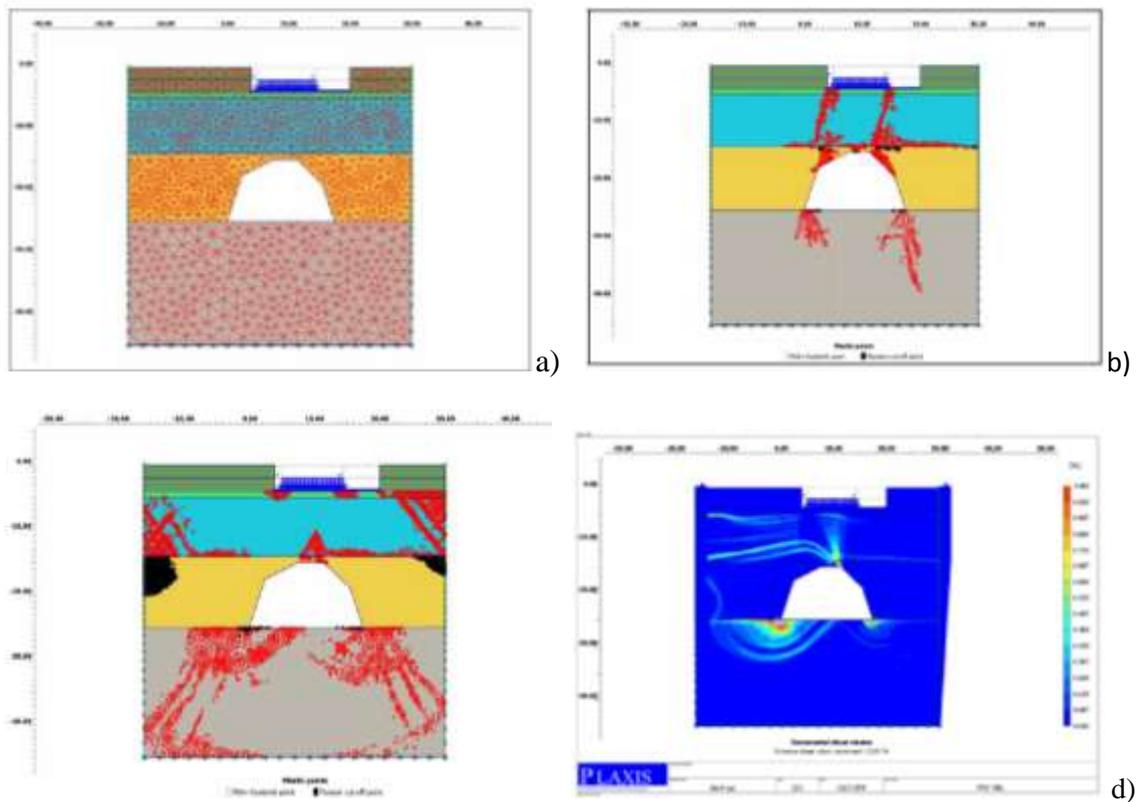


FIGURA 138 : PLAXIS 2D a) Schema di calcolo di una sezione di cavità di Tufino e b) Verifica a carico limite - Condizioni di rottura, c) Verifica della stabilità globale, d) Isocontorni degli incrementi di deformazione tangenziale al collasso (Russo, 2009)

La stabilità di una cavità è verificata con una procedura detto “ ϕ -c reduction”, attraverso la quale viene calcolato il divisore della coesione e della tangente necessario ad innescare un meccanismo di collasso.

A riguardo, nelle Figure 138-b) e 138-c), vengono presentati i risultati di un’analisi di stabilità condotta su una cavità antropica in Tufino (Na), con evidenziata la distribuzione delle zone in cui il terreno raggiunge la massima resistenza disponibile all’innesco del meccanismo di rottura (Russo G., 2010).

Una costruzione da realizzarsi sulla cavità sembrerebbe influenzare poco la stabilità ed i valori residui rientrano ampiamente in quelli di normativa, inoltre, seguendo un approccio pseudo-statico che imponga al bancone di tufo un campo di deformazione tangenziale uniforme, corrispondente all’accelerazione sismica prevista sul sito, può essere calcolato il margine di sicurezza nei

confronti del collasso per effetto di una modifica dinamica dello stato tensionale (Figura 138-d). La soluzione fornita dai diversi codici di calcolo ha un grado di accuratezza che dipende da numerosi fattori correlati alle scelte effettuate dall'analista non soltanto nelle fasi di progetto e generazione dei modelli, ma anche e soprattutto in quelle di modellazione (riproducibilità della geometria dei sistemi reali, individuazione dei legami costitutivi e calibratura dei parametri fisici e meccanici da attribuire a ciascuno dei materiali rappresentati, generazione della maglia, imposta-zione ed ottimizzazione della soluzione del problema, rielaborazione dell'output delle simulazioni), pertanto, gli odierni affinamenti di questa tecnica sono mirati alla determinazione ponderata dei criteri di discretizzazione sui livelli di semplificazione delle varie fasi ed alla validazione dei risultati per la migliore rappresentatività del fenomeno.

Gli attuali modelli di calcolo, presi singolarmente, possono essere più o meno idonei a descrivere il comportamento geomeccanico dell'ammasso roccioso, ma dall'esame critico di più risultati si può pervenire a una sintesi sicuramente più attendibile per soluzioni stand-up-time.

Nella letteratura scientifica, il concetto di **Rischio (R)** è definito come il prodotto fra la Pericolosità ed il Danno:

$$R = P * D = P * E * V$$

-Pericolosità (P) : probabilità che si verifichi un evento indesiderato di una data intensità in un periodo di tempo assegnato t:

-Elementi a rischio (E): soggetti di impatto all'interno delle aree esposte al pericolo. Negli elementi a rischio sono in genere inclusi: la popolazione, gli edifici, le infrastrutture, l'economia, la cultura e le tradizioni storiche, ambienti naturali ed ecosistemi, le falde acquifere etc....;

-Vulnerabilità di un elemento a rischio (V): attitudine a subire un danno; V può variare a 0 (nessun danno) a 1 (perdita totale);

- *Severità dell'impatto o danno (D)*: prodotto tra gli elementi a rischio e la vulnerabilità degli stessi $D = E \cdot V$, ossia la gravità ed entità dei danni locali ed areali che l'evento può determinare.

Nel caso del rischio sismico, vulcanico, di esondazione fluviale, sono possibili valutazioni probabilistiche derivate dall'analisi di serie storiche e valutazioni di gravità intrinseca all'evento per mezzo di scale empiriche (scale di intensità sismica, indice di esplosività vulcanica, quote idrometriche, etc...).

Al contrario, nel caso della valutazione della pericolosità conseguente al crollo di una cavità sotterranea non è possibile eseguire valutazioni sui tempi di ritorno e quindi valutazioni probabilistiche sul verificarsi dell'evento in un determinato orizzonte temporale.

Tale difficoltà può essere comunque superata se gli studi di previsione vengono concentrati sul carattere spaziale, tipologico ed evolutivo dell'evento (Hartlen & Viberg, 1988), di conseguenza, al concetto di pericolosità si sostituisce quello di pericolo di crollo sotterraneo (o sprofondamento da ipogei), dove non è presente alcun termine probabilistico (Mazza et al., 2001; Fiore et al., 2007).

Il pericolo di crollo o di sprofondamento sotterraneo, pertanto, viene a coincidere con il *rischio assoluto* che in una determinata area, in un intervallo di tempo infinito, si *determini una voragine*.

La suscettibilità al dissesto ipogeo, con la sola accezione della minore o maggiore possibilità che possano verificarsi voragini e/o subsidenze per crollo di cavità singole o estese, e' tuttavia assimilabile alle valutazioni di un rischio geomorfologico imprevedibile per il particolare evento.

L'importanza di eseguire una zonazione di maggiore o minore pericolo (finanche e più classi di pericolo), per il rischio assoluto di voragine, è sempre giustificata dalla necessità di individuare zone con maggiori potenzialità di crollo e che richiedono immediati interventi di risanamento.

Nel contesto di valutazione del rischio di crollo di cavità sotterranee, l'utilizzo di concetti quali il pericolo e la vulnerabilità hanno lo scopo di definire le interazioni fra il sistema ipogeo (la rete esistente di cavità con il loro sviluppo

temporale ed il livello di equilibrio e/o squilibrio statico) e quello sovrastante insediativo (popolazione, tessuto urbano e infrastrutture).

Dal punto di vista metodologico, è da escludere la possibilità di classificare come omogeneamente pericolose tutte le aree con presenza di gallerie sotterranee, sia per ovvi problemi di gestione politica di questo rischio che può coinvolgere vaste porzioni di un territorio comunale ma anche per la necessità di impiegare risorse economiche in zone relativamente più sensibili.

In relazione alla vulnerabilità del sistema insediativo (aree urbane e periferie), sussistono minori problemi per la sua definizione nel senso che le tipologie infrastrutturali definite portano all'individuazione di elementi meno esposti (parchi, aree marginali, edifici con fondazioni profonde) o più esposti al rischio (edifici con fondazioni dirette, manufatti di valenza storica, etc.....)

6.2 INDICATORI DI PERICOLO DEL SISTEMA IPOGEO

Le analisi di previsione di un rischio geologico si attuano attraverso l'individuazione, la selezione, l'analisi e la ricerca di una relazione distributivo-funzionale di diversi indicatori, la cui disponibilità e qualità è funzione della scala di lavoro e dei dati effettivamente disponibili. Si tratta di procedure, di valenza generale e di semplice attuazione su vasta scala che hanno il grande vantaggio di -fondarsi su informazioni oggettive che limitino al massimo le interpretazioni dell'operatore, - non richiedono ingenti investimenti in termini di risorse economiche ed umane, -riescono ad individuare con buona precisione le aree della superficie topografica che presentano un'elevata probabilità di innescare fenomeni instabili (Carrara et al., 1995).

Il processo di sintesi viene realizzato attraverso la sovrapposizione di livelli tematici (strati informativi) dei vari parametri coinvolti e conduce di fatto ad una simulazione numerica della probabilità di accadimento o del livello di rischio per il fenomeno oggetto di studio. Per pervenire ad accurate valutazioni, si è resa necessaria un'accurata individuazione dei fattori predisponenti

comuni per una previsione comparata delle condizioni di crisi dei pozzi di accesso alle cavità.

Lo studio di previsione ha posto l'attenzione sui danni che possono colpire il tessuto urbano e la popolazione, anche con l'obiettivo di possedere una corretta gestione da parte delle Amministrazioni Pubbliche dell'Agro Nolano delle problematiche relative al rischio sotterraneo per una parte del territorio, soprattutto in termini di organizzazione amministrativa e non unicamente l'analisi tecnico-scientifica della stabilità degli ipogei in se stessi, anche se quest'ultimo contesto è fondamentale.

Codice ISTAT	Comune	N. cavità		Edificato				Interessamento della sede stradale		Non edificato		Edificato	
		Grotte cantina	Cavità dismesse	Privato		Pubblico		GC	CD	GC	CD	GC	CD
				CG	CD	GC	CD						
0180	CASAMARCIANO	15	217	15	211	-	6	1	5	-	82	-	135
0290	COMIZIANO	14	36	14	35	-	1	-	-	-	29	-	6
0850	TUFINO	29	174	30	154	-	19	-	1	-	140	-	4

TABELLA 16 : Cavità e soprassuolo

Lo studio di previsione ha posto l'attenzione sui danni che possono colpire il tessuto urbano e la popolazione, anche con l'obiettivo di possedere una corretta gestione da parte delle Amministrazioni Pubbliche dell'Agro Nolano delle problematiche relative al rischio sotterraneo per una parte del territorio, soprattutto in termini di organizzazione amministrativa e non unicamente l'analisi tecnico-scientifica della stabilità degli ipogei in se stessi, anche se quest'ultimo contesto è fondamentale. In ultima analisi, non si può prescindere dal fatto che le problematiche tecnico-scientifiche di valutazione evolutiva delle cavità devono essere funzionali e subordinate alla necessità di impostare un ottimale governo tecnico-amministrativo dei problemi in oggetto.

I danni più frequenti che possono interessare il sistema insediativo consistono in - lesioni ad edifici e manufatti; crollo di edifici e manufatti; rottura di reti

idriche, fognarie, del gas, etc ; - rottura manto e struttura stradale; interruzione strade ed aree urbane, interruzione del traffico; - pericoli per la cittadinanza; disturbi alla cittadinanza; costi relativi ai danni descritti.



FIGURA 139: Relazione tra i diversi sistemi (origine e bersagli di impatti) [Mazza et al., 2001]

Vengono elencati gli indicatori di pericolo che possono essere associati alle cause di innesco di fenomeni nel Sistema Ipogeo Nolano nonché i livelli di Vulnerabilità del Sistema Insediativo, da ritenere confacenti all'applicabilità di un metodo operativo parametrico a punteggi e pesi.

Questi ultimi dipendono da diversi fattori o condizioni, a ciascuna dei quali è possibile associare un punteggio minimo e massimo in funzione della sua influenza nel processo in esame.

INDICATORE DI PERICOLO DA DISSESTO	
NEL SISTEMA IPOGEO:	
GEOLOGICO	ANTROPICO
Profondità dell'unità litologica substrato (D-TGC) dentro la quale si sviluppano le diverse cavità tufacee	Stato conservativo e manutentivo dei pozzi di accesso alle cavità dismesse (SBC)
Rapporto di Spessore delle Unità Litologiche che fungono da ricoprimento dell'orizzonte tufaceo (PNV/VEF2b2)	Stato conservativo e manutentivo dei pozzi di luce delle grotte-cantine (SPB)
Condizioni Geomorfologiche del sito (FPI)	Sezione della cavità (SEZ)
	Spessore del tufo riscontrato nelle volte delle cavità accessibili e nelle grotte-cantine (SPV)
INDICATORE DI VULNERABILITA' TERRITORIALE	
NEL SISTEMA INSEDIATIVO:	
Presenza o meno di edifici	
Tipologie strutturali e fondazionali delle aree edificate	
Presenza gerarchica di strade e sottoservizi	

TABELLA 17: Parametri Indicatori del Rischio da Dissesto Ipogeo

Il Sistema Insediativo non è esclusivamente bersaglio degli impatti distruttivi originatisi nel sistema ipogeo ma può contenere anche elementi di aggravio della pericolosità intrinseca: manufatti con fondazioni dirette collocate al di sopra di cavità, sovraccarichi, vibrazioni del carico e perdite della rete idrica e/o fognaria possono indurre, con incrementi di carico, tensioni dinamiche e scadimento delle caratteristiche geotecniche dei terreni, accelerando l'evoluzione delle cavità più instabili.

INDICATORI DI PERICOLO NEL SISTEMA IPOGEO;

A) GEOLOGICO

A.1 PROFONDITA' DELL'UNITA' LITOLOGICA I.C. (D-TGC): il tetto dell'Ignimbrite Campana è rinvenibile nel sottosuolo dell'area a quote comprese tra - 2 m e - 19 m dal piano campagna. Questa situazione, espressa da una variabilità areale $D(TGC) = (11.45 \pm 2.95) \text{ m}$, ha favorito la concentrazione delle bocche di cavità lì dove la formazione litoide poteva essere raggiunta con un minore sforzo. La distribuzione di frequenza relativa alle classi di profondità della formazione tufacea ha evidenziato un andamento plurimodale (Figura 140) con un massimo assoluto in corrispondenza dell'intervallo di profondità 12.0 m/13.0 m ($\approx 22\%$) e due massimi relativi in corrispondenza dello intervallo di profondità 9.0 m/10.0 m (8%) e 6.0 m/7.0 m ($\approx 5\%$). Le voragini si sono sviluppate in bocche dove il tetto dell' I.C. copre l'intervallo di profondità 4.0 m/9.0 m con un picco significativo per la classe intervallo 9.0 m/10.0 m (55%) e, in via subordinata per la classe intervallo 8.0 m/9.0 m (18%). L'influenza stratigrafica di questo parametro, seppure irrilevante nelle aree di dissesto puntuale ed areale, verificandosi che $D(TGC)\text{-sinkhole} = (11.72 \pm 1.57) \text{ m}$ o $D(TGC)\text{-subsidenze} = (12.64 \pm 1.65) \text{ m}$, conferma l'ipotesi che la concentrazione

delle tipologie di dissesto possa trovare anche una spiegazione in motivi di natura stratigrafica ed idrogeologica.

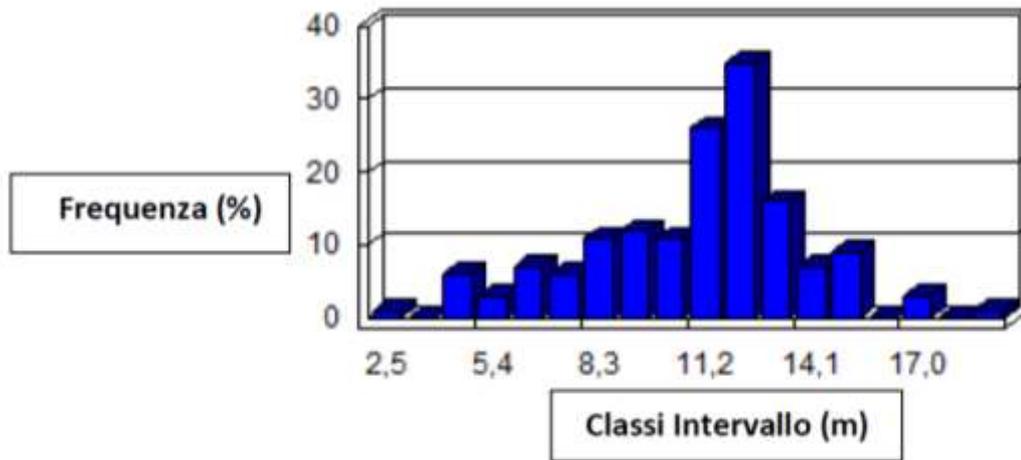


Figura 140 : Istogramma di frequenza della profondità del tetto dell'unità litologica I.C.

I INDICATORE DI PERICOLO GEOLOGICO	INTERVALLO	VALORE
DESCRIZIONE		
Unità Litologica I.C. Profondità (m. dal p.c.) o D-TGC	>9.00	1
	7.20 – 9.00	2
	3.60 – 7.20	3
	< 3.60	4

TABELLA 18 : Valori associati alla profondità dell'unità substrato D-TGC nelle bocche di cava

A.2 RAPPORTO DI SPESSORE DELLE UNITA' LITOLOGICHE CHE FUNGONO DA RICOPRIMENTO DELL'ORIZZONTE TUFACEO (PNV/ VEF2b2): questo parametro indicizza l'influenza di volumi di terreno particolarmente instabili agenti sul raggio di plasticizzazione di una voragine, tuttavia, non tenendo conto delle caratteristiche meccaniche del terreno, di carichi in superficie, delle strutture di confinamento e del diametro e profondità della cavità non accessibili. All'interno delle cavità, inoltre, l'azione di spinta laterale operata sulle pareti che siano rivestite o meno è maggiore per spessori maggiori dei termini piroclastici (PNV) poco addensati e, in misura minore, per quelli dei termini detritici (VEF2b2),

più addensati E' stato osservato come la concentrazione di questo tipo di dissesti circoscritti, in ambito urbano e non, obbedisce a rapporti stratigrafici tra le due unità litologiche che sono minori di 1.5 per il 12% degli eventi, tra 1.5 e 4.5 per l'72% degli eventi e, infine, tra 4.5 e 6.0 per il 16% degli stessi, inoltre, nel 70% dei siti osservati, il tetto del tufo si colloca tra -10.0 e -13.0 m dal piano campagna.

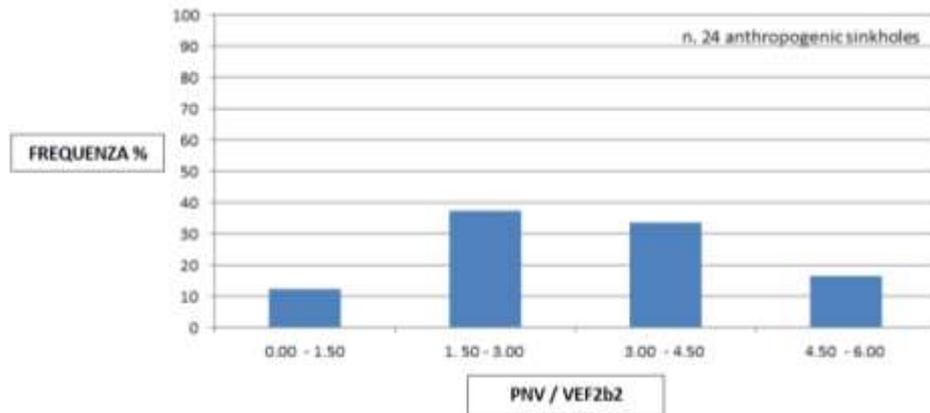


FIGURA 141: Rapporto di spessore dei terreni di ricoprimento nei dissesti puntuali

UNITA' LITOLOGICA PNV: La copertura vulcanoclastica, costituita da pozzolane con livelli di pomici e lapilli, ha uno spessore variabile sull'intera area e dove si concentrano le bocche di cava. La distribuzione della potenza di questa unità litologica (Figura 142) evidenzia una prevalenza delle classi comprese tra i 4.0 m ed i 9.0 metri, pari al $\approx 72\%$ del campione totale, con una rappresentatività areale $S(PNV) = (7.48 \pm 2.20) \text{ m}$. Nell'ambito delle classi di spessore che sono interessate dall'innescò di voragini/ subsidenze ed espresse dalla relazione statistica $S(PNV)_{\text{sink-sub}} = (8.54 \pm 1.27) \text{ m}$, si osserva che il valore medio rilevato è più sostenuto del 15% contro una deviazione standard ridotta del 57%, a prova di estesi sgrottamenti nei camini più alti delle cavità dove l'incidenza di accadimento è già ora del 70%.

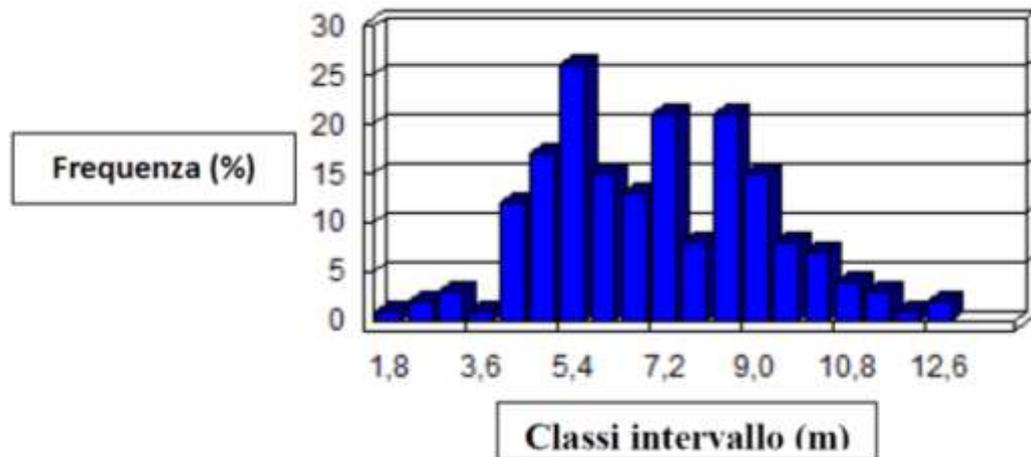


FIGURA 142: Istogramma di frequenza dello spessore dell'Unità Litologica PNV

UNITA' LITOLOGICA VEF2b2: si tratta del deposito alluvionale a tetto della formazione tufacea, ossia ghiaie e sabbie calcaree addensate in matrice piroclastica, costituente il livello litologico frequentemente usato per l'ammorsamento dei sistemi di tappatura (lamie) posti alla base dei pozzi di accesso alle camere sotterranee. L'istogramma di frequenza dello spessore di questa unità litologica (Figura 143), mostra una prevalenza delle classi comprese tra i 2.0 m ed i 7.0 m, pari al 63% del campione totale, la rappresentatività areale è $S(\text{VEF2b2}) = (5.60 \pm 3.60) \text{ m}$. Il relativo grafico ha un andamento plurimodale con un massimo assoluto in corrispondenza dell'intervallo di spessore 2.00 m/3.00 m (20%), un primo massimo relativo nell'intorno 4.00 m/5.00 m (18%) seguito da ulteriori massimi relativi rappresentati dagli intervalli di spessore 3.00 m/4.00 m (12%) e 6.00 m/7.00 m (16%). Nell'ambito delle classi di spessore dove è pensabile il veloce deterioramento della litologia con graduale disgreggio delle lamie ed apertura delle voragini, la relazione statistica $S(\text{VEF2b2})\text{-sinkhole} = (3.34 \pm 1.32) \text{ m}$ esprime un valore medio ed una deviazione standard più bassi della precedente rispettivamente del 32% e poco più del 90%. Le subsidenze areali avvengono in aree del territorio dove lo spessore campionato delle ghiaie è pari a $S(\text{VEF2b2})\text{-subsidenze} = (4.10 \pm 1.32) \text{ m}$, ovvero poco sotto il 13% del valore medio rilevato

arealmente con una deviazione standard analoga a quella osservata per le voragini. Questi risultati fanno presagire una probabilità di accadimento della tipologia di dissesto nei camini che potrebbe dipendere da un comune processo di degrado geostatico e agevolato dalla esiguità o del maggior peso dei depositi alluvionali posti a tetto dei cavi degradati. La frequenza di accadimento di voragini nei camini con spessori delle ghiaie 2.00 m/3.00 m è anche qui poco più del 50% con un'incidenza variabile ma non superiore al 12% per le restanti classi intervallo.

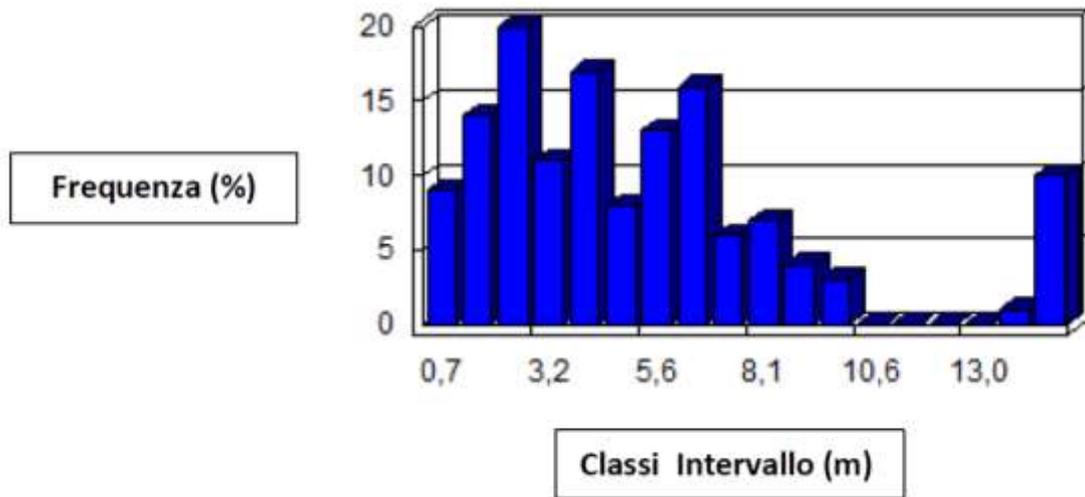


FIGURA 143: Istogramma di frequenza dello spessore dell'Unità Litologica VEF2b2

II INDICATORE DI PERICOLO GEOLOGICO DESCRIZIONE	INTERVALLO	VALORE
Rapporto di Spessore PNV/VEF2b2	<1,00	1
	1,00 – 1,50	2
	1,50 – 2,00	3
	>2,00	4

TABELLA 19 : Valori associati alle relazioni stratigrafiche dei terreni di ricoprimento

A-3 CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE DEL SITO (FPI): Il presente parametro è definito sulla scorta dei livelli di allerta variabili da P1 (pericolosità bassa/moderata) a P4 (pericolosità molto elevata) dipendenti dall'altezza del tirante idrico atteso in un relativo periodo di ritorno di un evento meteorologico che induca instabilità negli elementi idrografici locali. I due sistemi ipogei (cavità abbandonate, grotte-cantina), variamente dislocati nella perimetrazione del PSAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico), sono esposti ad una azione erosiva che è più incisiva ai piedi degli impluvi collinari di Casamarciano (Fossi di Astolelle e S. Maria), lungo i principali tronchi di raccordo con la pianura (Alvei Gaudio e Visciano) e negli alvei strada. Questi ultimi attraversano alcuni centri abitati (Tufino, Casamarciano) e, in alcuni casi, nell'ambito di una progettazione idraulica iniziata sin dalla metà del XIX secolo, sono divenuti gradualmente indispensabili arterie di comunicazione urbana (anello viario interno di Casamarciano) e intercomunale (S.P. Casamarciano-Contrada Schiava- Purgatorio di Avella). La distribuzione di frequenza relativa alla collocazione delle aree cavate nelle fasce di pericolosità idraulica (Figura 144) mostra - un prevalente sviluppo delle attività estrattive in zone esenti da simile evenienza, come riscontrato nella totalità per il solo Comune di Comiziano; - che le cavità di Casamarciano e Tufino ricadono per l'80% in fascia P2 (pericolosità media) secondo una misura percentuale significativamente diversa (6%-30%), così come nelle fasce P3/P4 (pericolosità elevata/molto elevata) ricadono le restanti (10%-0%), infine,- che la gran parte delle grotte-cantina di Tufino e Casamarciano si ritrova nelle fasce P2 (55%) e P3/P4 (30%).

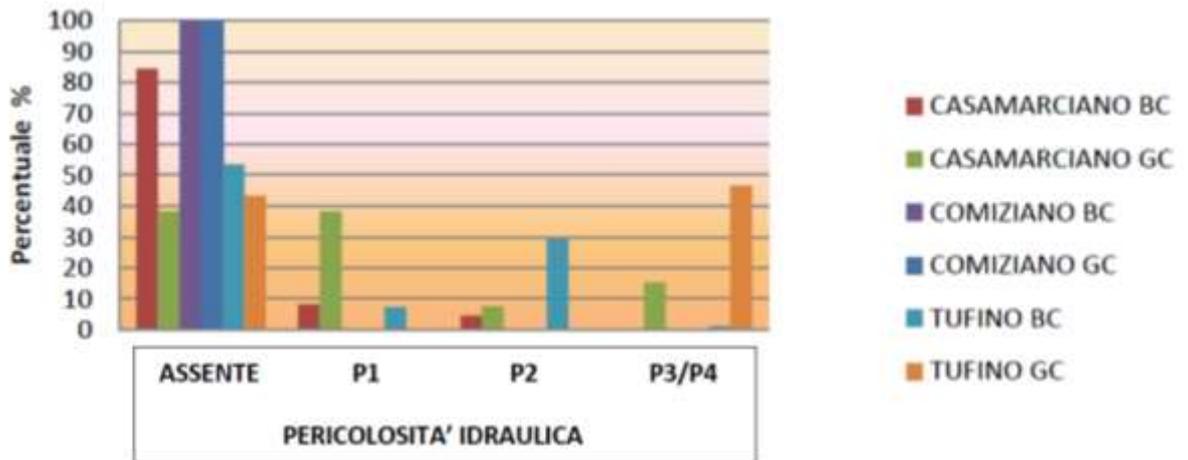


FIGURA 144 : Distribuzione delle bocche-cava (BC) e delle cavità-cantine (GC) nell'ambito della perimetrazione PSAI - Aggiornamento. 2010 sui Fogli 448030 e 448070 Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Regione Campania, oggi incorporata nell'Autorità Regionale della Campania Centrale

III INDICATORE DI PERICOLO GEOLOGICO	GRADO	VALORE
DESCRIZIONE		
Condizioni Geomorfologiche del Sito (Zonazione idraulica PAI)	NULLO	1
	BASSO (P1)	2
	MEDIO (P2)	3
	ALTO (P3-P4)	4

TABELLA 20 : Valori associati alla collocazione dei sistemi ipogei nel PSAI 2010

INDICATORI DI PERICOLO NEL SISTEMA IPOGEO

B) ANTROPICO

B.1 STATO MANUTENTIVO E CONSERVATIVO DEI POZZI DI ACCESSO

ALLE CAVITA' DISMESSE (SBC)- Con la dismessa attività di estrazione del tufo, i pozzi sono stati tappati o circoscritti da recinzioni con palizzata in modo utilizzare la proprietà terriera per fini agricoli, in non pochi casi, la presenza dei pozzi è ancora possibile da alberi da frutto (ciliegio, nespolo, arancio amaro) che si confondono con la diffusa coltura del nocciolo. Dai rilievi compiuti sullo stato conservativo si è appurato che a fronte di più del 35% di *bocche chiuse*

attuato con il metodo tradizionale, un primo 25% del campione evidenzia anche *bocche aperte* che per un buon 50% dello stesso sono in condizioni di avanzato degrado statico (Figura 145) Poco più del 25% dei punti cava è stato oggetto di risanamento mediante il riempimento dei vuoti con terre sciolte, includendo con essi la maggiore parte delle voragini insorte negli ultimi 40 anni o, nei casi estremi, attraverso l'irrigidimento del camino, metodi esclusivamente adottati per la sicurezza dei luoghi o per interventi edificatori. Gli effetti del malessere che coinvolge soprattutto le bocche aperte sono resi più evidenti dai progressivi sgrottamenti di terreno dalle pareti che, in assenza di rivestimento o quest'ultimo limitato ai primi metri dalla superficie, aumentano l'instabilità di ogni singolo pozzo appena dopo la rottura delle lamie ed il primo collasso dei terreni inferiori.

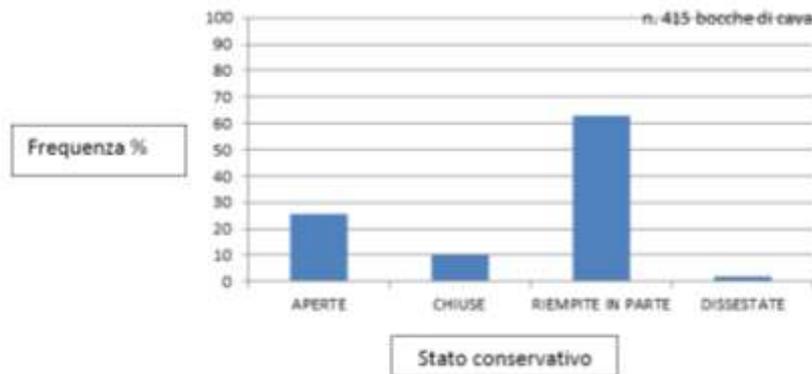


FIGURA 145: Istogramma di frequenza delle condizioni delle bocche di cava dismesse

I INDICATORE DI PERICOLO ANTROPICO DESCRIZIONE	GRADO	VALORE
Stato conservativo e manutentivo dei pozzi di accesso alle cavità dismesse (SBC)		
Bocca di cava, chiusa o aperta, priva di rivestimento parietale: - Non visibile in superficie, ma chiusa dalle lamie di fine cavatura del tufo e con contrassegni tradizionali (alberi di ciliegio, nespolo, arancio amaro, etc.....) -Recintata, ma con il camino di accesso parzialmente interrato; - In stato di completo abbandono	SCARSISSIMO	4
Bocca di cava, aperta e con parziale rivestimento parietale: -Abbandonata ed in degrado, senza recinzione -Recintata, ma con il camino di accesso parzialmente interrato -Recintata con semplice palizzata in stato di degrado	SCARSO	3
Bocca di cava rivestita: -Evidenti segni di sgrottamento interno del camino e delle lamie di chiusura -Limitati segni di sgrottamento interno del camino e dei lamie di chiusura - Assenza di segni di sgrottamento interno del camino e dei solarini di chiusura	MEDIO	2
Bocca chiusa: -Non più visibile perché la cavità collegata è stata riempita con pozzolana e malta liquida; -Non più visibile, perché è stata oggetto di un piano di risanamento o di sistemazione dell'area a seguito di un intervento operato su una voragine; -Non più visibile, previa irrigidimento del camino con traforo metallico attraversata da pali di fondazione profondi o, ancora, sottoposta a fondazioni di tipo compensativo (platea)	BUONO	1

TABELLA 21 : Valori associati alle condizioni delle bocche di cava dismesse

B2. STATO MANUTENTIVO E CONSERVATIVO DEI POZZI DI LUCE DELLE CAVITA'-CANTINE (SPB)-

I pozzi di luce delle grotte-cantina sono quasi sempre rivestiti internamente e provvisti di una struttura muraria esterna, talvolta, a valenza estetica. Gli esami ricognitivi in loco hanno potuto accertare che, dove questi accorgimenti non furono adottati con arte o, ancora, la manutenzione ordinaria delle predette opere è deficitaria, si assiste a situazioni di progressivo degrado geomeccanico dei camini ad opera degli agenti esogeni. Il rivestimento interno dei pozzi consta di conci tufacei che per il 65% delle cavità-cantine è di tipo squadrato, mentre in misura percentuale alquanto

ridotta si ritrova anche una muratura più rozza o mista con laterizi. E' invece preoccupante lo stato di degrado di alcuni ipogei dove le pareti delle bocche sono sprovviste del rivestimento o quest'ultimo non è sempre continuo. Per l'85% delle cavità-cantina la protezione delle bocche è affidata ad arginature modeste o muretti alti poco più di un metro con chiusura superiore mediante una robusta grata in ferro (Figura 146). Infine, pochissime sono le protezioni complete affidate anche a pilastri con sormontato un tetto a vela, al contrario, è importante far notare che un buon 15% delle bocche è protetto con mezzi artefatti (grata in ferro, radicamento di alberi di nocciolo e fico) che non garantiscono l'affidabile stabilità del sistema.

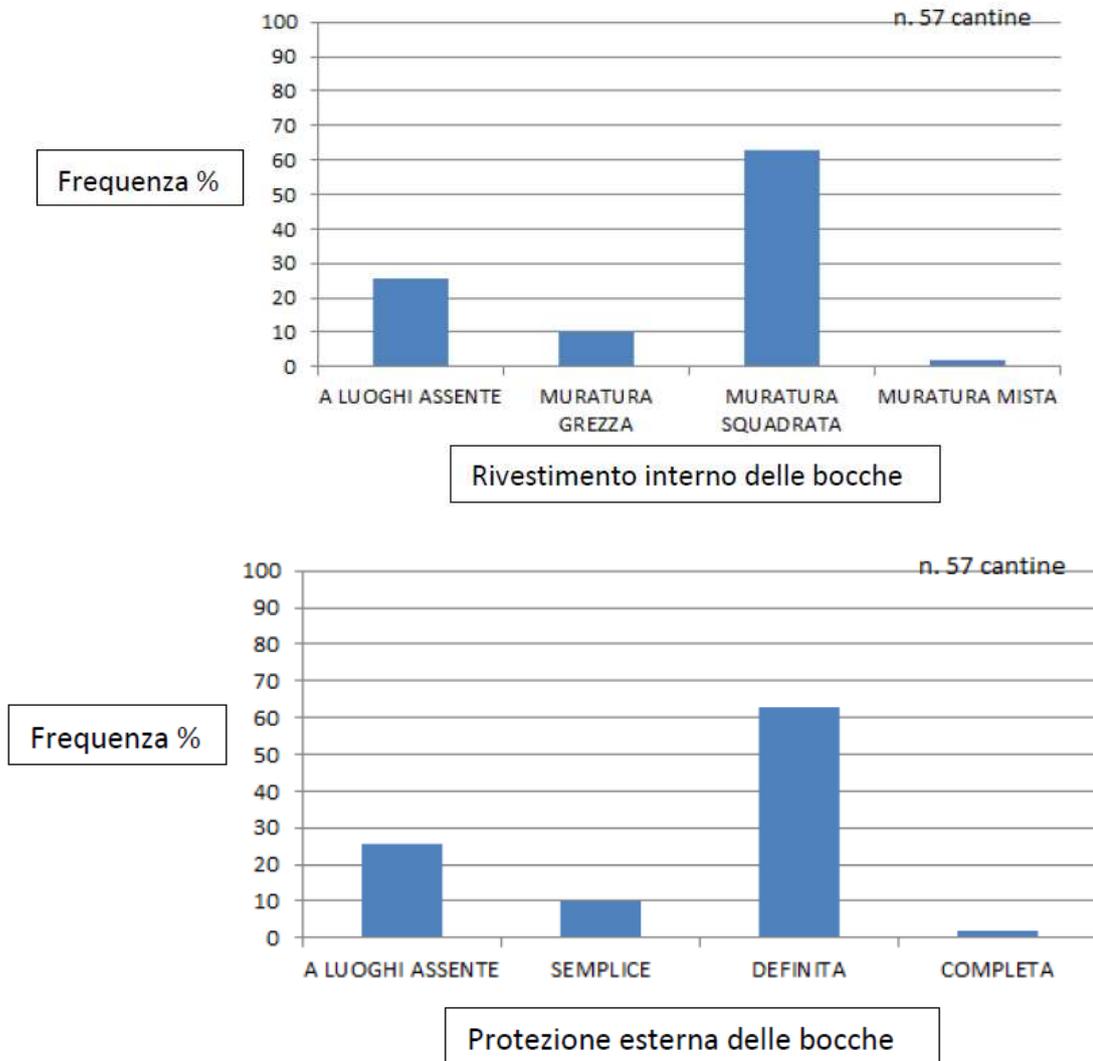


FIGURA 146: Istogrammi di frequenza dello stato conservativo dei pozzi di luce delle cavità-cantine

II INDICATORE DI PERICOLO ANTROPICO		
DESCRIZIONE	GRADO	VALORE
Stato manufattivo e conservativo dei pozzi di luce delle cavità-cantina (SBC)		
Bocche-cantina con camini rivestiti in muratura di tufo o mattoni, sono assenti i segni di degrado meccanico ed idraulico, la protezione esterna è attuata con muretto con pilastri e volta	BUONO	1
Bocche-cantina con camini rivestiti in muratura di tufo/mattoni, pochi se non rari sono i segni di degrado meccanico ed idraulico, la protezione esterna è attuata con muretto o/e grata in ferro	MEDIO	2
Bocche-cantina con camini rivestiti in muratura non squadrata, in parziale situazione di disgregazione, sono più contenuti i segni di degrado meccanico e idraulico, la protezione esterna è semplice	SCARSO	3
Bocche-cantina con pareti dei camini non rivestiti, sono presenti segni alquanto diffusi di degrado geomeccanico ed idraulico, mancanza di un'adeguata protezione esterna e invasione da parte di apparati radicali arbustivi	SCARSISSIMO	4

TABELLA 22 : Valori associati allo stato dei pozzi di luce delle cavità-cantine

B.3 SEZIONE DELLE CAVITA' (SEZ) - Attraverso i pozzi di accesso che fungono da richiamo per le acque di infiltrazione le cavità tufacee sono soggette ad un continuo stillicidio interno con progressivo degrado delle volte. Nelle aree urbanizzate, il problema della stabilità dei cavi è legato quasi esclusivamente ai sottoservizi idrici, sia di scarico che di adduzione, in quanto sono le perdite delle reti che quasi sempre provocano voragini o cedimenti di edifici. Tuttavia, la problematica riguarda le cavità cavate dopo il 1850 che, non conservando la primitiva sezione trapezoidale, si sono orientate all'inizio del 1900 verso una forma più ellittica che permetteva un maggior recupero di materiale utile (Figura 147). Se si correla la stabilità delle cavità S con il rapporto della superficie del cielo (A_c) e di quella del piano calpestio (A_{pc}) secondo la formula empirica $S = A_c/A_{pc}$ proposta da Esposito (1995), si osserva che quanto più questo rapporto è piccolo tanto più la cavità è instabile. La ragione è dovuta al fatto che l'Ignimbrite Campana ha una discreta resistenza alla compressione ma una bassa resistenza al taglio, è così evidente che nelle forme trapezoidali l'ammasso roccioso risulta sollecitato più alla compressione mentre

nelle forme paraboliche è più sollecitato al taglio. Queste considerazioni consentono di ritenere che l'insorgenza di dissesti sotterranei tanto nelle cave e/o cavità-cantine più antiche dell'area possa dipendere essenzialmente dalle infiltrazioni d'acqua mentre negli stessi ipogei dove l'attività estrattiva è stata più recente, anche da una maggiore propensione conformativa. L'analisi statistica condotta sulle cave e cantine accessibili ha infatti evidenziato che la sezione dominante degli ambienti è per il 73% parabolica con percentuali molto più basse e prossime al 25% afferenti gli ipogei più antichi che presentano profilature trapezoidali. Tali risultati confermano inoltre che l'estrazione del tufo dal sottosuolo dell'area è avvenuta prevalentemente nel XX secolo, in accordo con la ricostruzione dell'attività cavaiola dai carteggi storici e dalla memoria trasmessa dalle persone in vita.

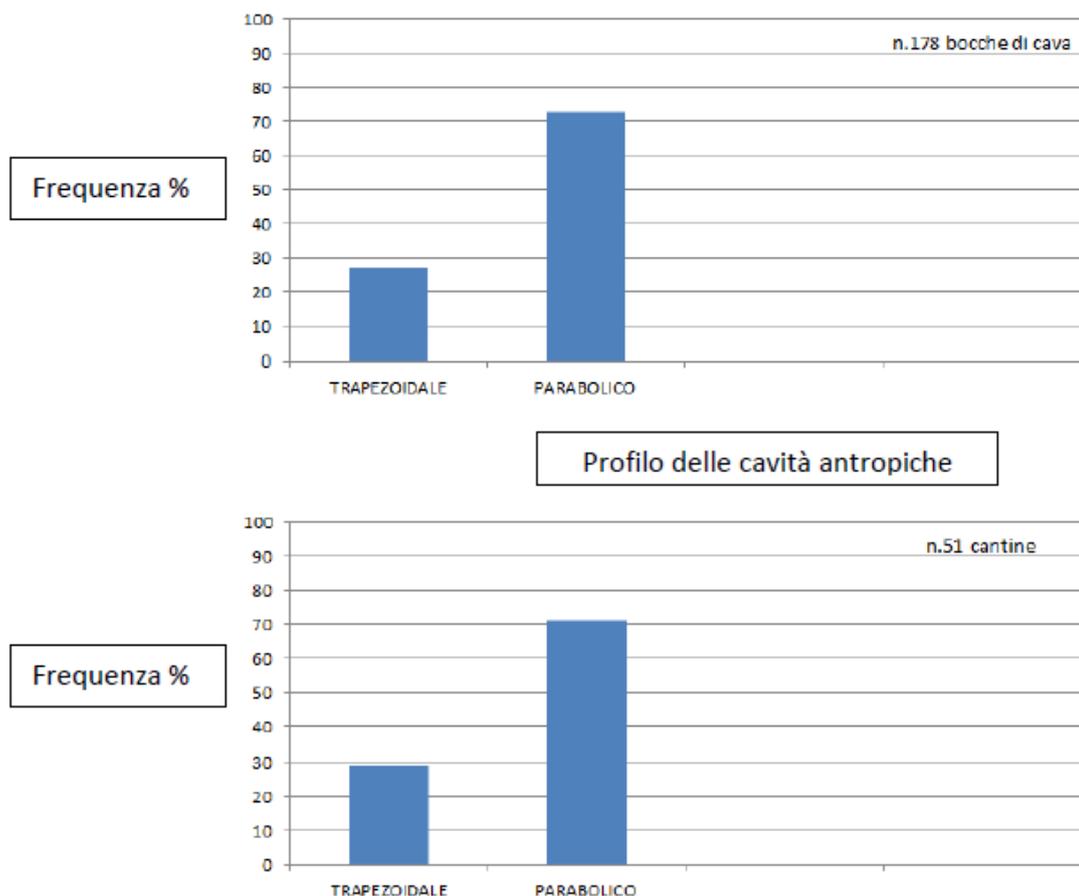


FIGURA 147: Istogrammi di frequenza del profilo di sagomatura delle cavità

III INDICATORE DI PERICOLO ANTROPICO DESCRIZIONE	PROFILATURA	VALORE
Sezione caratteristica della cavità (SEZ)	Trapezoidale Parabolica	2 4

TABELLA 23 : Valori associati alla sezione caratteristica della cavità

B.4. SPESSORE DELLE VOLTE (SPV) - Questo attributo svolge, come ben evidenziato nella Figura 148, un ruolo determinante nel sostegno delle arcate per il contrasto alla spinte gravitative dei terreni sovrastanti e nella migliore autotenuta dell'ammasso tufaceo alla macro-fratturazione. Trattasi, pertanto, di un parametro collaborante alla stabilità degli ipogei che, per quanto concerne le tradizioni locali e le proprietà geomeccaniche dell'ammasso, salvo minimi casi, risulta non inferiore a 0,50 m. La distribuzione di frequenza riportata in Figura 124 mostra che per almeno il 70% di tutte le cavità antropiche, lo spessore delle volte è da ritenersi da moderatamente sottile ($s= 0.50\text{ m} - 1.00\text{ m}$) a potente ($1.00\text{ m} - 1.50\text{ m}$) con una tendenza all'aumento solo per il 15% del campione considerato, corrispondente alla cavità-cantina più estese e profonde degli abitati.

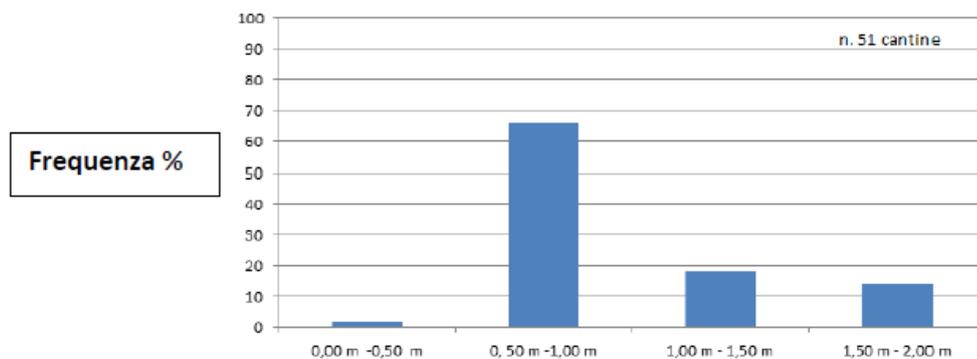


FIGURA 148-a : Istogramma di frequenza dello spessore delle volte nelle grotte

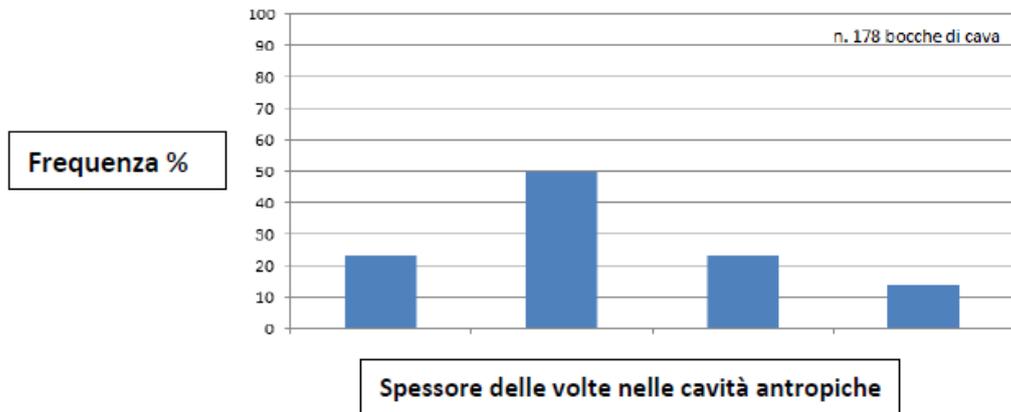


FIGURA 148-b : Istogramma di frequenza dello spessore delle volte nelle cavità accessibili

IV INDICATORE DI PERICOLO ANTROPICO	INTERVALLO	VALORE
Spessore delle volte nella cavità (SPV) (m)	<0.50	1
	0.50 – 1.00	2
	1.00 – 1.50	3
	>1.50	4

TABELLA 24 : Valori associati allo spessore delle volte nelle cavità accessibili e cantine

L'analisi del rischio potenziale parte da applicazioni metodologiche più avanzate di quelle condotte da Mazza et. al., 2001 (Roma), Teoli et al., 2009 (Piana Pontina), e da Ferraro P., 2010 (PUC di Comiziano), sviluppando una relazione funzionale tramite la quale vengono sommati i sub-indici attribuiti agli indicatori di pericolo che sono responsabili dell'innesco di dissesti nelle bocche. L'indice totale ISG (Indice di Sensibilità Geostatica), rappresentativo della pericolosità connessa alla presenza di vuoti nel sottosuolo, viene desunto dall'interrelazione dei parametri fattori geologici ed antropici che sono stati accuratamente acquisiti sui pozzi di accesso alle cavità.

Nel calcolo viene introdotta un'ulteriore variabile legata al peso (λ) che ogni valore assunto da un indicatore di pericolo assume sull'elemento di

osservazione, con il fine di sottolineare che, nonostante tutti gli indicatori siano da ritenersi scatenanti e predisponenti di un fenomeno, crollo o voragine od uno sprofondamento, le relazioni di dipendenza hanno un stile gerarchico. Nessun parametro viene preso in considerazione sulla presenza dei dissesti, al fine di rendere l'analisi di rischio indipendente dal fenomeno pregresso e usare gli stessi per la validità del metodo.

L'equazione impiegata per i due contesti risulta la seguente (Teoli et al., 2009)

$$ISG = \sum \lambda_i I_i$$

dove

ISG è l'indice di suscettibilità geostatica calcolato su ogni bocca di cava o grotta-cantina

λ_i sono i pesi di ciascun parametro indicatore o sub-indice

$$\sum \lambda_i = 1$$

I_i sono i valori attribuiti ai parametri riportati nelle tabelle precedenti

La valutazione dell'ISG è stata attuata attraverso l'interazione di 4 e 6 indicatori di pericolo peso-stimati indicati nelle Tabelle 25 e 26.

Per la caratterizzazione parametrica di tutte le bocche, sia di cavità abbandonata che di grotta-cantina, si sono operate numerose ricognizioni sul campo, avvalendosi di vari approcci (rilevamento fotografico, rilevamento speleologico, ausilio della video-ispezione), inoltre, dove i punti-cava si concentravano in aree ristrette, la correlazione dei dati acquisiti con quella dei sondaggi geognostici e dei risultati dell'interpolazione cartografica sulla distribuzione dei depositi di ricoprimento e del substrato ha permesso di attribuire i parametri geologici anche ai punti di accesso non più visibili in superficie.

Nella stima degli indicatori SBC e SPC, considerata la loro affinità, si è attribuito un' analogo peso nel rilievo osservazionale nelle varie e comparabili condizioni di degrado o di manutenzione. Il dato temporale concernente le varie fasi di

sviluppo dell'attività estrattiva sull'area viene tenuto in considerazione in alcune aree per validare e ottimizzazione la serie disponibile ma parziale.

Il valore della pericolosità ISG ottenuto su ciascun occhio di cavità, è stato spazializzato alle "sagome di cantina", in ambito urbano, o alle "insule ipogee" presenti in area extra-urbana, la cui definizione ha previsto un attento studio dei cluster dominanti, degli interassi medi esistenti tra le bocche, di annesse aree subsidenti, dello sviluppo di cavità rilevate.

Tutti i sistemi di attività caveali individuati sono stati vettorializzati sulla mappa in uno shape file poligonale dedicato.

La vettorializzazione è stata eseguita costruendo i poligoni sia per i sistemi di bocche di cava, sia per le sagome delle cantine e prendendo in considerazione un'area di rispetto di circa 6 m per ogni elemento puntuale o areale ricadente nel sistema.

L'informazione è stata estesa, a partire dai punti noti, a tutta l'area interessata; ricostruendo la variabilità persa con il campionamento mediante l'utilizzo dell'interpolatore con funzioni *splines* che è un particolare tipo di interpolazione polinomiale a tratti.

A differenza del classico interpolatore polinomiale dove si impiega un unico polinomio per approssimare la funzione su tutto l'intervallo di definizione, l'interpolazione spline è ottenuta suddividendo l'intervallo in diversi sub-intervalli e scegliendo per ciascuno di essi un polinomio di grado ridotto, viene poi imposto che due polinomi successivi si saldino in modo liscio.

In generale, si può pensare alla superficie spline come ad un foglio di gomma che si adagia sui punti di elevazione nota (Raspa, 2010).

Contestualmente si è operato sugli attributi dello shape file generato, aggiungendo per ogni record le informazioni di data e tipo di attività (cavità antropica o cantina) e, solo per le cantine, l'informazione relativa alla proprietà e alla sezione.

INDICATORE DI PERICOLO NEL SISTEMA IPOGEO		PARAMETRO	PESO λ	DESCRIZIONE QUALITATIVA E QUANTITATIVA	VALORE
G E O L O G I C O	Unità litologica I.C. di substrato (D-TGC)	Profondità (metri dal p.c.)	0.20	≥ 10.80 10.80 – 7.20 7.20 – 3.60 ≤ 3.60	1 2 3 4
	Unità Litologiche di copertura (PNV, VEF2b2)	Rapporti di potenza degli strati	0.30	≤ 1.00 1.00 – 1.50 1.50 – 2.00 ≥ 2.00	1 2 3 4
	Condizioni Geomorfologiche (FPI)	Fascia di Pericolosità Idraulica	0.30	Nullo Basso Medio Alto	1 2 3 4
A N T R O P I C O	Stato conservativo di una bocca delle cavità dismesse (SBC)	Presenza o meno di un rivestimento, aperta o chiusa, con segni di dissesto più o meno evidenti	0.20	Buono Medio Scarso Scarsissimo	1 2 3 4
	Stato conservativo di un pozzo di luce delle cavità-cantine (SPC)	Presenza o meno di un rivestimento murario, di una protezione esterna, di segni di dissesto o in avanzato degrado	0.20	Buono Medio Scarso Scarsissimo	1 2 3 4

TABELLA 25 : Valori dei pesi associati 4 indicatori di pericolo per l'ISG

INDICATORE DI PERICOLO NEL SISTEMA IPOGEO		DESCRIZIONE	PESO λ	DESCRIZIONE QUALITATIVA E QUANTITATIVA	VALORE
G E O L O G I C O	Unità litologica I.C. di substrato (D-TGC)	Profondità (metri dal p.c.)	0.10	≥ 10.80 10.80 – 7.20 7.20 – 3.60 ≤ 3.60	1 2 3 4
	Unità Litologiche di copertura (PNV, VEF _{2b2})	Rapporti di potenza degli strati	0.10	≤ 1.00 1.00 – 1.50 1.50 – 2.00 ≥ 2.00	1 2 3 4
	Condizioni Geomorfologiche (FPI)	Fascia di Pericolosità Idraulica	0.30	Nullo Basso Medio Alto	1 2 3 4
A N T R O P I C O	Stato conservativo di una bocca delle cavità dismesse (SBC)	Presenza o meno di un rivestimento, aperta o chiusa, con segni di dissesto più o meno evidenti	0.20	Buono Medio Scarso Scarsissimo	1 2 3 4
	Stato conservativo di un pozzo di luce delle cavità-cantine (SPC)	Presenza o meno di un rivestimento murario, di una protezione esterna, di segni di dissesto o in avanzato degrado	0.20	Buono Medio Scarso Scarsissimo	1 2 3 4
	Sezione della cavità	Trapezia Parabolica	0.10	Buona Scarsa	2 4
	Spessore del tufo nelle volte delle cavità accessibili e cantine (SPV)	Spessore (m)	0.20	> 1.50 1.50 - 1.00 1.00 – 0.50 < 0.50	1 2 3 4

TABELLA 26 : Valori dei pesi associati a 6 indicatori di pericolo

Nella seconda spazializzazione dell'ISG, i due indicatori SPV e SEZ nelle aree cavate non rilevate sono stati attribuiti in modo accorto tenendo conto - di dati prossimali rilevati o supportati dalla percentuale di frequenza areale più ricorrente - della testimonianza dei cavamonti, - dell'epoca o periodo temporale in cui è avvenuta l'estrazione dell'Ignimbrite Campana;

Entrambe le mappe prodotte, costituenti la TAV. 9a e la TAV. 10a, distinguono quattro classi della pericolosità indotta dalla presenza di cavità sotterranee, con:

P1= ISG1 : INSTABILITA' BASSA

P2= ISG2 : INSTABILITA' MODERATA

P3= ISG3 : INSTABILITA' ALTA

P4= ISG4 : INSTABILITA' MOLTO ALTA

a)

PERICOLOSITA' DA DISSESTO IPOGEO (4 INDICATORI PESO-STIMATI)	ASSENTE	BASSA	MODERATA	ALTA	MOLTO ALTA
	ISGO	ISG1	ISG2	ISG3	ISG4
$ISG = \sum_{i=1}^4 \lambda_i * I_i$ <p> 0.10 < $\lambda_1 * I_1$ (D-TGC) < 0.80 0.30 < $\lambda_2 * I_2$ (R.S. FNV/VEF1s2) < 1.20 0.30 < $\lambda_3 * I_3$ (FPI) < 1.20 0.20 < $\lambda_4 * I_4$ (SPC o SPC) < 0.80 </p>	CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO NON RILEVATE	1.00 ÷ 1.70	1.70 ÷ 2.50	2.50 ÷ 3.20	3.20 ÷ 3.90

b)

PERICOLOSITA' DA DISSESTO IPOGEO (6 INDICATORI PESO-STIMATI)	ASSENTE	BASSA	MODERATA	ALTA	MOLTO ALTA
	ISGO	ISG1	ISG2	ISG3	ISG4
$ISG = \sum_{i=1}^6 \lambda_i * I_i$ <p> 0.10 < $\lambda_1 * I_1$ (D-TGC) < 0.40 0.10 < $\lambda_2 * I_2$ (R.S. FNV/VEF1s2) < 0.40 0.30 < $\lambda_3 * I_3$ (FPI) < 1.20 0.20 < $\lambda_4 * I_4$ (SPC o SPC) < 0.80 0.20 < $\lambda_5 * I_5$ (SEZ) < 0.80 0.20 < $\lambda_6 * I_6$ (SPV) < 0.80 </p>	CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO NON RILEVATE	1.20 ÷ 1.80	1.80 ÷ 2.40	2.40 ÷ 3.00	3.00 ÷ 3.70

TABELLA 27 : Intervalli del valore ISG per fasce di pericolosità a) 4 indicatori ; b) 6 indicatori

Accanto ai quattro livelli di pericolo individuati si associa un livello **ISGO** che caratterizza un'area bianca nei tre territori amministrativi coinvolti, dove le cavità sotterranee non sono presenti

6.3 INDICATORI DI VULNERABILITA' TERRITORIALE

Nella pianificazione geologica, la stima della vulnerabilità è molto complessa e dipende dalla gravità del dissesto e dal livello di protezione degli elementi presenti sul territorio in studio. Quando le aree vulnerabili sono molto estese e variamente urbanizzate, la valutazione della vulnerabilità può dimostrarsi complessa ed onerosa. Risulta estremamente difficoltoso assegnare classi di vulnerabilità per ciascuna categoria di classe omogenea, in quanto non è possibile sempre e soprattutto in maniera puntuale valutare il livello di protezione dei beni, in tale contesti, così si può rinunciare ad una stima di questo parametro ipotizzando in sicurezza quello massimo pari ad 1. Quest'approssimazione per eccesso, dovendo operare con il più alto livello di protezione per tutti gli elementi presenti sull'area, assimila il danno effettivo a quello potenziale, verificandosi

$$D = \text{Danno effettivo} = \text{Danno Potenziale} * \text{Vulnerabilità}$$

cioè per Vulnerabilità =1

$$D \text{ potenziale} = \text{Valore Esposto}$$

Nell'ambito della definizione dei livelli di valore esposto, è stata condotta un'analisi del contesto antropico che ha riguardato lo sviluppo edilizio delle tre municipalità e della rete infrastrutturale.

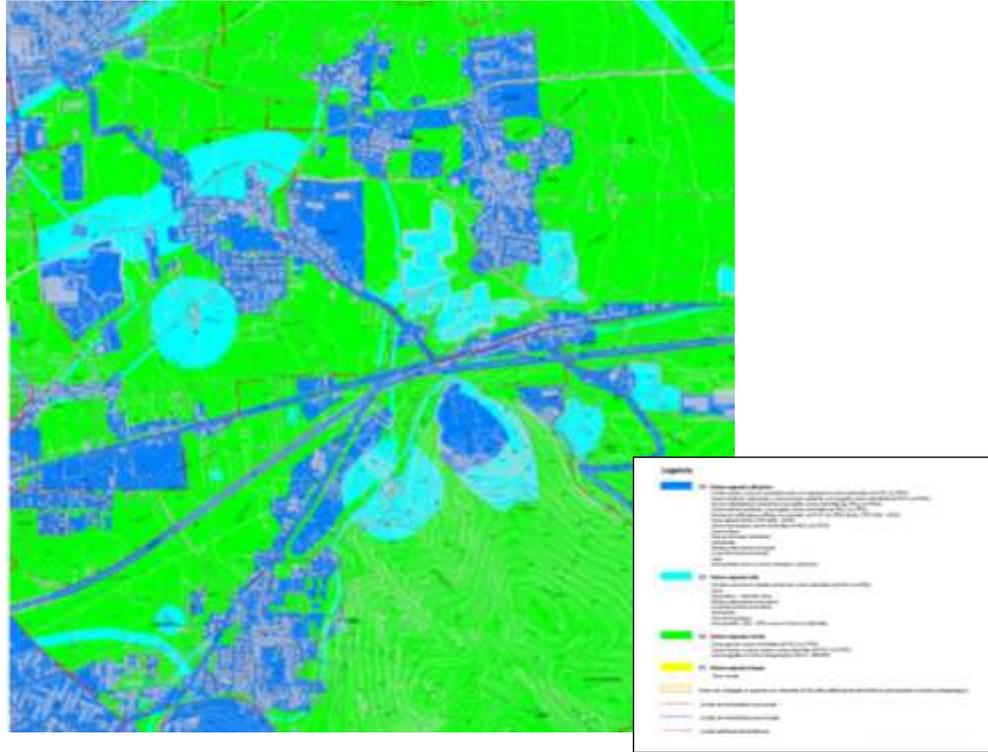


FIGURA 149 : CARTA DEL VALORE ESPOSTO

(dall' Autorità di Bacino Regionale della Campania Centrale, PSAI 2010)

L'attenta visione della cartografia storica, delle levate aerofotogrammetriche più recenti e della Carta del Valore Esposto redatta dall' Ex-Autorità di Bacino Nord-Occidentale della Campania (oggi Campania Centrale) per il rischio frana/alluvione, ha portato a queste osservazioni di sintesi:

- i centri urbani si sono sviluppati in tre intervalli temporali (fino al 1950, tra il 1950 ed il 1960, dal 1960 ad oggi) e con manufatti abitativi realizzati attraverso standard metodologico-costruttivi diversi (in muratura e/o blocchetti di tufo e tipologia di fondazione superficiale, in muratura e/o blocchetti di tufo e tipologia di fondazione di tipo superficiale, strutture intelaiate in cemento armato e tipologia di fondazione superficiale e profondo). L'espansione urbana, piuttosto modesta sino agli anni '80, ha interessato sensibilmente le aree periferiche con la presenza a macchia di villini e parchi residenziali, laboratori industriali a basso impatto ambientale, etc.....

- la rete viaria dell'area in esame è suddivisibile in quattro classi (strade a grande viabilità, strade extra-circoscrizionali, strade circoscrizionali, strade locali) a seconda del grado di importanza di ogni tracciato per estensione ed entità del traffico.

Gli indicatori di vulnerabilità del sistema insediativo (presenza o meno di edifici, tipologie dei manufatti, le tipologie fondazionali, la presenza di reti di sottoservizi principali o secondari), sono stati rappresentati nella Tabella 28 secondo un livello di vulnerabilità crescente:

ELEMENTI DA TUTELARE (E)		LIVELLI DI DANNO ATTESI NEL SISTEMA INSEDIATIVO Danno effettivo = Danno potenziale	PESO λ	VALORE
A N T R O P I C O	E4 Centri urbani, Zone di completamento ed espansione , Nuclei ad edificazione diffusa, con Aree di sviluppo Industriale. Aree edificate prevalentemente con strutture in muratura, con fondazioni di tipo superficiale. Strade ad alta viabilità urbana ed extra-circoscrizionale e direttrici principali delle reti di sottoservizi	ALTISSIMO Perdite di vite umane, beni economici e valori ambientali	1.00	4
	E3 Cimitero ed Aree di rispetto cimiteriale, Cava, Area protetta o di riserva controllata Aree edificate prevalentemente con strutture in muratura e/o mure in cemento armato. Strade ad alta viabilità urbana ed extra-circoscrizionale e direttrici principali delle reti di sottoservizi.	ALTO Incolumità delle persone e funzionalità del sistema economico		3
	E2 Aree extraurbane, poco abitate , sede di edificazione sparsa con strutture intelaiate in cemento armato e munite di fondazioni superficiali, destinate sostanzialmente ad attività agricole ed a verde pubblico, infrastrutture stradali di tipo secondario.	MEDIO Limitati problemi per l'incolumità delle persone e per effetti derivanti al tessuto urbano socio-economico		2
	E1 Aree prevalentemente non edificate , a prevalente vocazione agricola, incolte o protette, ospitano case sparse, strutture leggere, ruderi	BASSO Assenza di problemi per l'incolumità delle persone e limitati gli effetti derivanti al tessuto socio-economico		1

TABELLA 28 : Valori associati ai livelli di vulnerabilità del Sistema Insediativo

Il modello concettuale ha individuato nell'area gli elementi di pericolo di dissesto che possono colpire le infrastrutture di superficie, caratterizzate da una vulnerabilità variabile in funzione della urbanizzazione, delle tipologie strutturali degli edifici e della diversa gerarchia della rete stradale.

La matrice di calcolo di interazione tra i livelli di pericolosità ipogea presenti sul territorio e di vulnerabilità del sistema insediativo è quella predisposta per il rischio idraulico/frana nei PSAI

LIVELLI DI DANNO ATTESI SUGLI ELEMENTI DEL SISTEMA INSEDIATIVO	ELEMENTI DI PROPENSIONE AL DISSESTO				
	$R=ISG_m \cdot D_m$	ISG1	ISG2	ISG3	ISG4
	D1	R1	R1	R2	R2
	D2	R1	R2	R2	R3
	D3	R2	R2	R3	R4
D4	R2	R3	R4	R4	

FIGURA 150: Matrice della relazione tra l'indice ISG e la vulnerabilità territoriale

Sovrapponendo la carta della pericolosità al dissesto alla carta della vulnerabilità territoriale si ottiene la relativa carta della suscettibilità, nelle TAVV. 9b e 10b, anch'essa distinta in quattro classi:

R4 = S4: SUSCETTIBILITA' IPOGEE MOLTO ALTA

R3 = S3 SUSCETTIBILITA' IPOGEE ALTA

R2 = S2 SUSCETTIBILITA' IPOGEE MODERATA

R1 = S1 SUSCETTIBILITA' IPOGEE BASSA

Accanto ai quattro livelli di suscettibilità individuati si associa un livello S0, che caratterizza un'area bianca nei tre territori amministrativi coinvolti, dove le cavità sotterranee non sono presenti.

a)

SUSCETTIBILITA' DA DISSESTO IPOGEO (4 INDICATORI PESO-STIMATI)	ASSENTE	BASSA	MODERATA	ALTA	MOLTO ALTA
	S0	S1	S2	S3	S4
$S = \sum_{i=1}^4 \lambda_i \cdot I_i \cdot E \cdot V.$ $E = D_{pot} \text{ e } V = 1.00$	CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO NON RILEVATE	2.00 ÷ 5.50	5.50 ÷ 9.00	9.00 ÷ 12.50	12.50 ÷ 16.00

b)

SUSCETTIBILITA' DA DISSESTO IPOGEO (6 INDICATORI PESO-STIMATI)	ASSENTE	BASSA	MODERATA	ALTA	MOLTO ALTA
	S0	S1	S2	S3	S4
$S = \sum_{i=1}^6 \lambda_i \cdot I_i \cdot E \cdot V$ $E = D_{pot} \text{ e } V = 1.00$	CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO NON RILEVATE	3.40 ÷ 6.00	6.00 ÷ 8.80	8.80 ÷ 11.60	11.60 ÷ 14.40

TABELLA 29 : Intervalli del valore di S per fasce di suscettibilità a) 4 indicatori ; b) 6 indicatori

6.4 LA CARTA DEL DISSESTO IPOGEO

La metodologia impiegata permette di ottimizzare i dati di partenza, consentendo di affinare i risultati e di migliorare lo stato di conoscenza delle condizioni di rischio. Si osserva, a riguardo, come a seguito dell'introduzione del peso di ulteriori indicatori legati alle cavità antropiche, la zonazione delle aree muta nel livello di suscettibilità.

Confrontando le carte redatte con il contributo di 4 e 6 (4+2) indicatori di pericolo, si evince che il primo quadro di previsione tende più a sottostimare il livello di rischio, mentre il secondo quadro porta ad una migliore calibrazione delle classi di suscettibilità S1 e S2, con un locale aumento del livello di rischio dove incide l'apporto dei nuovi indicatori antropici.

E' ovvio che i risultati dipendono prioritariamente dall'indice di sensibilità geostatica ISG che modula in modo differente il livello di pericolo nei diversi sistemi di cavità, nello specifico:

- nella elaborazione stimata con 4 indicatori, si rilevano prevalentemente aree ad instabilità ipogea bassa ($\approx 32\%$), sono diffuse le aree ad instabilità ipogea moderata (28%), alquanto sparse quelle a instabilità ipogea alta (25%), molto limitate quelle ad instabilità ipogea molto alta (15%), l'indice di sensibilità è compreso tra 1.20 e 3.90;

- nella elaborazione stimata con 6 indicatori, al contrario, le aree ad instabilità ipogea bassa si riducono significativamente ($\approx 22\%$) a vantaggio di quelle ad instabilità ipogea moderata (40%) ed alta (23%), le aree ad instabilità ipogea molto alta rimangono sostanzialmente le stesse della prima restituzione (15%), anche se si assiste ad una modulazione della stima partendo anche da un livello di pericolo immediatamente precedente, l'indice di sensibilità geostatica è compreso tra 1.20 e 3.70.

I risultati confermano che all'aumentare dei dati di caratterizzazione degli elementi si perviene a perimetrazioni diverse per la descrizione delle situazioni di pericolo. Le carte della suscettibilità, che dipendono soprattutto dall'interazione dei 4 e 6 indicatori di pericolo per la vulnerabilità territoriale, offrono la possibilità di discriminare la bontà delle due stime e di individuare quella meglio rappresentativa della situazione di rischio.

Nel dettaglio dalla lettura delle mappe emerge che:

- nell'elaborazione stimata a 4 indicatori si rileva una lieve prevalenza di aree con indice di suscettibilità bassa (30%) e moderata (35%) con una minore presenza di aree a suscettibilità alta (25%) e molto alta (10%), nello specifico, l'indice di suscettibilità al dissesto ipogeo S oscilla in un intervallo compreso tra 2.00 e 16.00;

- nell'elaborazione stimata a 6 indicatori la perimetrazione rimane sostanzialmente identica nell'estensione delle aree a suscettibilità bassa (30%), si riduce sensibilmente nelle aree a suscettibilità moderata (25%), incrementandosi

di aree a rischio alto (35%) con una stabilizzazione delle aree a suscettibilità molto alta (10%), nello specifico, l'indice di suscettibilità al dissesto ipogeo S è compreso tra 3.40 e 14.40.

Le modulazioni del rischio sono più apprezzabili nella Tav. 10b tanto nei sistemi di cavità interagenti con le infrastrutture quanto nelle grotte cantine dove sono riconosciuti problemi di vicinanza agli impluvi, di staticità delle discenderie e dei singoli pozzi di luce non rivestiti.

Il rischio molto alto, indicato con S4 (campitura rossa), comprende aree dove sussistono condizioni geometriche degli ipogei con notevole propensione al crollo, in presenza di infrastrutture edilizie con fondazioni dirette e comunque tali da essere gravemente coinvolte nel dissesto. Le zone interessate sono soprattutto quelle interessate dal rischio idraulico più alto (R4), dove si associa una edilizia della prima metà del secolo XIX e dei primi anni del secolo XX, inoltre, comprendono le cavità sotterranee e alcune grotte-cantina dismesse sull'arteria principale (SS.7bis), alcune cavità e grotte-cantine nel nucleo primitivo di Tufino e della frazione Vignola, prossime al piano campagna e con calotte interessate da stillicidio frequente, infine, piccole porzioni del vasto sistema ipogeo che si sviluppa ai piedi del rilievo collinare di Casamarciano.

Il rischio alto, indicato con S3 (campitura arancio), è localizzato in aree urbane dove è alta la concentrazione di riempimenti non ad hoc di antiche voragini che interagiscono con la circolazione idrica o/e fognaria nelle cavità e nei riporti stessi e, per le vibrazioni indotte dal traffico, possono aggravare le condizioni di stabilità globale.

Il rischio moderato, indicato con S2 (campitura gialla), è definito come intermedio fra quelli già definiti e va inteso come condizione comunque dinamica, che tende nel tempo a raggiungere gli stati di rischio più elevati, soprattutto con riferimento alla evoluzione delle cavità. Le aree interessate si ubicano a macchia di leopardo soprattutto nelle zone meridionali e, in via più subordinata, in quelle settentrionali del territorio. Gli elementi di pericolo si ritrovano nelle condizioni geometriche delle cavità sufficientemente profonde

e/o protette da una edilizia più recente in cemento armato e/o con fondazioni profonde o, ancora, nello stato manutentivo delle discenderie di diverse grotte-cantine.

Il rischio basso, indicato con S1 (campitura verde), esprime una condizione di presenza di cavità che, a seguito dell'assenza di infrastrutture insediative significative (aree non edificate, aree agricole, etc.), non determina rischi importanti al sistema insediativo (edifici, strade, fognature, etc...) da parte di una eventuale voragine o subsidenza.

Il rischio nullo o assente, indicato con S0 (campitura bianca), caratterizza aree dove, sebbene non siano state riscontrate presenze di dissesti in atto, tanto meno cavità sotterranee, esiste la possibilità di rinvenire propaggini di cavità in zone confinanti con le aree delimitate o un remoto rinvenimento di cavità interrate o non conosciute, ma da comprovare con indagini di dettaglio.

6.5. VALIDAZIONE DEI RISULTATI

Le carte della suscettibilità sono state sottoposte ad un'analisi di verifica della metodologia proposta per questo rischio geomorfologico anche al fine di individuare la carta più aderente ai risultati raggiunti.

6.5.1. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DISSESTI

Tra i due scenari presentati, l'elemento di secondaria importanza è costituito dai dissesti areali più antichi e di quelli di inizio secolo, a dinamica stabilizzata, la cui genesi è da appellarsi ad una rete idraulica dell'area diversa da quella attuale o/e dalle rivisitazioni delle cavità da parte delle maestranze per prelievo di materiale tufaceo dagli elementi di sostegno.

I rifiuti di cava venivano poi lasciati nelle cavità per cui oggi sono un valido speditivo indizio sulla resa della cava e quindi anche sulle qualità meccaniche del tufo all'atto della coltivazione.

Nelle cavità più antiche, le maestranze cercavano di seguire i giunti presenti del materiale in quanto questi rappresentavano dei piani preferenziali di più facile distacco.

Si spingevano, pertanto, nella coltivazione fino dove, cavando, avvertivano una variazione delle qualità geomeccaniche del materiale e, a quel punto, si fermavano per evitare improvvisi crolli di blocchi della volta e quindi pericolosi incidenti.

Anche se il tufo campano (LYT) è soggetto a sforzi costanti, ossia non riceve incrementi di carico in superficie ma solo ed esclusivamente il peso dei terreni di ricoprimento, il suo comportamento nel tempo è quello di un materiale viscoso, destinato a collassare dove è presente un certo grado di tensione.

Sulla possibilità che dissesti areali possano riverificarsi sull'area, esistono elementi che acclarano che le operazioni di riquartatura dei pilastri furono eseguite nelle cavità di inizio '900 dislocate nelle aree pedecollinari, dove oggi si concentrano i crateri di collasso, mentre l'attività estrattiva più recente si esplicò nelle aree occidentali attraverso scavernamenti, più estesi lasciando uno spessore delle volte delle cavità tufacee non sempre idoneo al loro autosostentamento.

In queste ultime aree, il mancato innesco di subsidenze più estese troverebbe una ragione - a) nelle condizioni di un minor rischio idraulico di alcuni siti -b) nel potente spessore delle ghiaie alluvionali compatte sovrastanti le cavità antropiche che svolge un efficace ruolo di pseudo-volta dove sono possibili crolli dei franchi di tufo più esili e fratturati. Queste ipotesi, seppure verificabili con nuove ispezioni e rilevamenti speleologici degli ipogei recenti interessati, operazione peraltro difficile per la mancata accessibilità e l'interruzione di molti percorsi sotterranei da parte di detriti, crolli e rifiuti vari, sono state confermate dalle avventate tecniche minerarie degli ultimi tempi che, a seguito dell'avidità di alcuni appaltatori, determinarono la fine di un mestiere un tempo accorto ma poi divenuto molto rischioso per le stesse maestranze.

In questa nuova ottica, la carta della suscettibilità al dissesto ipogeo ha un valore aggiunto e si colloca non solo come uno strumento di manutenzione del territorio ma anche come uno strumento di prevenzione dalle voragini di sprofondamento. Gli eventi riconosciuti tra il 1965 ed il 2013, così come i dissesti circoscritti in evoluzione, rispondono bene allo scenario proposto dalla TAV. 10b, distribuendosi per il 70% dei casi, in aree a suscettibilità da dissesto sotterraneo variabile da moderato (S2) ad alto (S3).

I risultati confermano che la metodologia in uso può essere ottimizzata implementando la matrice di calcolo con ulteriori indicatori di pericolo come, - le proprietà geotecniche locali dei terreni coinvolti, - le caratteristiche geomorfologico-strutturali delle aree subsidenti; - le condizioni del manto stradale delle arterie di comunicazione in ambito urbano ed extra-urbano, - la gerarchia e lo stato manutentivo delle reti idriche e fognarie, - la geometria delle adduzioni e del recapito finale degli impianti privati, - la dispersione non controllata di acque nel sottosuolo da parte di sistemi autonomi, etc..., potendo pervenire a perimetrazioni sempre più precise delle aree a rischio.

6.5.2 CONFRONTO CON I DATI INTERFEROMETRICI

Sono molteplici gli studi che hanno permesso di validare l'applicabilità di tecniche satellitari al monitoraggio di subsidenze/sinkhole (Buchignani et al., 2004, Ferretti et al., 2004a,b, Cascini et al., 2006, 2007a, b. c., Calcaterra et al., 2009), nonché integrare questo innovativo sistema di monito-raggio con le tradizionali e più onerose misure a terra (rilievi geologici, geofisici, topografici, GPS).

6.5.2.1 ASPETTI TEORICI

Il sistema di controllo é basato sull'analisi e l'elaborazione di serie temporali di immagini radar acquisite nella banda C delle microonde ($\lambda=5.6$ cm) dalle piattaforme satellitari dell'ESA (European Space Agency) ERS-1/2, ENVISAT, TerraSAR-X, Cosmo-SkyMed e dal satellite cana-dese RADAR-SAT, finalizzato

all'individuazione, alla mappatura e al monitoraggio degli scenari di rischio connessi ai movimenti di massa localizzati.

I dispositivi di telerilevamento attivo montati sui satelliti sono costituiti da sistemi SAR (Synthetic Aperture Radar) consistenti in sensori remoti (apparecchi trasmettenti-riceventi) che, illuminando lo spazio circostante con un'onda elettromagnetica o/e incidendo sugli oggetti del suolo (bersagli), subiscono un fenomeno di riflessione e ritornano verso la stazione di partenza.

Il bersaglio è meglio localizzato quanto più grande è l'antenna, di conseguenza, un modo per ottenere un'antenna equivalente di grandi dimensioni si realizza appunto attraverso la tecnologia SAR che sfrutta il moto del sensore rispetto al bersaglio.

Questi satelliti hanno necessità di seguire orbite eliosincrone, ad una quota di circa 800 Km, inclinate rispetto ai meridiani ed illuminano una striscia di terreno di circa 100 Km. L'immagine SAR viene definita dall'ampiezza e dalla fase del segnale retro-diffuso della superficie investigata; la differenza di fase tra due acquisizioni SAR della stessa scena è sensibile alle variazioni topografiche intercorse nell'area osservata, quindi, sfruttando il legame tra la fase del treno d'onda illuminante e la distanza del target si possono individuare e misurare gli eventuali spostamenti tra due riprese successive (Massonet & Feigl, 1998; Rosen et al., 2000). Le deformazioni del suolo che vengono misurate con l'interferometria differenziale [DInSAR] hanno l'accuratezza dell'ordine del centimetro solo con particolari geometrie di acquisizione. La stessa zona, a causa dei movimenti relativi dei satelliti e della Terra, viene pertanto osservata lungo due diverse orbite, ascendente e discendente, da destra lungo una linea di vista [LOS - *line of sight*] inclinata rispetto al nadir con angoli diversi a seconda del satellite. La stessa orbita nominale viene ripercorsa ogni 35 giorni dai satelliti ERS 1/2 e ENVISAT e ogni 24 ore da RADARSAT consentendo così di acquisire dati telerilevati dello stesso scenario di suolo in tempi differenti.

Nonostante le potenzialità teoriche offerte dall'interferometria SAR e messe in evidenza da centinaia di pubblicazioni scientifiche in campo internazionale, i

limiti della tecnica consistono nell'impossibilità di eliminare totalmente gli effetti spuri dovuti all'atmosfera o di effettuare stime puntuali, ma solo analisi di insieme per identificare fenomeni macroscopici.

Sebbene la ricostruzione di mappe di deformazione della superficie terrestre con questa tecnologia satellitare non sia ancora diventata uno standard, alcune difficoltà sono state risolte con particolari evoluzioni del sistema; tra queste si è dimostrata particolarmente efficace la tecnica PSinSAR o dei diffusori permanenti (Permanent Scatterers), messa a punto e brevettata dalla T.R.E. s.r.l., Società di spin-off del Politecnico di Milano (Ferretti et al., 1999, 2000).

Nell'approccio PS vengono identificati dei punti significativi e con riflettività invariante (parti di strutture e di edifici o di affioramenti rocciosi) che, mantenendo immutata nel tempo la propria firma elettromagnetica, costituiscono i riferimenti per il monitoraggio su ampia scala.

Un algoritmo di elaborazione interferometrica multi-interferogramma è capace di fornire misure di spostamento con precisione millimetrica su alcuni di questi punti con un'accuratezza della misura comparabile con quella delle tecniche di monitoraggio topografico convenzionali (Ferretti et al., 2000, 2001; Colesanti et al., 2003, Tele-Rivelamento Europa, 2008). Al fine di verificare le condizioni generali di stabilità del territorio interessato dalle cavità sotterranee e svolgere uno studio a ritroso sui dissesti legati a cavità sotterranee avvenuti tra il 1992 ed il 2008 è stata effettuata un'analisi multi-temporale dei dati PS, ERS ed ENVISAT, disponibili presso il Geoportale Cartografico del Ministero dello Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare al sito

http://www.pcn.minambiente.it/GN/progetto_psi.

Per ognuno dei dataset, costituito da un archivio di immagini ERS (Raw Data) e ENVISAT (Single Look Complex), è stata restituita attraverso la tecnica SPSA (Standard Permanent Scatterers Analysis) una mappa di distribuzione dei PS con i valori delle velocità medie (misurate rispetto alla LOS) calcolate sull'intero periodo di osservazione (ERS 1992-2000 e ENVISAT 2003-2008).

Il segno negativo della velocità indica un allontanamento (abbassamento o subsidenza del suolo) rispetto al satellite, mentre il segno positivo indica un avvicinamento (sollevamento o absidenza del suolo) rispetto al satellite, sempre misurato lungo la linea di vista. Le immagini radar satellitari della Regione Campania sono state nuovamente analizzate nel progetto TELLUS (Terranova, 2009) dal parte del PODIS Campania Unità di Supporto Locale n. 6 del Progetto Operativo Difesa del Suolo e del Ministero dello Ambiente e della Tutela del Territorio Misura1.2 PON ATAS 2000-2006

<http://www.webgisdifesa.suolo.regione.campania.it:8080/psinsar/map.html>.

All'interno del progetto interferometrico nazionale, i cluster rappresentati da un insieme di misure riferibili ad un unico sistema spaziale o ad un unico arco temporale sono stati raggruppati per track number. I punti PS di ciascun gruppo sono stati così identificati attraverso le coordinate ed una serie di attributi: *code*, codice alfanumerico unico dei punti PS; *vel*, velocità media dei PS espressa in millimetri/anno rispetto ad un punto di riferimento e relativa a tutto l'arco temporale considerato; *v_stddev*, standard deviation associata alla stima della velocità media sull'intero periodo analizzato, *coherence*, coerenza interferometrica, indicatore di affidabilità dei PS; *daaaammgg*, spostamento dei PS misurato in data "aaaammgg" espresso in millimetri rispetto ad un punto di riferimento; *vel_aaaa*, velocità media dei PS relativa all'anno "aaaa"; *vstd_aaaa*, standard deviation della velocità media relativa all'anno "aaaa".

L'imposizione di una soglia di velocità, opportunamente valutata in funzione dell'accuratezza delle misure è finalizzata alla sola distinzione delle aree stabili [velocità comprese tra + 1.5 e -1.5 mm/anno] e di quelle in movimento.

Un' applicazione multi-scalare dell'informazione interferometrica è stata eseguita solo di recente attraverso rappresentazioni del dato PS di tipo areale e di dettaglio che, con il fine di pervenire ad una distinzione tra le diverse tipologie di deformazione rilevate, richiedono un primo trattamento statistico del database e successivamente la scomposizione in tre subset identificati con i suffissi *normal*, *outlier* ed *ex-outlier* (Vilardo et al., 2009).

I valori di velocità media dei PS, relativi a due vettori orientati lungo le due differenti linee di vista del satellite, vengono indicati con Vlos.

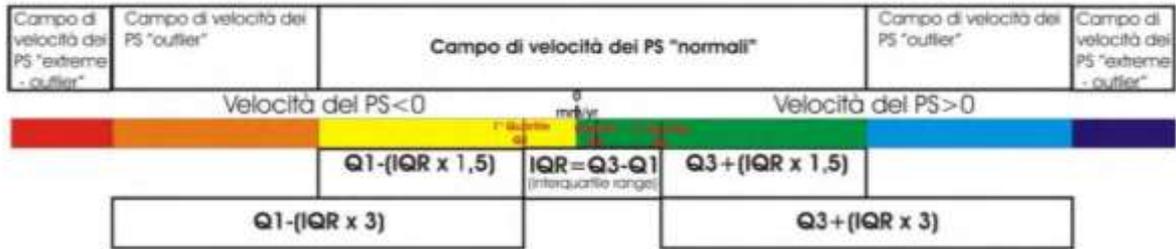


Figura 151: Distribuzione Statistica dei valori di VLOS nel Progetto TELLUS

Lo scopo di questa analisi intende supportare le ipotesi avanzate sulla natura e genesi delle varietà di dissesto prodotte in superficie dalle cavità tufacee e, nel contempo, validare gli attributi territoriali più confacenti alla strutturazione di una metodologia di pericolosità geomorfologica.

6.5.2.2 RISULTATI CONSEGUITI

Occorre sottolineare che l'assenza di un numero significativo dei riflettori persistenti nelle aree periferiche ai centri abitati di Casamarciano, Tufino e Comiziano, in pratica, nelle aree ancora poco urbanizzate, a destinazione prevalentemente agricola, ma interessate dalle cavità sotterranee, non consente allo stato attuale una conoscenza di dettaglio del pattern deformativo che, solo in casi limitati, può trovare un significato interferometrico con lo sviluppo di questi vuoti. Questa difficoltà, tra l'altro, pregiudica anche l'affidabilità di mappe di sintesi derivanti dall'involuppo dei PS (Mappe di Isovelocità) e l'impossibilità di avere conoscenza di singoli areali di deformazione in atto o, in modo estensivo, rilassamenti nei sistemi sotterranei più complessi.

Le due immagini della TAV. 11 riportano la distribuzione spaziale del dato PS ERS 1992-2000 sul tessuto urbanizzato dei territori in studio secondo le due geometrie di acquisizione e sulle quali è stata sovrapposta la carta della suscettibilità al dissesto ipogeo a 6 indicatori di pericolo.

In prima analisi, si evidenzia una diffusa concentrazione di "PS-Normal", dal colore azzurro-verde, collocati nei centri abitati, con valori di velocità Vlos media annua da moderati a molto moderati e che sono riconducibili a lenti fenomeni deformativi di scala regionale e/o sub-regionale.

Dal momento che i segni degli spostamenti risultano alquanto concordi in orbita ascendente e discendente, queste deformazioni verticali si inquadrano in un contesto geomorfologico di piana piroclastico-alluvionale, con blande pendenze, da addebitare al costipamento dei terreni su suoli liberi o occupati da decine di anni da costruzioni munite di dispositivi di fondazione superficiali.

La presenza di "PS Anomali" è invece attestata da punti dispersi dove la velocità negativa di Los rientra nei valori medio-alti definiti "PS-Outlier" evidenziati con colore arancio ($V_{los} = -1,60/-2.50$ mm/ anno), e di rado in quelli di "PS-Ex-Outlier" ($V_{los} < -6.0$ mm/anno), con colore rosso intenso.

Questi ultimi punti caratterizzano piccoli areali dove la deformazione anomala è imputabile a fenomenologie diverse che, in ordine di importanza, sono - assestamenti dei materiali di riempimento nelle cave di pietrisco, nelle discariche o su aree occupate da edifici industriali a forte impatto; rilasciamenti o degradazione di occhi di monte, singoli o in serie, tanto aperti quanto occlusi; - modesti fenomeni gravitativi di piroclastiti lungo i fronti delle cave di tufo; subsidenze lungo i bordi di depressioni morfologiche di prima evoluzione o/e in aree deflesse oggetto di antico livellamento; -cedimenti di terreno presso pozzi-luce non rivestiti di varie grotte-cantina o, ancora, - dove si sono sviluppati "anthropogenic sinkholes" prima, nel corso e dopo l'arco temporale di osservazione del satellite ERS (1992-2000), alcuni dei quali soggetti ad interventi di bonifica molto rudimentali.

Il sussistere di fenomeni di interesse è stata appurato anche dall'analisi della distribuzione dei PS acquisiti dal satellite ENVISAT tra il 2003 ed il 2007, come illustrato nella TAV. 12.

L'osservazione congiunta tra i due periodi di osservazione radar satellitare indica una deformazione simile nei caratteri puntuali, anche se la differenza

nell'estensione dei due dataset (ERS, ENVISAT) e quindi nel numero di immagini utilizzate nelle carte di sintesi, evidenzia sulle due geometrie di acquisizione, una differente percezione dei fenomeni individuati nel primo dataset. Le distribuzioni dei "PS *Normal*" acquisite tra il 2003 ed il 2008, con valore di $V_{los} = -0.99/1.30$ mm/anno, tendono a concentrarsi sui manufatti dei centri urbani e di quelli decorrenti lungo le arterie di comunicazione principali (SS.7bis) e secondari (S.P.Nola-Casamarciano-Schiava e S.P. Tufino-Comiziano). Anche in questo caso, i valori di velocità media negativa di questi punti PS si inquadrano nei processi di consolidazione dei suoli soggetti a carichi strutturali permanenti. Rispetto al primo dataset, tuttavia, viene riscontrato un incremento dei "PS-*Anomali*" che sono concentrati nelle aree cavate o attigue alle medesime. La distribuzione di questi bersagli che rientrano in prevalenza nella tipologia "PS-*Outlier*" (evidenziati con colore arancio) e con velocità di abbassamento $V_{los} \approx -3.00/-5.00$ mm/anno caratterizza non solo zone di deformazione già note al dato ERS 1992-2000 (fronti di cava, muri di sponda dei laghi, bocche di cava in degrado geostatico, gradualmente assestamenti dei terreni di riempimento delle cave o di antiche depressioni), ma anche quelle con subsidenze quiescenti o subdoli occhi di monte in dissesto, alcuni dei quali, solo a seguito della recente analisi recente e per la presenza di strutture antropiche, coincidono con *anthropogenic sinkholes* tra il 2003 ed il 2011. La presenza di alcuni punti "PS *Ex-Outlier*" (di colore rosso) con valore di velocità negativa $V_{los} < -7.00$ mm/anno, i cui valori non sono compatibili con il quadro urbano e con la distribuzione censuaria delle bocche di cava, induce a presupporre che su alcuni fondi liberi del territorio, sia presente una significativa deformazione del suolo da imputarsi a vuoti sotterranei più superficiali (tane di lapillo), perdite idriche nei sottoservizi comunali (rete idrica e fognaria) o autonomi (vasche settiche), ma anche ad antiche e abbandonate strutture di provvista idrica (cisterne), elementi che sono stati rilevati presso alcuni bersagli attraverso indagini geofisiche (tomografia geoelettrica).

Anche in questa sede viene sottolineato il ruolo svolto dai fattori litostratigrafici e dalle condizioni idrauliche dell'area sull'innescò delle deformazioni anomale del suolo, infatti, esse si concentrano dove avvengono i maggiori dissesti o è basso il grado di conservazione delle bocche.

Sebbene i fenomeni di sprofondamento dovuti alla presenza nel sottosuolo di cavità di origine antropica o naturale evolvano con velocità piuttosto elevate rispetto alla capacità di misura della tecnica dei PSI (Permanent Scatterers Interferometry), tuttavia, esistono alcune applicazioni delle tecniche multi-interferogramma dove il monitoraggio di deformazioni del suolo più o meno marcate ha permesso di raggiungere risultati interessanti per la loro previsione (Ferretti et al. 2000, 2004a).

Prospettive ancora più interessanti per l'individuazione di precursori di evento possono avere le analisi interferometriche delle immagini radar delle piattaforme satellitari con tempi di rivisitazione più brevi come TerraSAR-X (11 giorni) e CosmoSkyMed (fino a 9-12 ore).

L'integrazione dei dati interferometrici con quelli ancillari del territorio, quali l'assetto litostratigrafico, idrogeologico, indagini geofisiche, dissesti e livelli di deformazione attesi, può offrire in ultima analisi un utile strumento per la definizione del quadro conoscitivo dei fattori di instabilità delle cavità antropiche in area urbana, per il miglioramento delle procedure di valutazione della pericolosità, per il monitoraggio dei movimenti e dell'evoluzione dei fenomeni di crollo nelle aree maggiormente esposte al rischio e, dove vengano superate le soglie di tolleranza, per l'attivazione di procedure di salvaguardia, allarme e gestione delle emergenze.

CAPITOLO 7

DISCUSSIONE DEI RISULTATI

7.1 PROPOSTE DI GOVERNO DEL TERRITORIO

Il principale indirizzo normativo del PSAI- Piano per l'Assetto Idrogeologico, in coerenza alla vigente legislazione statale (D.lgs n.152/2006 e s.m.i.) e regionale (L.R. 16/2004) vincola la pianificazione urbanistica al diretto recepimento dei contenuti definiti come "*strategie per un buon uso del territorio ai fini della mitigazione del rischio idrogeologico*".

Alla luce di queste premesse, la pianificazione ambientale deve sempre precedere quella urbanistica adottando un approccio attivo di mitigazione e prevenzione del rischio legato alle dinamiche ambientali naturali e antropiche.

Nel dettaglio, la mitigazione del rischio "anthropogenic sinkhole" sino ai dissesti più estesi, configurabili come subsidenze, può essere attuata attraverso la sinergia di varie strategie:

a) riducendo la pericolosità: con la conoscenza sempre più approfondita dell'ambiente ipogeo, con una completa copertura del territorio in ambiente GIS, ad esempio, attraverso l'ausilio di altre indagini geologiche, geofisiche, geotecniche, e speleologiche che, peraltro, costituisce un materiale indispensabile per l'elaborazione di Programmi Integrati Urbani (Piano Urbanistico Comunale, Piani Urbanistici Attuativi, Piani di Sviluppo Industriale e Produttivo, Piani Comunali o/o Intercomunali di Protezione Civile) e Extra-Urbani che si pongano come obiettivi operativi prioritari 1) la riqualificazione urbana e potenziamento della viabilità cittadina interna e periferica; 2) il potenziamento dei tracciati di connessione alle nuove centralità urbane; 3) la valorizzazione dei luoghi della memoria; 4) la compilazione di norme tecniche per la gestione delle emergenze;

- b) intervenendo sulle cause scatenanti -principali dei fenomeni, per esempio, mediante opere di bonifica e di risistemazione dei sottoservizi idrici e fognari;
- c) attraverso la razionalizzazione delle pratiche edilizie e di utilizzo del suolo, ad esempio, creando un Ufficio di Difesa del Suolo comunale ad hoc, gestito da un Geologo che operi sulle strategie che verranno meglio esplicate nella fase conclusiva dello studio;
- d) intervenendo direttamente sui fenomeni in atto o potenziali al fine di prevenire la loro riattivazione o limitare la loro evoluzione, verificando o consolidando le parti vulnerabili dei dissesti in cavità;
- e) riducendo gli elementi a rischio: tale strategia si esplica soprattutto in sede di pianificazione territoriale e di normativa, nell'ambito delle quali possono essere programmate le seguenti azioni:
- eventuale evacuazione di aree instabili e delocalizzazione di aree destinate ad impianti produttivi a forte incidenza nel sottosuolo od a carattere sociale;
 - interdizione o limitazione dell'espansione urbanistica in zone pericolose;
 - definizione dell'utilizzo del suolo più consono per le aree pericolose
- f) riducendo la vulnerabilità degli edifici: la vulnerabilità può essere ridotta mediante interventi di tipo tecnico, ad esempio, con il consolidamento degli edifici e con soluzioni di sottofondazione profonda, determinando in questo modo una riduzione della probabilità di danneggiamento della valore esposto (immobile e/o persone) oppure intervenendo sull'organizzazione sociale del territorio.

Nella Tabella 30 sono riportate le azioni di difesa del territorio, di tipo diretto ed indiretto, commisurate al livello di rischio o suscettibilità presente sull'area

SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO IPOGEO n $S = \sum_{i=1}^n \lambda_i * I_i * E * V$ i=1	INTERVENTI PER IL GOVERNO DEL TERRITORIO		
	STRUTTURALI	NON STRUTTURALI	
		PREVENTIVI	PIANIFICATORI
<p>SO- ASSENTE</p> <p>Aree di attenzione dove non sono state riscontrate presenze di dissesti in atto ma con possibilità di rinvenire propaggini di cavità o cavità occluse presenti soprattutto in zone confinanti con le aree già cavate, remote possibilità di modeste e locali cavità sepolte non ancora conosciute</p>		<p>Monitoraggio idrogeologico con la periodica ricognizione delle aree e censimento di eventuali dissesti di superficie</p>	<p>Indagini geologiche, del tipo diretto ed indiretto, per studi di carattere sia preliminare che di dettaglio, finalizzati ad accertare l'assenza di cavità nel sottosuolo (D.M. 14-1-2008 e s.m.i.)</p>
<p>S1- BASSA</p> <p>Area di attenzione da ritenersi potenzialmente stabile con bassa suscettibilità ai fenomeni di instabilità da crollo per presenza di bocche di cavità a volta integra o instabilità da cedimenti per presenza di bocche di cavità dove è avvenuta un'azione di contenimento e, ancora, per fini edilizi di un avvenuto irrigidimento del camino</p>	<p>Azioni di manutenzione periodica della rete sia fognaria che idrica, con il miglioramento dell'assetto della sede stradale, con piano di interventi prevalentemente concentrati in area urbana, monitoraggio idrogeologico e speleologico per il periodico controllo della staticità degli ambienti accessibili. Per le cavità-cantine ricadenti nei tre centri storici, sarà indispensabile effettuare frequenti operazioni di pulizia per consentire visite periodiche per il controllo delle condizioni statiche dei pozzi di luce e delle volte tufacee, la presenza di fenomeni di stillicidio, verifiche di stabilità</p>	<p>Monitoraggio Idrogeologico con la periodica rivisitazione delle aree dopo eventi pluviometrici dalla bassa intensità</p>	<p>Gli interventi edificatori dovranno prevedere studi e indagini geologiche di dettaglio finalizzati ad investigare il volume del sottosuolo cavato nel rispetto del D.M. 14-01-08 e smi, anche con l'uso della videoispezione, nei settori al confine con la zona dalle diverse insule di sistemi caveali che sono stati già individuati, nelle vicinanze degli occhi di monte o di dissesti anti-chi, entro una fascia di 6 metri dal limite delle cavità o delle grotte-cantine nei centri storici.</p>
<p>S2- MODERATA</p> <p>Area di attenzione dove sono state riscontrate le maggiori presenze di dissesti puntuali e areali, in ambito extra-urbano imputabili a pozzi delle cavità privi di adeguato rivestimento o lasciati al degrado geostatico, in ambito urbano, alla obliterazione degli accessi, in aree di non recente edificazione, dove insistono complessi edilizi a carattere residenziale che hanno occluso le cavità con riempimenti e pali, nelle cavità-cantine con presenza di un modesto stillicidio, blocchi di tufo asportato dalle pareti o cadute di materiale incoerente</p>	<p>Consolidamento o/e irrigidimento degli occhi di monte, manutenzione delle volte e delle pareti di tutti gli ambienti accessibili, eliminazione delle infiltrazioni d'acqua, pulizia e periodica verifiche di stabilità, colmata delle depressioni nelle aree cavate, consolidamento dei terreni nelle aree estrattive soggette ad una maggiore subsidenza, manutenzione periodica della rete fognaria e idrica, con miglioramento del manto stradale, specialmente in area urbana.</p>	<p>Monitoraggio Idrogeologico dei dissesti da dinamica quiescente nelle aree più esposte con la rivisitazione periodica dei luoghi dopo eventi piovosi di media intensità</p>	<p>Per ogni intervento, sia di carattere edificatorio che di tipo infrastrutturale saranno necessarie indagini geologiche e studi di dettaglio nel rispetto del D.M. 14-01-2008 e smi, con la redazione di uno studio di compatibilità del progetto con la risoluzione, anche in prospettiva sismica, delle problematiche del caso</p>
<p>S3- ALTA</p> <p>Area di maggiore attenzione dove sono state riscontrate le più alte presenze di dissesti areali in ambito urbano e extra-urbano imputabili a collassi di pozzi di cavità, anche inseriti in subsidenze più vaste, privi di rivestimento e non debitamente protetti, o impropriamente adibiti allo sverso di rifiuti e reflui; sistemi caveali in ambito extra-urbano, con calotte a luoghi poco degradate e con pozzi di accesso individuati e de-dotti da indagini di dettaglio, soggetti a rapi-da apertura per il crollo delle lamie di chiusura; cavità-cantine con pozzi di luce scarsamente condizionati e protetti, presenza di discenderie mal tenute, occluse totalmente o in parte da macerie e da fanghi di alluvionamento.</p>	<p>Irrigidimento di singoli o più occhi di monte di cavità e cavità-cantine, consolidamento delle volte e delle pareti di tutti gli ambienti accessibili, ripristino della funzionalità delle discenderie, rimozione di detriti e terreni dagli ipogei abbandonati, manutenzione periodica dei sotto-servizi idrici e fognari, di natura pubblica e privata. Interventi statico-risanativi di fabbricati poggianti su cavità</p>	<p>Monitoraggio Meteorologico e Idrogeologico, in previsione di eventi piovosi di significativa intensità, con predisposizione ed organizzazione di un piano di allerta</p>	<p>Per ogni intervento di carattere edificatorio che di tipo infrastrutturale saranno necessarie indagini geologiche e rilievi speleologici, nel rispetto del D.M. 14-01-2008 e smi ed anche con l'estensione dei benefici concessi dalle Leggi Regionali nn. 28775 e 20/76, finalizzati a stabilire la compatibilità e l'impatto del progetto con la stabilità delle aree</p>

<p>S4- MOLTO ALTA</p> <p>Area di alta attenzione dove sono state riscontrate e sono possibili ulteriori dissesti areali in ambito extra-urbano che siano impu-tabili -a collassi di ipogei per la presenza di infiltrazioni d'acqua in calotta e lungo pilastri di evidente snellezza o/e logorati da un carico non confinato, -a sistemi di cavità con calotte degradate, stillicidio persistente, pozzi di accesso non condizio-nati ed in stato di sgrottamento avanzato; - a pozzi di cavità singoli o a gruppi, recintati ed in degrado geostatico in aree a rischio idraulico elevato, -a cavità-cantine inaccessibili, con le discenderie crollate o/e oc-cluse da ingenti rifiuti e macerie.</p>	<p>Consolidamento dei pilastri e delle calotte delle cavità, condizionamento ed irrigidimento dei pozzi di cavità e delle cavità-cantine in precario equilibrio geostatico, ripristino delle discenderie, con rimozione di detriti e terreni dagli ipogei da tempo abbandonati, periodica manutenzione dei sottoservizi idrici e fognari, di natura pubblica e privata.</p> <p>Risanamento del sottosuolo di aree con presenza di cavità</p>	<p>Monitoraggio Metereologi-co e Idrogeologico, in pre-visione dell' accadimento di eventi piovosi forti e con-centrati, predisposi-zione ed organizzazione di un piano di emergenza</p>	<p>Per ogni intervento di carattere edificatorio che di tipo infrastrut-turale saranno necessarie indagini geologiche e geofisiche di dettaglio e speleologiche, nel rispetto del n D.M. 14-01-2008 e smi e anche con l'estensione dei benefici delle Leggi Regio-nali n. 28/75 e n. 20/1976, includen-do analisi di stabilità a breve, medio e lungo ter-mine, opere di riduzione della pericolo, compa-rabili con l'entità e l'impatto del pro-getto, studi specifici tendenti a quantificare il rischio residuo.</p>
---	--	--	---

Tabella 30 : Interventi di governo per la mitigazione del rischio da cavità sotterranee

Tra gli utili strumenti per la corretta pianificazione ed uso del territorio, si annoverano

a)-CATASTO IPOGEICO

Ogni intervento per la mitigazione del rischio cavità deve sempre prevedere la loro conoscenza accurata, pertanto, il database puntuale già esistente può essere sempre aggiornato con nuove evidenze, mappatura e restituzione digitalizzata in 2D-3D su piattaforma Gis, di rilievi accurati degli ambienti.

Ogni intervento per la mitigazione del rischio cavità deve sempre prevedere la loro conoscenza accurata, pertanto, il database puntuale già esistente può essere sempre aggiornato con nuove evidenze, mappatura e restituzione digitalizzata in 2D-3D su piattaforma Gis, di rilievi accurati degli ambienti.

b)-FASCICOLO DEL FABBRICATO

La Legge Regionale varata nel dicembre 2009, denominata Piano Casa della Campania, prevede, all'interno del rilancio del settore edile, della riqualificazione del patrimonio esistente e della prevenzione del rischio sismico, l'istituzione di un fascicolo del fabbricato in base al quale l'efficacia del titolo

abilitativo e subordinata alla valutazione della sicurezza dell'intero edificio che deve essere redatta nel rispetto del D.M. 14 gennaio 2008, Norme Tecniche per le Costruzioni e ss.mm. ii. e presentata presso il settore Provinciale del Genio Civile. Gli esiti della valutazione, abbinati ai certificati di collaudo, costituiscono il fascicolo unico contenente le informazioni di tipo geologico, progettuale, strutturale, impiantistico dell'edificio.

Il "Fascicolo del fabbricato" è uno strumento indispensabile ai fini del controllo del patrimonio edilizio e quindi della sicurezza statica degli immobili, diventando vitale proprio per la ricaduta sulla conoscenza dello stato di salute della sovrastruttura, dei terreni di fondazione, nonché della loro compatibilità strutturale con le opere fondali attraverso l'involuppo del volume delle tensioni indotte nel sottosuolo dalla sovrastruttura con l'analisi di eventuali cavità ipogee nelle profondità significative richieste. Queste attente valutazioni, fatte da un geologo professionista e di concerto con ingegneri strutturisti, vanno richieste nei casi di immobili condonati o comunque senza relazioni geologiche allegate alle autorizzazioni edili.

La documentazione richiesta richiede tra l'altro: 1-planimetrie e grafici che descrivano le caratteristiche dell'immobile e delle singole unità immobiliari al momento dell'istituzione del fascicolo con evidenziate le modifiche strutturali sopravvenute nel tempo, sia per l'intero immobile che per le singole unità: 2-caratteristiche del sottosuolo, da desumere dalla documentazione disponibile pubblicamente; 3- tipologia delle strutture di fondazione; 4- segnalazione di eventuali fenomeni di dissesto (crepe, fessure, etc...); 5- rispondenza a norma degli impianti, soprattutto quelli a rischio incendio; 6- giudizio sintetico circa il livello di degrado dell'immobile

Il Fascicolo del Fabbricato, oltre a dover essere aggiornato ogni 8 anni, potrà rappresentare una documentazione obbligatoria di riferimento per tutte le autorizzazioni e certificazioni previste dalle leggi urbanistiche, edilizie e di prevenzione incendi.

c) RISANAMENTO DEI CAVI E DELL' IMMEDIATO SOTTOSUOLO

La letteratura scientifica sull'argomento non è vastissima e l'argomento è molto delicato anche perché la presenza di cavità nel sottosuolo desta sempre estrema preoccupazione, anche perché ritenuto moltiplicatore di rischio in concomitanza di eventi tellurici (Sanò, 2010).

C'è da dire che teoricamente, e paradossalmente, un fabbricato costruito direttamente sul bedrock locale, integro e senza fessurazioni, con una cavità sottostante anch'essa integra, non avrebbe alcun problema, infatti, il raggio sismico non si trasmette nel vuoto ma solo nell'intorno della cavità, inoltre, non ci sarebbe nemmeno amplificazione locale, dovuta a diversa impedenza sismica, per l'assenza delle piroclastiti sovrastanti.

I casi reali, al contrario, sono diversi: un consistente spessore di piroclastiti, non coerenti, ricopre il bedrock tufaceo dell'Alto Nolano, amplificandone gli effetti sismici anche del 50% per particolari frequenze (nella fascia 3-15 Hz a seconda delle microaree territoriali della microzonazione sismica, molte chiavi di volta delle cavità possono essere così in sofferenza per le dispersioni dalle reti idriche e fognarie, a questo stato di cose, si vanno a sommare nel sottosuolo le tensioni indotte nei volumi significativi da parte di fondazioni dirette ed indirette delle costruzioni che insistono sugli ipogei.

L'approccio generale da seguire è sempre quello della "difesa del suolo" con tipologie di intervento che si differenziano in funzione delle cavità incontrata e del problema tecnico da risolvere, quali

- consolidamento finalizzato al recupero della cavità;
- consolidamento finalizzato alla sola stabilità del soprassuolo e delle eventuali opere incombenti sulla cavità;
- applicazione di carichi di manufatti sull'area della cavità;
- consolidamento dei pozzi scavati in pozzolana;
- stabilizzazione del sottosuolo per la presenza di cunicoli nelle pozzolane (tane di lapillo);

- Gli interventi che possono essere adottati sono i seguenti:
- riempimento della cavità
- opere di sostegno all'interno delle cavità;
- fondazioni che attraversano la cavità;
- rivestimento dei pozzi;
- bonifica del sottosuolo;
- miglioramento delle proprietà dei materiali;

Le cavità presenti nello strato tufaceo non andrebbero mai riempite, infatti, questa operazione si rivela anche dannosa al loro occultamento ed, pertanto, alla perdita dell'informazione storica. I materiali più frequentemente impiegati, costituiti da impasti di pozzolana e calce o calcestruzzi fluidi, si depositano quasi sempre sui pavimenti delle cave dove il detrito di lavorazione del tufo è molto compressibile e cede sotto i carichi del riempimento. L'intercapedine che si forma tra riempimento e volta deve essere poi intasata, dopo un tempo sufficientemente lungo, con opportune malte.

L'uso del solo calcestruzzo, fluido ad alta densità, è una soluzione obbligatoriamente da scartare per l'incremento inutile e pericoloso, calcolato fino al doppio, del peso insistente sul dente di tufo del tetto della volta della cavità lasciato dagli antichi cavamonti per sorreggere il peso delle piroclastiti sovrastanti e delle sovrastrutture edilizie, inoltre, per la creazione di inevitabili bolle d'aria, è importante conoscere con esattezza i volumi degli antri e le varie diramazioni delle gallerie perché la maggiore fluidificazione laterale della colata può danneggiare a distanza fondazioni indirette di fabbricati adiacenti. Per le cavità esistenti, soprattutto per quelle che presentano ancora accessi dalla superficie, sono auspicabili idonee politiche di recupero e consolidamento, incentivando un loro differente impiego, andrebbero svuotate dei materiali di risulta ed ispezionate periodicamente, sia per verificare la loro integrità che la loro sicurezza di edifici sovrastanti. Il miglioramento delle proprietà dei materiali appare l'intervento più idoneo a risolvere con sicurezza e rapidità il problema del consolidamento di una cavità, aggirando l'esecuzione di opere

di sostegno interne molto onerose e impegnative sotto l'aspetto tecnico, attualmente, gli studi sono indirizzati alla sostenibilità economica di un trattamento della roccia tufacea con polimeri che incrementano in modo rilevante la resistenza a compressione e trazione (Auricchio et al. 1985).

Si è già sottolineato nella descrizione degli scenari di rischio che nuovi carichi non possono essere trasmessi al sottosuolo al di sopra di cavità a causa delle precarie condizioni di quest'ultima, pertanto, vengono adottate fondazioni particolari (grandi pali trivellati con rivestimento metallico, robusti telai con pozzi, etc...) che attraversano interamente la volta trasmettendo i carichi stessi al di sotto di essa.

Una maggiore attenzione deve essere sempre rivolta ai detriti sul fondo della cavità che sono sensibili a variazioni del contenuto d'acqua e possono generare il fenomeno di attrito negativo sulle strutture di fondazione che li attraversano.

c) LA GESTIONE DI UN'EMERGENZA

Nella sottostante Tabella 31 si riportano le funzioni di supporto (F.S.) che devono essere attivate immediatamente in previsione di un evento idrogeologico, come una voragine improvvisa che interessi il manto stradale o strutture insediative, di intensità tale da attivare il Servizio di Protezione Civile Comunale e quelle che possono essere attivate in un secondo momento a seconda della necessità (Luongo G. et al., 2011)

Il tipo di evento è stato considerato "previsto" in quanto, sulla base della carta di suscettibilità al dissesto ipogeo dell'area, è un rischio conosciuto di origine antropica e le aree urbane potenzialmente a rischio sono state perimetrate nei documenti di pianificazione urbanistica (PUC). Inoltre, prima dell'innescare finale del fenomeno, si hanno spesso segnali visibili di dissesto in atto e/o delle cause scatenanti come avvallamenti stradali, lesioni agli fabbricati, perdite idriche, etc..., informazioni che vengono sovente segnalati dai cittadini. Ciò rende compatibili, se opportunamente schedati e valutati dai responsabili degli

Uffici Tecnici Comunali e dal responsabile dell'UPC, le fasi di allerta di "attenzione" e "preallarme". Nel caso di voragine avvenuta, si passa direttamente alla fase di "allarme".

TABELLA 32 : C.O.C. SALA OPERATIVA- FUNZIONI DI SUPPORTO

DA ATTIVARE IMMEDIATAMENTE	F.S. 1 : Tecnica Pianificazione
	F.S.4 : Risorse di Mezzi e Materiali
	F.S.7 : Censimento Danni a Persone e Cose
	F.S.8 : Strutture Operative Locali e Viabilità
DA ATTIVARE IN CASO DI NECESSITA'	F.S.2 : Sanità, Assistenza Sociale e Veterinaria
	F.S.3: Volontariato
	F.S. 6: Servizi Essenziali
	F.S.5: Telecomunicazioni
	F.S.9: Assistenza alla Popolazione

Nella DOCUMENTAZIONE N. 1 allegata alla Tesi di Dottorato sono custodite le schede con i compiti che le nove funzioni di supporto devono assolvere per affrontare un evento di una certa gravità.

Nei casi meno complessi, il dissesto provocato da una voragine, a seguito dello scavamento intorno all'occhio di cavità, provocato da perdite dei sottoservizi, rientra nei primi 5- 6 metri dal piano campagna .

Dal quadro fessurativo dei manufatti in elevazione eventualmente coinvolti si può risalire a ciò che è avvenuto in sotterraneo, ovvero avere una prima idea della problematica di specifico interesse.

Dopo i primi momenti di emergenza dei vigili del fuoco, con la perimetrazione dell'area a rischio e l'eventuale messa in sicurezza di persone ed edifici, i successivi interventi di recupero del dissesto dovrebbero prevedere nell'immediato, l'eliminazione delle cause, e quindi l'arresto dell'erogazione idrica ed il tamponamento di eventuali falle pluviali e fognarie, circuitandole al di fuori dell'area perimetrata e ricanalizzandole, ex novo e per il futuro, al di fuori dell'area dissestata, ornai a rischio. Bisogna poi provvedere a sigillare e impermeabilizzare l'area della voragine, per scongiurare peggioramenti del dissesto per l'arrivo di eventuali eventi piovosi nei giorni successivi.

Per il ripristino dell'area dissestata, fermo le indicazioni di carattere geotecnico più idonee e già affrontate per un chiaro programma di bonifica e

consolidamento, una soluzione complessiva che sia in linea con le dimensioni del fenomeno, una volta verificata la staticità, l'integrità e la buona tenuta di conservazione della cavità tufacea sottostante, potrebbe essere quella di:

- risagomare innanzitutto tutta l'area "sana" intorno alla voragine
- se la voragine ha interessato solo i primi metri di piroclastiti, a causa di un occhio di monte non rivestito, senza che sia stata intaccata la volta della cavità, sarebbe opportuno calare una gabbia chiusa in lamierino dal boccapozzo fino al pavimento della cavità in tufo, in modo da ripristinare ma in modo condizionato il precedente traforo, altrimenti, qualsiasi eventuale opera di riempimento sarà reso vano dal percolare del materiale attraverso il foro fino alla cavità sottostante tufacea che non si riempirà mai perché enorme ed invece deve restare libera ed ispezionabile;
- perimetrarla con paratie di pali, ancorandoli ed innestandoli in sicurezza fino alla quota del pavimento, superandola di almeno un paio di metri, del pavimento.

Tale soluzione avrebbe la doppia funzione di

- essere necessaria al contenimento laterale dei terreni sani, soggetti a spinte orizzontali provocate dalle opere fondali dei fabbricati adiacenti, oltre a quelle naturali, stratigrafiche, incrementanti con la profondità;
- servire da sostegno per una eventuale piattabanda orizzontale a copertura della cavità per la successiva ripavimentazione stradale o del ripristino originario dei luoghi, se si vuole evitare il riempimento; si userà l'accortezza di creare nella piattabanda un tombino per ispezioni periodiche della tenuta della cavità sottostante e della tenuta dei pali.

Naturalmente si deve lavorare sulla prevenzione e mirare ad interventi ispettivi periodici delle cavità alla ricerca di segni premonitori di dissesti e di infiltrazioni d'acqua.

Le ispezioni periodiche, infatti, consentono di scegliere gli interventi ed i trattamenti specialistici, spesso meno costosi dei riempimenti indiscriminati

che, variamente combinati in funzione dei dissesti e della classe di propensione al dissesto della cavità, potranno prevedere:

- arco di terreno consolidato mediante iniezioni di miscele cementizie o gel di silice nei terreni sciolti posti a tetto del banco di tufo, in caso di assenza di volta di tufo o in presenza di volta di modesto spessore e/o lesionata;*
- *infilaggi meccanici per sostenere le bancate di tufo fratturate*
- *posa in opera di centine metalliche con relativo strato di spritz-beton armato con rete elettrosaldata posto a tergo delle centine stesse;*
- *ripristino e risanamento del rivestimento delle cavità ipogee e dei pozzi (occhi di monte e pozzi idrici)*

CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il territorio nolano su cui si è concretizzata l'attività di ricerca, per propria conformazione geomorfologica, geolitologica, litostratigrafica ed idrografica, presenta singolari situazioni ambientali aventi pericolosità intrinseca a causa della presenza di diffuse cavità antropiche in tufo che possono tramutarsi in rischio per la comunità sia in termini finanziari che di sicurezza fisica.

Le cavità antropiche presenti tra i Comuni di Casamarciano, Tufino e Comiziano, infatti, sono all'origine di una ampia casistica di dissesti connessi all'azione maldestra di estrazione della roccia tufacea, ma aggravati dall'influenza di fattori di tipo geologico ed antropico che progressivamente minacciano le condizioni di stabilità del sistema sotterraneo.

Scopo della presente tesi di dottorato è stato produrre una carta del rischio della suscettibilità al dissesto indotto da questi ipogei applicando una matrice concettuale che mettesse in relazione gli elementi di pericolo che sono alla base del collasso dei pozzi di accesso con gli elementi di vulnerabilità territoriale.

Il primo passo della ricerca è stato quello di reperire una notevole mole di informazioni tecniche che consentisse di possedere un quadro aggiornato dell'incidenza del problema, facendo leva sugli archivi degli enti comunali, pubblici, privati e liberi professionisti, sino alla costituzione di un database contenente un numero di 650 punti di accesso a sistemi di cavità urbane e extra-

urbane, le mappe di gran parte degli ipogei rilevati, l'elenco dettagliato delle voragini, dissesti areali, aree risanate, cave, ma anche elementi stratigrafici, idrogeologici e geotecnici relativi a circa 200 perforazioni e ad un numero cospicuo di tests penetrometrici all'interno del territorio e di aree circostanti.

Relativamente al contesto urbanistico, sono state acquisite le informazioni circa la distribuzione delle reti tecnologiche gerarchicamente più importanti, nonché sullo sviluppo antropico dell'area con la conseguente analisi sulle tipologie costruttive, con specifico riferimento alle tipologie di fondazione più diffuse.

Lo studio sistematico delle informazioni ha chiarito l'incidenza di queste criticità portando alla produzione di varie carte tematiche del sottosuolo ed alla messa in campo di interventi di riqualificazione ambientale dell'area.

La valutazione del dissesto sotterraneo, basato sulla stima medio-pesata di indicatori di pericolo aderenti al meccanismo di insorgenza dei dissesti puntuali, configurabili come "anthropogenic sinkholes", indica che le zone maggiormente predisposte coincidono con quelle a rischio idraulico R3-R4 dove si localizzano sistemi di cavità con elementi interni e/o esterni in precario equilibrio geostatico.

Sino ad oggi gli interventi di risanamento delle voragini da sprofondamento sono stati dettati dalle contingenze dell'emergenza in area urbana aggravando la dissennata eliminazione in superficie di manufatti e morfologie riconducibili alla presenza delle cavità nel sottosuolo.

Rimane l'annoso problema associato all'inquinamento del sottosuolo che, proprio a seguito di mancate politiche comunali di difesa del suolo, diventa luogo di scarico di materiali inquinanti di vario tipo, che compromettono il delicato equilibrio del sistema ipogeo e della salute pubblica.

Per quanto possa essere stato complesso ed articolato il lavoro predetto, è importante affermare che solo il rilevamento sistematico e la valutazione della stabilità locale e globale dei sistemi caveali, con particolare riguardo anche all'interazione con gli edifici poggianti in posizione marginale o direttamente sugli stessi o, ancora, per le strutture da realizzare, potrà rendere più sicuro il

territorio intercomunale affetto da questo problema. Altro aspetto da non sottovalutare è il graduale abbandono delle grotte-cantina che porta ad una mancanza di manutenzione di questi ambienti che, in un'ottica di ripristino come luoghi della memoria o delle antiche tradizioni vitivinicole, ma anche come geositi con percorsi museali dell'antico mestiere del cavamonte, possono aumentare le condizioni di sicurezza dei luoghi.

Tra le migliori proposte suggerite ed adattabili anche al territorio nolano, tratte dal rapporto della 13 Commissione di Studio del Sottosuolo Napoletano 65[^] seduta pomeridiana del 29-01-97, sono da ritenersi un'ottima base di partenza per qualsiasi intervento di riqualificazione o restauro ambientale dell'area:

- creazione di un ufficio intercomunale di difesa del suolo sul rischio ipogeo, con sede presso l'Agenzia di Sviluppo dell'Area Nolana, con competenze geologico-geotecniche e di ingegneria civile che controlli e coordini tutti gli interventi nel sottosuolo e che centralizzi la conoscenza sui sistemi di distribuzione dei sottoservizi in correlazione con la geologia ed il soprassuolo facendo uso di supporti informatici;
- obbligo di eseguire studi geologici e geognostici di dettaglio per tutti gli interventi di edilizia privata e pubblica e nei siti in cui avviene uno sprofondamento o sono effettuati interventi di riparazione di vario tipo;
- ordinanze in materia di riordino territoriale ed ambientale dell'area urbana con completamento della carta di vulnerabilità urbana e proposte di restauro ambientale e non solo urbanistico;
- emanazione di ordinanze che obblighi i privati e le pubbliche istituzioni a denunciare la presenza di eventuali e nuove cavità nel sottosuolo delle aree di proprietà o competenza;
- realizzazione di un sistema di monitoraggio pluviometrico continuo delle aree a maggior rischio da dissesto capace di segnalare e localizzare in tempo nuovi collassi di pozzi di accesso alle cavità;
- realizzazione di un sistema di monitoraggio continuo delle reti idriche che segnali e localizzi le perdite del sistema in tempo utile, sino ad individuare

eventuali rapporti causa-effetto tra i dissesti delle condutture e gli sprofondamenti ipogei e viceversa;

- realizzazione di un sistema di controllo ambientale delle aree con presenza di cavità sotterranee al fine di perseguire ogni abuso che si concretizzi nello sverso profondo di rifiuti impropri e dannosi;

- realizzazione di un sistema di monitoraggio satellitare mediante l'installazione di punti bersaglio da sottoporre a periodica osservazione satellitare con la tecnica PSinSAR in siti campione dove è significativo il rischio da dissesto ipogeo con il fine di migliorare la metodologia di previsione;

- realizzazione di una mappa geologica-strutturale strumentale su supporto informatico che accolga nuovi dati sullo stato di conservazione delle cavità esistenti, rilevamenti speleologici, etc.....;

- elaborazione di progetti di risanamento dei cavi sotterranei o del ripristino ad uso agro-enologico che siano "replicabili" anche in altri ambiti provinciali interessati dalla stessa problematica;

- elaborazione di materiale informativo didattico, adattato a tutti i tipi di scuola, al fine di educare ad una maggiore consapevolezza dei problemi connessi con il sottosuolo.

In conclusione, l'avvenuta costituzione di una valida Banca-Dati delle Cavità Antropiche del Nolano, di supporto logistico alle Istituzioni Regionali di Difesa del Suolo (Autorità di Bacino), di Ricerca (ARPAC, ISPRA) e di Emergenza d'Ambito (VV.FF. e Protezione Civile Comunale) pone buoni auspici per iniziative di riqualificazione del territorio compatibili con le sfide di sviluppo che l'attendono.

ABBREVIAZIONI E BIBLIOGRAFIA

ACC = Archivio Comunale di Comiziano

ASC = Archivio di Stato di Caserta

ASN = Archivio di Stato di Napoli

ASDN = Archivio Storico Diocesano di Nola

AGC = Indice delle Deliberazioni del Consiglio Comunale di Comiziano

ASC = Affari Comunali, Casamarciano

AAA = Articoli dai quotidiani e periodici diffusi nel Nolano tra il 1973- 2011

[1] AGIP (1987) - *Geologia e geofisica del sistema geotermico dei Campi Flegrei*. Int. Report, 17

[2] Almagià, R., (1913)- *Il Napoletano nelle "Tavole Nuove"*, in "Archivio Storico per le Province Napoletane", Società Napoletana di Storia Patria, n.37 , fasc. IV, p. II, cap. I, pp. 318-319

[3] Amaud & Emery, 2000: *Estimation et interpolation spatiale*, Hermes Science, Paris

[4] Annali delle Bonificazioni Vol. I, Stamperia del Vaglio, 1858 Napoli

[5] Armstrong, M., 1998. *Basic Linear Geostatistics*. Springer Verlag, Berlin

[6] Aprile, F, Ortolani, F., (1978) - *Nuovi dati sulla struttura profonda della Piana Campana a Sud Est del Fiume Volturno*. Boll. Soc. Geol. It., **97**, pp. 591-608

- [7] Aprile, A., Ortolani, F., (1985)- *Principali caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei depositi superficiali della Piana Campana*: Boll. Soc. Geol. Ital. Vol. 104, pp. 195-206
- [8] Aprile F., Toccaceli R., M., (2002) - *Nuove conoscenze sulla stratigrafia e distribuzione dei depositi ignimbratici quaternari nel sottosuolo della Piana del Sarno (Salerno-Campania) - Italia Meridionale*. Il Quat. **15** (2), pp. 169-174
- [9] Aprile, F., Sbrana, A., Toccaceli R.,M., (2004) - *Il ruolo dei depositi piroclastici nell'analisi cronostratigrafica dei terreni quaternari del sottosuolo della Piana Campana (Italia Meridio-nale)*, Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences, 17(2/1), 2004. pp. 547-554
- [10] AA.VV., 2004: *Catasto delle cavità sotterranee nella Provincia di Napoli*. Database Access ed Arc View. SIT Provincia
- [11] Arrighi, S., Principe, C., Rosi, M., (2001) - *Violent Strombolian and subplinian eruptions at Vesuvius during post-1631 activity*. Bulletin of Volcanology, 63, pp. 126-150
- [12] Aulinas, M., Civetta, L., Di Vito, M.,A., Orsi, G., Gimeno, D., (2008) - *The Plinian Pomice di Mercato eruption of Somma-Vesuvius: Magma chamber processes and eruption dynamics*, Bulletin of Volcanology, 70, pp. 825-840
- [13] Auricchio, S., Evangelista, A., Nicolais, L., (1985) - *Il comportamento meccanico del tufo trattato con polimeri*, in "La Rivista Italiana di Geotecnica, a. XIX n.2

- [14] Avella, L., (1997)- *Fototeca nolana. Archivio di immagini dei monumenti e delle opere d'arte della città e dell'agro*. Nola 4. Territorio nord-est, Istituto Grafico Editoriale Italiano, Napoli
- [15] Avella, L., (2006)- *Cartografia nolana - La Città di Nola e il suo "Ager" nelle carte topografiche antiche e moderne, edite, inedite e ipotetiche*, IGEI Editore, Napoli
- [16] Aversa, S., Lagioia R., (2000) - *Panel report: Model requirements and design criteria for soft rocks*, in *The Geotechnics of Hard Soils- Soft Rocks*, Evangelista & Picarelli (eds), Balkema, Rotterdam, I
- [17] Aversa, S., Evangelista, A., (1998) - *The Mechanical Behaviour of a Pyroclastic Rock: Yield Strength and "Destructuration" Effects*, *Rock Mechanics and Rock Engineering*, **31** (1), pp. 25-42.
- [18] Aversa, S., Evangelista, A. Ramondini, M., (1991), "*Snervamento e resistenza a rottura di un tufo a grana fine*", *Atti del II Convegno dei Ricercatori del GN. CSIG del CNR, Ravello 1*, 3-22.
- [19] Aveta, A., (1987) - *Materiali e Tecniche tradizionali nel Napoletano, Note per il restauro architettonico*, L'Arte Tipografica, Napoli
- [20] Aprile, F., Sbrana, A., Toccaceli R.,M., (2004) - *Il ruolo dei depositi piroclastici nell'analisi cronostratigrafica dei terreni quaternari del sottosuolo della Piana Campana (Italia Meridionale)*, *Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Sciences*, 17(2/1), 2004. pp. 547-554
- [21] Barberi, F., Innocenti F., Lirer L., Munno, R., Pescatore, T., Santacroce, R., (1978) - *The Campanian Ignimbrite: a major prehistoric eruption in the Neapolitan area (Italy)*, *Bull. Volcanol.*, **41** (1), pp. 1-22

- [22] Barberi, F., Cassano, E., La Torre, P., Sbrana, A., (1991) - *Structural evolution of Campi Flegrei caldera in light of volcanological and geophysical data*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 48, pp. 33-50.
- [23] Barberi, F., Innocenti, F., Lirer, L., Munno, R., Pescatore, T., Santacroce, R., (1978) - *The Campanian Ignimbrite: a major prehistoric eruption in the Neapolitan area (Italy)*. Bull. Volcanol. 41 (1), pp. 1-22.
- [24] Bard, E., Hamelin, B., and Fairbanks, R.,G., (1990) - *U-Th ages obtained by mass spectrometry in corals from Barbados: sea level during the past 130.000 years*, Nature, 346, pp. 456-458
- [25] Barton, N., R., (1973) - *Review of a new shear strength criterion for rock joints*, Engineering Geology, Elsevier, 7; pp. 287-332
- [26] Barton, N., Lien, R., and Lunde, J., (1974) - *Engineering classification of rock masses for the design of rock support*, Rock Mechanics 6, pp. 189-236
- [27] Bellucci, F., (1992) - *Nuove conoscenze stratigrafiche sui depositi vulcanici presenti nel sottosuolo del settore meridionale della Piana Campana*, Tesi di Dottorato, Università di Napoli "Federico II"
- [28] Bellucci Sessa, E., Calcaterra, D., Del Giudice, G., Farina, L., Ramondini, M., Vilardo, G., (2006) - *Verso un Sistema Informativo Geografico integrato per la valutazione della suscettibilità al dissesto del territorio di Napoli*, Questioni di Ingegneria, Scritti in onore di Arturo Pellegrino, Hevelius Edizioni, Benevento.
- [29] Bellucci Sessa E., Calcaterra D., Del Giudice G., Farina, L., Ramondini M., Vilardo, G., (2005), *Una metodologia sistemica per lo studio del dissesto idrogeologico del Comune di Napoli*, 9^a Conferenza annuale ASITA, Catania

- [30] Beniawsky, Z.,T., (1973) - *Engineering classification of jointed rock masses*, Tran. S. African Instu. Civ. Engrs., Vol. 15 No 12, Dec. 1973, pp. 335-344
- [31] Beniawsky Z.,T., (1978) - *Determining Rock Mass Deformability: Experiences form Case Histories*, Int. J. Rock. Mech. Min. Sci. & Geomech., Great Britain, Abstr., 15, pp. 237-247
- [32] Beniawsky, Z.,T., (1979) - *The Geomechanics Classification in Rock Engineering Applications* 4th ISMR Intern. Congr., 2; pp. 41-48 Montreaux
- [33] Beniawsky, Z.,T., (1979) - *Rock Mechanics Design in Mining and Tunneling*, A.A. Balkema 272 pp., Rotterdam
- [34] Bianchini, L., (1839) - *Della Storia delle Finanze del Regno di Napoli*, vol. III, Palermo
- [35] Bocchino, B., (2010) - *Rilievi di sistemi caveali alle località Contrada "Cesina" (Tufino-Na) ed alla Località "Taverna" (Casamarciano- Na)*, su gentile concessione dell'Autore
- [36] Bohrsen, W., A., Spera, F. J., Fowler, S., J., et al., (2006) - *Petrogenesis of the Campanian Ignimbrite: implications for crystal-melt separation and open system processes from major and trace elements and Th isotopic data*. In: *Volcanism in the Campania Plain: Vesuvius, Campi Flegrei, Ignimbrites* (B. De Vivo, ed). Elsevier, *Developments in Volcanology*, 9, pp. 249-288.
- [37] Borri, R.. (2004) - *L'Italia nell'antica cartografia (1477-1799)*, cd Priuli e Verlucca, Pavone Cavanese

- [38] Brancaccio, L., Cinque, A., Romano, P., Roskopf, C., Russo, F., Santangelo, N., Santo A., (1991) - *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the tyrrhenian flank of the southern Apennines (region of Naples, Italy)*. Z. Geom. **82**, Suppl. Bd., pp. 47-58
- [39] Bravi, S., Civile, S., Martino, C., Putignano, M., L., (2006)- *La struttura di interferenza nei carbonati mesozoici della dorsale di Monte Fellino (Appennino Campano)*, Boll. Soc. Geol. It. 125, pp. 105-116
- [40] Broili, L., (1988) - *Caratteristiche descrittive, qualitative e quantitative degli ammassi rocciosi, con particolare riguardo alle discontinuità naturali*, Atti 2° Ciclo Conferenze Mecc. e Ing. Delle Rocce, Torino, 3, pp. 1-27
- [41] Buccaro A., De Seta, C., (2009) - *I centri storici della Provincia di Napoli: struttura, forma, identità urbana*, ESI, Napoli
- [42] Buchignani, V., Leva, D., Nico, G., Rivolta, C., (2004) - *Interferometria SAR da terra per il monitoraggio di un fenomeno di sprofondamento (sinkhole) in Toscana*. 1° Seminario sullo Stato dell'Arte sullo studio dei fenomeni di sinkhole e ruolo delle Amministrazioni Statali e Locali nel governo del territorio, APAT, Roma 20-21 Maggio
- [43] Budetta P., Celico P., Corniello A., De Riso R., Ducci D. & Nicotera P. (1994) - *Carta idrogeologica della Campania alla scala 1:200.000*. Memoria illustrativa, 4° Convegno Internazionale Geoingegneria, Torino, pp. 565-586.
- [44] Caiazza, D., (1986) -. *Archeologia e Storia Antica del Mandamento di Pietramelara e del Montemaggiore*, I, Preistoria e Età Sannitica, I, Pietramelara (CE).

[45] Calcaterra, D., Cappelletti, P., Langella, A., Morra, V., De Gennaro, R., Colella, A., (2000) - *The building stones of the ancient centre of Naples (Italy): the Piperno from Phlegrean Fields*. Contributions to the knowledge of features of a long-time used stone. *Journal of Cultural Heritage*1, pp. 415-427

[46] Calcaterra, D., Esposito, A., Fuschini, V., Galluccio, F., Giulivo, I., Nardò, S., Russo, F., Terranova, C., (2009) - *L'utilizzo della tecnica PSinSAR per l'individuazione ed il monitoraggio di sinkholes in aree urbanizzate della Campania: i casi di Telese Terme (BN) e Sarno (SA)* 2° Workshop Internazionale "I Sinkhole. Gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato ISPRA, Roma 3-4 Dicembre 2009 Serie Atti ISBN 978-448-0400-8

[47] Capolongo, D., (1969) - *Studio ecologico delle cantine del Napoletano*, Bollettino della Società Entomologia Italiana, Volume XCIX-CI, N. 9-10, pp. 194-205

[48] Capolongo, S., (2008)- *Voragini in ambito urbano, Dinamiche Evolutive ed analisi di Stabilità nella gestione dell'emergenza*, Ministero dell'Interno - Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile, V corso Vicedirettore, 28 Maggio 2007- 29 Febbraio 2008

[49] Cappelletti, P., Cerri, G., Colella, A., De Gennaro, M., Langella, L., Perrotta A. and Scarpati C., (2003)- *Post-eruptive processes in the Campanian Ignimbrite*, *Mineralogy and Petrology*; 79, pp. 79-97

[50] Carrara, E., Rapolla, A., & Roberti, N., (2012) - *I metodi geoelettrico e sismico per le indagini superficiali del sottosuolo*, Collana Geofisica dell'ambiente e del territorio, Liguori Editore, Napoli

[51] Carrara, A., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., (1995) - *Gis Technology in mapping landslide hazard*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 1995, pp. 135-175

- [52] Cascini, L., Ferlisi, S., Peduto, D., Di Nocera, S., Fornaro, G., Serafino, F., (2007a) – *A land subsidence study via DInSAR technique over large urbanized areas*- Proceeding of urban Remote Sensing Joint Event, 2007 April 2007, ISBN: 1-4244-0712-5
- [53] Cascini, L., Ferlisi, S., Fornaro, G., Peduto, D., Manunta M., Zeni, G., (2007b) – *Low and high resolution differential interferometry monitoring of the Sarno urbanized areas*. Proc. of Urban Remote Sensing Joint event, 2007 April 2007, ISBN: 1-4244-0712-5
- [54] Cascini, L., Ferlisi, S., Peduto, D., Fornaro, G., Manunta, M., (2007c) – *Analysis of a subsidence phenomenon via DInSAR data and geotechnical criteria*. Rivista Italiana di Geotecnica, 41 (4), pp. 50-67
- [55] Cascini, L., Ferlisi, S., Fornaro, G., Lanari, R., Peduto, D., Zeni G., (2006)- *Subsidence monitoring in Sarno urban area via multitemporal DInSAR technique*, International Journal of Remote Sensing, 27(8), pp. 1709-1716
- [56] Cavallari, G.,B., (1602) – *De morbo epidemiali, qui Nolum et Campaniam universam vexavit. Curatius et Praeservatius. Discursu*, Napoli, Iacobum Carlinu, Typographum.
- [57] *Catastu Generale Unitatis Terre Casamarciani*, ASN, 1755 Atto d'Ordine da 927 a 930
- [58] *Catasto Onciario di Cumignano e Gallo*, ASN, 1754, Atto d'Ordine 927
- [59] *Catastu Tufini et fraziones*, ASN, 1746, 1753-1754 Atto d'Ordine 1074-1075, 1051,1079-1080

- [60] Celico, F., Celico, P., Esposito, L., Guadagno, F., M., Habetswallner, F., Mele, R., (1995) - *Sull'evoluzione idrogeologica dell'area del Sebeto (Campania)*, Atti del I Convegno del Gruppo Nazionale di Geologia Applicata con la partecipazione dell'I.A.E.G. Sezione Italiana "La Città Fragile in Italia, Volume XXX, pp. 589-604
- [61] Cherubini, C., (1991): *Valutazione probabilistica della stabilità di cavità superficiali in un ammasso di roccia tenera*, in *La Meccanica delle rocce a piccola profondità*, AMS Torino
- [62] Chiarelli, M., (2009) - *L'arte del costruire gallerie*, UNI Service
- [63] Cinque, A., Patacca, E., Scandone, P., Tozzi, M., (1993) - *Quaternary kinematic evolution of the southern Apennines. Relationship between surface geological features and deep lithospheric structures*. *Ann. Geofis.* **36** (2), pp. 249-259
- [64] Cioni, R., Santacroce, R., Sbrana, A. (1999) - *Pyroclastic deposits as a guide for reconstructing the multi-stage evolution of the Somma-Vesuvius caldera*. *Bull. of Volcanology*, 60, pp. 207-222
- [65] Cioni, R., Sulpizio, R., Garruccio, N., (2003) - *Variability of the eruption dynamics during a Subplinian event: the Greenish Pumice eruption of Somma-Vesuvius (Italy)*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 124, pp. 89-114.
- [66] Ciotoli, G., Finoia, M.G., (2010), *Dalla Statistica alla Geostatistica*, Aracne Editore
- [67] CI.R.AM., (1998) - *Analisi dell'ambiente fisico ed antropizzato, individuazione e definizione dei rischi naturali*, Università degli Studi "Federico II" di Napoli

- [68] Civetta, L., Orsi, G., Pappalardo, L., Fisher, R. V., Heiken G., Ort, M., (1997) - *Geochemical zoning, mingling, eruptive dynamics and depositional processes- the Campanian Ignimbrite, Campi Flegrei, Italy*, J. Volcanol. Geotherm. Res., J. Volcanol. Geotherm. Res., vol. 75, pp. 183-219
- [69] Civita, M., De Medici, G., De Riso, R., Nicotera, P. & Nota D'Elogio, E., (1973)- *Memoria descrittiva della carta idrogeologica della Campania nord-occidentale*. Atti II Conv. Int. Acque Sott., Palermo, pp. 1-39
- [70] Civita, M., De Riso, R., & Nicotera, P., (1970) - *Sulla struttura idrogeologica alimentante le sorgenti del Fiume Sarno e le falde pedemontane profonde della parte sud- orientale della Conca Campana*, Atti Conv. Int.. Acque Sott., Palermo, pp. 341-377
- [71] Gérard Chouquer, G., Clavel-Lévêque, M., Favory, F., Vallat, J.P., (1987) - *Structures agraires en Italie Centro-Méridionale. Cadastres et paysage ruraux*, Collection de l'Ecole Française de Rome -100, Roma.
- [72] Cluver, P., (1624) - *Italiae antiquae*, tomus secundus, Liber tertius et quartus, "Latium, Priscum, Rutelis, Hernicis , Ausonibus /Campania, Piacentini Samnium, Hirpini, Frentani, Apulia, Calabria, Lucania, Brutii.
- [73] Colella, A., Calcaterra, D., Cappelletti, P., Langella, A., Papa, L., De Gennaro, M., (2009) - *I tufi zeolitizzati nell'architettura della Campania*, In: Cuzzolin, M., (Ed.), *La diagnostica per il restauro del patrimonio culturale*, Napoli, pp. 327-341.
- [74] Colesanti, C., Ferretti, A., Prati, C., (2003) - *Monitoring landslides and tectonic motions with the permanent scatterers technique*, Eng. Geol., 68 (1); pp. 3-14

- [75] Colombi, A., Nolasco, F, (2004) - *Il rischio sinkhole nella Regione Lazio. Quadro normativo e prospettive future*. Convegno "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
- [76] Consiglio Superiore LL.PP., (1889) - *Il Piano Generale dell'Agro Nolano ed suoi Torrenti* Collezione Prefettura, Contratti, ASC, fasc. 519
- [77] Corazza, A., (2004 a) - *Il rischio dei fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile*. Atti del Convegno "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkhole e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio", Roma 20-21 maggio 2004, pp. 319-330
- [78] Corazza, A., (2004 b) - *Censimento dei dissesti dovuti a cavità sotterranee in Italia. La scheda di rilevamento*. Atti del Convegno "Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkhole e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio", Roma 20-21 maggio 2004, pp. 307-318
- [79] Corazza, A., Mazza, R., Bertuccioli, P., Putrino, P., (2002) - *Il Progetto "Cavità": Analisi del rischio dovuto a cavità sotterranee*. Atti dei Convegni Lincei, XIX Giornata dell'Ambiente "Il dissesto Idrogeologico, Inventario e prospettive", Roma 5 giugno 2001, pp. 355-363
- [80] Cornell, W., Carey, S., Sigurdsson, H., (1983) -. *Computer simulation of transport and deposition of the Campanian Y-5 ash*, J. Volcanol. Geotherm. Res. 17, pp. 89-109
- [81] Cozzolino, L., (2012) - *Rilievo di un sistema caveale alle località Contrada "Cesina", nel Comune di Tufino (Na)*, su gentile concessione dell'Autore

- [82] Deere, D., U., (1968) - *Geological considerations. Rock Mechanics in Engineering Practice*, eds, K.G. Stagg and O.C. Zienkiewicz, John Wiley & Sons, London 1968, pp. 1-20
- [83] De Gennaro, M., Colella, C., (1991) - *The critical role of temperature in the natural zeolitization of volcanic glass*. Neues Jahrb. Mineral. Mon. 8, pp. 355-362.
- [84] De Gennaro, M., Colella, C., Franco, E., Stanzione, A., D., (1988) - *Hydrothermal conversion of trachytic glass into zeolite. 1. Reactions with deionized water*. Neues Jahrb. Mineral. Mon. 4, pp. 149-158.
- [85] De Gennaro, M., Colella, C., Pansini, M., (1993) - *Hydrothermal conversion of trachytic glass into zeolite. 2. Reactions with high-salinity waters*. Neues Jahrb. Mineral. Mon. 3, 97 - 110.
- [86] De Gennaro, M., Colella, C., Pansini, M., Langella, A., (1992) - *Reconstruction of a natural zeolitization process through laboratory simulations*, in: von Ballmoos R., Higgins J.B., Treacy M.M.J. (Eds.), Ninth International Zeolite Conference, Butterworth-Heinemann, Boston, 2, pp. 207-214.
- [87] De Gennaro, M., Langella, A., Cappelletti, P., Colella, C., (1999) - *Hydrothermal conversion of trachytic glass to zeolite. 3. Monocationic model glasses*. Clays Clay Miner. 47 (3), pp. 348-357.
- [88] De Gennaro, M., Franco, E., Langella, A., Mirra, P., Morra, V., (1982) - *Le phillipsiti dei Tufi Gialli del Napoletano*. Period. Mineral. 51, pp. 287-310
- [89] De Gennaro, M., Petrosino, P., Conte, M.T., Munno, R., Colella, C., (1990) - *Zeolite chemistry and distribution in a Neapolitan yellow tuff deposit*. Eur. J. Mineral. 2, pp. 779-786.

- [90] De Gennaro, M., Adabbo, M., Langella, A., (1995a) - *Hypothesis on the genesis of zeolites in some European volcanoclastic deposits*, in: Ming D.W., Mumpton F.A. (Eds.) *Natural Zeolite 93*. Brockport, New York, pp. 51-67.
- [91] De Gennaro, M., Colella, C., Langella, A., Cappelletti, P., (1995b) - *Decay of Campanian Ignimbrite stoneworks in some monuments of the Caserta area*. *Science and technology for cultural heritage* 4, pp.75-86.
- [92] De Gennaro, M., Langella, A., (1986) - *Italian zeolitized rocks of technological interest*. *Mineral. Deposita* 31, pp. 452-472.
- [93] De Gennaro, M., Franco, E., Rossi, M., Langella, A., Ronca, A., (1987) -. *Epigenetic minerals in the volcanoclastic deposits from central-southern Italy: a contribution to zeolite genesis*, *Rend. Accad. Sc. Fis. Mat., Special Issue, Liguori, Naples, 1987*, pp. 107-131.
- [94] Deino, A., Orsi, G., De Vita, S., Piochi, M., (2004) - *The age of the Neapolitan Yellow Tuff Caldera-forming eruption (Campi Flegrei caldera - Italy) assessed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating method*. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 133, pp. 157- 170
- [95] De Luzio, G., (2004) - *Rilievo geostrutturale di un sistema caveale nel territorio del Comune di Casamarciano (Na) alla Strada Provinciale n.68, su gentile concessione dell'Autore*
- [96] De Mello, V.,F.,B., (1971) - *The Standard Penetration Test*. SOA Report, Proc. IV Panamerican Conf. on SMFE, San Juan, Puerto Rico
- [97] Del Prete, S., Parise, M., (2007) - *L'influenza dei fattori geologici e geomorfologici sulla realizzazione di cavità artificiali*, *Opera Ipogea, Storia Cultura Civiltà Ambiente*, n. 2/2007, 11-24

- [98] Del Prete, S., (2009) - *Speleologia in Cavità' Artificiali della Campania, in "Geologi", Periodico dell'Ordine dei Geologi della Regione Campania, nn.25/26*
- [99] Del Prete, S., Bocchino, B., (1999) - *Sul rinvenimento di una cava di tufo nel comune di Lusciano (Caserta). Opera Ipogea, n. 3, pp. 51-58.*
- [100] De Paola, F., Ducci, D., Giugni, M., (2011) - *La definizione delle aree sensibili alla desertificazione (ESAs) nel bacino del Fiume Tusciano, L'Acqua, n.5, pp. 9-24,*
- [101] De Rosa, P., (2011) - *La gestione dell'ambiente e del territorio e la "Metodica De Rosa", Simple Edizioni*
- [102] Desai, M., D., (1970) - *Subsurface, Exploration by Dinamic Penetrometers, Nasal Pub. & Printers, Surat, 171 pp.*
- [103] De Silva, F.,C., (1692) - *Campagna Felice, Rappresentazione degli acquedotti e dei corsi d'acqua che attraversano la Terra di Lavoro, in Accuratissima e Nuova Delineazione del Regno di Napoli, con le sue province distinte al sommo merito dell'Altezza Serenissima Cosimo III Gran Duca di Toscana, stampata da A. Bulifon*
- [104] De Vivo, B., Rolandi, G., Gans, P.,B., Calvert, A., Bohron,W., A., Spera F.,J., Belkin, H.,E., (2001) - *New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campanian volcanic Plain (Italy), Mineralogy and Petrology, Vol. 73, pp.47-65*
- [105] D'Elia, C., (1994), *Bonifiche e Stato nel Mezzogiorno (1805-1860)*, ESI
- [106] Di Girolamo, P., (1970)- *Differenziazione gravitativa e curve isochimiche nella Ignimbrite Campana, Rend. Soc. It. Min. e Petr., Vol. XXVI, Pavia.*

- [107] Di Girolamo, P., (1968)- *Petrografia dei Tufo Campani: il processo di pipernizzazione. Petrografia, rilevamento e natura ignimbritica del tufo campano del casertano*. Rend. Acc. Sc. Fis. Mat., vol. 35 ser. 4°, Napoli, pp. 5-70.
- [108] Duncan, J., M., Chang, C.,Y., (1970) - *Non-linear analysis of stress and strain in soils*. Journal of Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, 96 (SM5), 1629-1653
- [109] D'Arcangelo, E., (1967) - *L'Agro Nolano, Aspetti umani ed economici*, pp.5-9, Napoli
- [110] Di Girolamo, P., Morra, V., (1987)- *The Campanian Ignimbrite. Petrographical, petroche-mical and volcanological characters*, Rend. Acc. Sc. Fis. Mat., Napoli, Special Issue, pp. 177-199.
- [111] Di Lorenzo, H., Di Vito, M.,A., Talamo, P., Bishop, J., Castaldo, N., De Vita, S., Nave, R., Pacciarelli, M., (2012) -*The impact of the Pomici di Avellino Plinian eruption of Vesuvius on Early and Middle Bronze Age human settlement in Campania (Southern Italy)*. Proceedings of the 4th Archaeological Conference of Central Germany: 1600; Cultural change in the shadow of the Thera eruption? International Conference in Halle (Saale), October, 2011
- [112] Di Vito, M.,A., Castaldo, N., Vecchio, G., De Vita, S., (2013 a)- *L'approccio geologico allo studio dell'interazione tra attività vulcanica e vita dell'uomo: esempi dalla Campania*, Compendio delle Lezioni della Scuola Estiva AIQUA "L'impatto delle Eruzioni Vulcaniche sul paesaggio, sull'ambiente e sugli insediamenti umani- Approcci multidisciplinari di tipo geologico, archeologico e biologico, Napoli 27-31 Maggio 2013, Miscellanea INGV N.18, pp. 9-13

[113] Di Vito, M.,A., De Vita, S., Piochi, M., (2013 b) - *Il Somma Vesuvio: storia eruttiva e impatto delle sue eruzioni sul territorio*, Compendio delle Lezioni della Scuola Estiva AIQUA "L'impatto delle Eruzioni Vulcaniche sul paesaggio, sull'ambiente e sugli insediamenti umani- Approcci multi-disciplinari di tipo geologico, archeologico e biologico, Napoli 27-31 Maggio 2013, Miscellanea INGV N.18, pp. 14-21

[114] Di Vito, M.,A, Castaldo N. (2013c) - *Le recenti indagini geo-archeologiche nell'area del-l'Insula Episcopalis e l'impatto delle eruzioni vulcaniche sul territorio nolano tra il periodo romano altomedievale e la tarda antichità*, in Atti del Convegno " La Cripta di San Felice Vescovo e Martire nell'Insula Episcopalis di Nola", Sala dei Medaglioni del Palazzo Vescovile

[115] Di Vito, M., A., Piochi, M., Mormone, A., Tramelli, A., (2011) - *Somma Vesuvius: the Volcano and the Observatory*, Field trip guidebook - REAKT, INGV, Sez. O.V., Napoli

[116] Di Vito, M.,A., Isaia, R., Orsi, G.,Southon, J., D'Antonio, M., De Vita, S., Pappalardo, L., Piochi, M.. (1999) - *Volcanism and deformation since 12.000 years at the Campi Flegrei caldera (Italy)*, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 91 pp. 221-246

[117] Di Vito, M., A., Sulpizio, R., Zanchetta, G., (1998) - *I depositi ghiaiosi della valle dei torrenti Clanio e Acqualonga (Campania centro-orientale): significato stratigrafico e ricostruzione paleo-ambientale*. Il Quaternario, It. Journ. of Quat. Sc., 11(2): pp. 273-28

[118] Donato, D., (1991): *Studi di Meccanica delle Rocce per l'ottimizzazione di una coltivazione a camere e pilastri a debole profondità*, in La Meccanica delle Rocce a piccola profondità AMS, Torino

- [119] Ebanista, C., (2012) - *Cumigliano e Gallo alle origini del Comune di Comiziano*, Tavolario Edizioni
- [120] Esposito., C., (1995) - *Napoli Sopra e Sotto. Le cavità*, Luca Torre Editore, Napoli
- [121] Esposito., C., (1995)- *Le problematiche strutturali del sottosuolo di Napoli*, Centro Speleologico Meridionale, Napoli
- [122] Evangelista, A., (1991): *Cavità e dissesti nel sottosuolo dell'area napoletana*, Atti del Convegno "Rischi naturali ed impatto antropico nell'area metropolitana napoletana", Napoli.
- [123] Evangelista, A., Flora, F., Lirer, S., De Sanctis, F. & Lombardi, G., (2002) - *Studi ed interventi per la tutela di un patrimonio sotterraneo: l'esempio delle cavità di Napoli*, in 'XXI Convegno Nazionale di Geotecnica
- [124] Fairbridge, R.,W. (1968) -*The Encyclopedia of Geomorphology* (Ed.) Reinhold, NY,
- [125] Fedele, C., Scarpati, C., Lanphere, M. , Melluso, L., Morra, V., Perrotta, A., Ricci, G., (2008)- *The Breccia Museo formation, Campi Flegrei, Southern Italy, geochronology, chemostratigraphy and relationship with the Campanian Ignimbrite eruption*, Bulletin Volcanology, 70, pp. 1189-1219
- [126] Ferraro, P., (2010) - *Studio Geologico a supporto del PUC del Comune di Comiziano*, Relazione tecnica Generale e cartografie tematiche

[127] Ferretti, A., Basilico, M., Novali, F., Prati, C., (2004a) - *Possibile utilizzo di dati radar satellitari per l'individuazione e monitoraggio di fenomeni di sinkhole*, 1° Seminario sullo Stato dell'Arte sullo studio dei fenomeni di *sinkhole* e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio, Atti Conv. APAT, Roma 20-21 Maggio 2004

[128] Ferretti, A., Novali, F., Burgmann, R., Hilley, G., Prati, C., (2004b) - *InSAR Permanent Scatterer analysis reveals ups and downs in San Francisco Bay Area*, EOS, 85 (34), pp. 1-3

[129] Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., (2000) - *Non Linear Subsidence Rate Estimation using Permanent Scatterers in Differential Interferometry*, IEEE TGARCS, September 2000, 38 (5), 2202-2212

[130] Ferretti, A., Prati, C., Rocca, F., (1999) - *Permanent Scatterers in SAR Interferometry Geoscience and Remote Sensing Symposium*, IGARSS '99 Proc. IEEE 1999 International 2, pp. 1528-1530

[131] Fiengo, G., Guerriero, L., (1999) - *Murature tradizionali napoletane: cronologia dei paramenti tra il XVI ed il XIX secolo*. Arte

[132] Fiengo, G., (1998) - *Progetti e realizzazioni per il risanamento e lo sviluppo di Napoli e la bonifica della Terra di Lavoro : 1592 -1631* , in T. Toscano T.R. (a cura) 1998, Nola ed il suo territorio dal secolo XVII al XIX secolo. Momenti di storia culturale ed artistica. Atti del III Corso di Formazione per docenti in servizio "Didattica e Territorio" Castellammare di Stabia, pp. 1-18

[133] Fiengo, G., (1988) - *I Regi Lagni e la bonifica della Campania durante il vicereame spagnolo*, Ed. Olschki Collana Biblioteca dell'Archivio Storico Italiano

- [134] Fiore, A., Stefanelli, D., (2013) - *Analisi e confronto delle procedure tecnico-amministrative per la gestione delle aree a pericolosità geomorfologica per la presenza di cavità sotterranee in Puglia nell'ambito dei territori di competenza dei territori di competenza delle Autorità di Bacino Interregionali di Puglia e Basilicata*. Atti del Convegno "Studi ed Interventi per il risanamento delle cavità antropiche e naturali. Aspetti geologici, geotecnici e sismici. Altamura (Ba), 9 Dicembre 2010
- [135] Fiore, M., Lanzini, M., (2007) - *Problematiche di valutazione del rischio di crollo di cavità sotterranee* in *Geologi & Territorio, ORG Puglia*, n. IV-2006/ I-2007, pp. 33-45
- [136] Fiore, M., (2006) - *Pericolosità geologica connessa alla presenza di cavità sotterranee*. Atto d'Indirizzo dell'Autorità di Bacino della Puglia. *Geologi e Territorio*, 1-2-3, pp. 3-11
- [137] Fisher, R., V., Orsi G., Ort., M., Heiken, G., (2003) - *Mobility of large volume pyroclastic flow emplacement of the Campanian Ignimbrite, Italy*: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 56, pp. 205-220
- [138] Franco P., (1900) - *Il Tufo della Campania*, Boll. Soc. Nat. XIV
- [139] Galanti, G.M., (1786-1790) - *Nuova descrizione storica e geografica delle Sicilie*, Napoli, tomo IV p.151.
- [140] Gesualdo, A., Minutolo, V., Nunziante, L., (2001) - *Failure in Mohr-Coulomb soil cavities*, *Canadian Geotechnical Journal*, 38(6), pp. 1314-1320
- [141] Giustiniani, L., (1797-1816) - *Dizionario geografico-ragionato del Regno di Napoli*, Napoli, tomo VII p.56

- [142] GPS Mobil Mapper 6 (2010): *Manuale di Utilizzo*, Sokkia-Novatel-Triax Elmeg SpA
- [143] Greco, R., Sorriso, V.M., Catalano, E., (2006) - *Valutazione della suscettibilità ai fenomeni franosi per mezzo della Regressione Logistica in ambiente Gis*, Periodico Trim. Sigea Anno XIV n. 2
- [144] Guarino, P.,M., Nisio S., (2010) - *Sprofondamenti improvvisi e cavità antropiche nel territorio del Comune di Napoli: condizionamento esercitato dall'assetto geologico del sottosuolo*, in Atti del Convegno "Studi ed interventi per il_risanamento delle cavità antropiche e naturali. Aspetti geologici, geotecnici e sismici", Altamura, 9 dicembre 2010, Geologia dell'Ambiente, Sigea Suppl. n. 2/2013 p.95
- [145] Jones, C., (1997) - *Geographic Information System and Computer Cartography*, Longman Press
- [146] Hartlen, J., Viberg, L., (1988) - *General report: Evaluation of landslide hazard. In Proceedings of 5th International Symposium on Landslides, Lausanne, v.2, pp. 1037-1058.*
- [147] Hoek, E., (1994) - *The challenge of input data for rock engineering*, Letter to the editor ISRM, News K Journal, Vol. 2 No. 2, 2 p
- [148] Hoek, E., & Brown, E.,T., (1980) - *Underground Excavations in Rock, Insitution of Mining and Metallurgy, London*
- [149] Hoek, E., Wood, D. & Shah., S., (1992) - *A Modified Hoek-Brown failure criterion for jointed rock masses*, ISMR Symposium EUROCK '92, 209-212, Chester
- [150] Hudson., J., A., (1992) - *Rock Engineering Systems: Theory and Practice*, New York, Ellis Horwood.

- [151] Hudson., J.,A., (1989a) - *Rock Mechanics principles in engineering practice*- CIRIA Ground Engineering Report: Underground Construction, 72 pp.
- [152] Hudson., J.,A., (1989b) - *Atlas of rock engineering mechanisms: underground excavations- int. j. Rock. Mech. Min. & Geomech, Abstr., 28,6, pp. 523-26*
- [153] Iavarone, A., (2010) - *Rilievo planimetrico delle cavità e delle cantine conosciute del territorio comunale di Comiziano, propedeutico alla redazione dell'adeguamento e aggiornamento dello studio geologico a corredo del redigendo PUC, Relazione tecnica, 16 giugno 2010*
- [154] Ietto, A., Sgrosso, I., (1963) - *Formazioni marine plio-pleistoceniche nei dintorni di Cicciano-Nola*). Boll. Soc. Nat. in Napoli. Tornata del 28/06/1963
- [155] Intendenza Borbonica, *Affari Comunali Casamarciiano*, ASC 1805-1861 bb. 1177-1190
- [156] Intendenza Borbonica, *Affari Comunali, Tufino*, ASC 1805-1861 bb. 1320-1337
- [157] Intendenza Borbonica, *Affari Comunali, Comiziano*, ASC 1805-1861 bb. 1276-1290
- [158] Isaaks & Srivastava, (1989): *An Introduction to Applied Geostatistics*. Oxford Univ. Press
- [159] ISMR (1977)- *Raccomandazioni per la determinazione dello stato di sollecitazione di un roccia*, traduzione a cura di Masantonio Cravero & Giorgio Iabichino Riv. Ital. Geotecnica, 3

- [160] Langella, A., Bish, D., L., Calcaterra D., Cappelletti, P., Cerri G., Colella, A., Graziano S., F., Papa L., Perrotta, A., Scarpati, C., De Gennaro, M., (2013a) - *L'Ignimbrite Campana (IC)*, in "Le Pietre Storiche della Campania, dall'oblio alla riscoperta" a cura di Maurizio De Gennaro, Domenico Calcaterra, Alessio Langella, Luciano Editore, pp. 155- 177
- [161] Langella, A., Bish, D., L., Cappelletti, P., Cerri G., Colella, de Gennaro R. Graziano S., F., Perrotta, A., Scarpati, C., De Gennaro, M., (2013b) - *New insights into the mineralogical faces distribution of Campanian Ignimbrite, a relevant industrial material*, Applied Clay Science, 72, pp. 55-73
- [162] LL.PP., Fascicolo *Cave e Miniere*, cat. X classe XII, ACC
- [163] Leeman, E., R., (1969) - *The CSIR doorstopper and triaxial rock stress measuring instruments*, Proc. ISRM Symp. on the determination of stresses in rock masses, pp 576-616, L.N.E.C, Lisbon
- [164] Leone, A., (1514) - *De Nola, Opusculum distinctum, plenum, clarum, doctum, pulcrum, vero grave varium et utile*, Venetiis
- [165] Lirer, L., Luongo, G., Scandone, R., (1987) - *On the volcanological evolution of Campi Flegrei*: EOS 68 (16), pp. 226-233.
- [166] Lombardi, G., Perrone, S., & Viggiani, C., (2002) - *Le voragini nella città di Napoli: una calamità naturale?* Atti del XXI Convegno Nazionale di Geotecnica: "Opere geotecniche in ambiente urbano", L'Aquila, Patron Editore, Bologna.
- [167] Luongo, G., Viola, R., & Pulcrano E., (2011) - *Piano di Protezione Civile del Comune di Casalnuovo di Napoli*

- [168] Lo Presti, D.,O., & Froio, F., (2002) - *Determinazione sperimentale ed inviluppi di rottura della resistenza al taglio residua delle rocce tenere*, Incontro annuale dei Ricertatori di Geotecnica, IARG. Napoli 20-21 Giugno 2002
- [169] Lucci, R., (1991) - *La costruzione dell'abitare*, CUEN
- [170] Maiuri, A., 1950. *Passeggiate campane*. Sansoni, Firenze, 110-111, pp. 123-125.
- [171] Manzi, P., (1973) - *Alcuni documenti di cartografia nolana, ovvero Ambrogio Leone e Gerolamo Moceto*, in *L'Universo*, Rivista bimestrale dell'I.G.M., LIII, n. 4, pp. 811-818
- [172] Mascolo, G., Petrillo, G., (1983) - *Il tufo come presenza del passato*'' Tesi di Laurea Università degli Studi di Napoli- Facoltà di Architettura
- [173] Mazza, R., Paganelli, D., Campolunghi P., Capelli G., Lanzini, M., Sereni, M., De Filippis, L., (2001) - *Rischio di crollo da cavità sotterranee nel settore orientale della città di Roma*, Atti del III Forum Italiano di Scienze della Terra GEOITALIA, Chieti, 5-8 settembre, 2001 pp. 414-416
- [174] Mazzoccola, D., F., (1992) - *A comprehensive method of rock mass characterization for indicating slope instability*. Department of Mineral Resources Engineering- Royal School of Mines. London, Imperial College of Sciences, Technology and Medicine: 125
- [175] Meyerhof, G.,G., (1956) - *Penetration bearing capacity of cohesionless soils*, *Journal of the soil mechanics and foundation division*, ASCE, Vol. 82, No. SM1, January, pp. 1-19.

- [176] Mele, D., Sulpizio, R., Dellino, P., La Volpe, L., (2011) - *Stratigraphy and eruptive dynamics of a pulsating Plinian eruption of Somma-Vesuvius: the Pomice di Mercato (8900 years B.P.)*. Bulletin of Volcanology 73 (3), 257 e 278
- [177] Melluso, L., Morra, V., Perrotta, A., Scarpati, C., Adabbo, M., (1995) - *The eruption of Breccia Museo (Campi Flegrei, Italy): fractional crystallization processes in a shallow, zoned magma chamber and implications for the eruptive dynamics*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 68, pp. 325-339
- [178] Miele, A., Piciocchi, C., (1997)- *Studio delle cavità artificiali nel territorio di Cicciano, Napoli* Gruppo Speleologico C.A.I. Napoli
- [179] Migliore, C., (2001) - *Instabilità e discontinuità negli ammassi di Tufo Giallo Napoletano*. Facoltà di Scienze MM.FF. e NN, Università "Federico II", Napoli
- [180] Min. LL.PP., *Bonifiche*, I serie f. 73; ASN, Min. Int. II inventario fs. 4678.
- [181] Min. LL. PP, *Bonifiche*, I serie f. 73; ASN, Min. Int. II inventario, fs. 4677.
- [182] Morra, V., Calcaterra, D., Cappelletti, P., Colella, A., D'Albora, M.,P., De Gennaro, M., Fedele, L., Langella, A., (2010) - *Dalle eruzioni alle costruzioni, i geomateriali del distretto flegreo-vesuviano*, in Montagne di fuoco, rischi e risorse in aree vulcaniche Vesuvio ed Etna, Luciano Editore
- [183] Morra, V., Calcaterra, D., Cappelletti, P., Colella, A., Fedele, L., de' Gennaro, R., Langella, A., Mercurio, M., et al., (2010) - *Urban geology: relationships between geological setting and architectural heritage of the Neapolitan are*, Journal of the Virtual Explorer, Electronic Edition, ISSN 1441-8142, volume 36, paper 26, In: (Eds.) Marco Beltrando, Angelo Peccerillo, Massimo Mattei, Sandro Conticelli, and Carlo Doglioni, The Geology of Italy

- [184] Musco, A., (1997) - *Nola e Dintorni. Brevi cenni di storia, leggende, folklore*, II edizione riveduta corretta ampliata, a cura di V. Ammirati, Igea, Napoli
- [185] Nash, D, F, T., Sills, G., C., Davison, L. R. (1992) - *One-dimensional consolidation testing of soft clay from Bothkennar*, *Geotechnique*, 42
- [186] Nathanail et al., (1992) - *A stability hazard indicator system for slope failure in heterogeneous strata*, ISRM International Symposium EUROCK '92: "Rock Characterization", Chester, U.K., Thomas Telford Ltd
- [187] Nisio, S., (2013) - *Il database nazionale dei fenomeni di sinkhole*. Atti del Convegno "Studi ed Interventi per il risanamento delle cavità antropiche e naturali. Aspetti geologici, geotecnici e sismici. Altamura (Ba), 9 Dicembre 2010
- [188] Orsi G., De Vita, S., e Di Vito, M.,A., (1996) - *The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy), constraints on its evolution and configuration*, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 74; pp. 179-214
- [189] Ort., M., H., Orsi G., Pappalardo, G., Fisher, R.,V., (2003) - *Anisotropy of magnetic susceptibility studies of depositional processes in the Campanian Ignimbrite, Italy*, *Bull. Vulcanol.*, 65, pp. 55-72
- [190] Ort., M., H., Rosi, M., Anderson, C.,D., (1999) - *Correlation of deposits at vent locations of the proximal Campanian Ignimbrite deposits, Campi Flegrei, Italy, based on natural remanent magnetization and anisotropy of magnetic susceptibility characteristic*, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 91, pp. 167-178
- [191] Palmieri, W., (2007) -*Il Vesuvio, i disboscamenti e le alluvioni di Nola*, in " I frutti di Demetra, Bollettino di Storia ed Ambiente", n. 13, pp. 63-69

- [192] Palmieri, W., (2002) - *Le catastrofi rimosse: per una storia delle frane e delle alluvioni nel Mezzogiorno continentale*, in "Meridiana, Rivista di Storia e Scienze Sociali", n.44, pp. 97-124
- [193] Pareschi, M., T., , Santacroce, R., Sulpizio R., Zanchetta G., (2002) - *Volcanoclastic debris flows in the Clanio Valley (Campania Italy) insight for the assessment oh hazard potential* , *Geomorfology*, 43, 219-231
- [194] Pareschi, M., T,, (2004) - *Nuova Cartografia dei comuni vesuviani. Documento per il Gruppo A della Commissione Nazionale Incaricata di provvedere all'Aggiornamento dei Piani di emergenza dell'Area Vesuviana e flegrea per il Rischio Vulcanico*, con allegati 2 CD
- [195] Pareto, R., (1867) - *Sulle bonificazioni delle paludi esistenti nelle province di terra ferma dell'Ex-Regno di Napoli*, Relazione a S.E. il Ministro di Agricoltura, Industria e Commercio (F. De Blasiis), Tipografia e Litografia degli Ingegneri, Milano
- [196] Pasqualini, E., (1983) - *Standard Penetration Test, XI Ciclo delle Conferenze di Geotecnica di Torino*, Atti Istituto Scienza delle Costruzioni No.608, Politecnico di Torino
- [197] Passaglia, E., Vezzalini, G., Carnevale, R., (1990) - *Diagenetic chabazites and phillipsites in Italy: crystal chemistry and genesis*. *Eur. J. Mineral.* 2, pp. 827-839.
- [198] Pellegrino, A., (1970) - *"Le rocce lapidee tenere"*, Technical report, Istituto di Tecnica delle Fondazioni e Costruzioni di Terra dell' Università di Napoli, (in italian).

[199] Pellegrino, A., (1968) - *"Compressibilità e resistenza a rottura del tufo giallo napoletano"*. Ass. Geotec., Ital., IX Conv. Geotec. **1** (7), pp. 1-37.

[200] Pellegrino, A., (1967) - *Proprietà fisico-meccaniche dei terreni vulcanici del napoletano* VIII Convegno di Geotecnica , Cagliari, ESI

[201] Penta, F., (1935) - *I materiali da costruzione dell'Italia meridionale*, 2. Fondazione Politecnica del Mezzogiorno d'Italia, Naples.

[202] Perrotta, A., Scarpati, C., Luongo G., Morra, V.,(2006) - *The Campi Flegrei Caldera boundary in the city of Naples* in: De Vivo B. (Ed.) *Volcanism in the Campania Plain: Vesuvius, Campi Flegrei and Ignimbrites*. Elsevier, Amsterdam, in the series *Developments in Volcanology*, 9, pp. 85-96

[203] Perrotta, A., Scarpati C., (2003) - *Volume partition between the plinian and coignimbrite air fall deposits of the Campanian Ignimbrite eruption*, Mineral. Petrol., 79, pp. 67-78

[204] Perrotta., A, Scarpati, C., (1994) - *The dynamics of Breccia Museo eruption (Campi Flegrei, Italy) and the significance of spatter clasts associated with lithic breccias*. J. Volcanol Geotherm. Res. 59, pp. 335-355

[205] Piancastelli, M., (2001) - *I grandi vini della Terra di Lavoro*, Edizioni Pubblitaf Napoli

[206] Pisano, L., (2010) - *Studio Geologico a supporto del PUC di Tufino (Na)*

- [207] Pyle, D.,M.,, Ricketts, G.,D., Margari, V., Van Andel, T, H., Sinitsyn, A.,A., Praslov, N.,D., Lisitsyn, S., (2006) - *Wide dispersal and deposition of distal tephra during the Pleistocene "Campanian Ignimbrite/Y5" eruption, Italy*. Quat. Sci. Rev. 25, pp. 2713-2728
- [208] Ponti e Strade, *Strada Regia di Puglia, Tratto da Cimitile fino dopo l'Epitaffio della Schiava, Deviazioni ed Indennizzi* (1841), con lettere del 5 aprile 1841 al Direttore Generale di Ponti e Strade e del 14 Aprile 1841 al Ministero delle Finanze, ASN f. 1383, fascicolo 560,
- [209] Ponti e Strade, ASC B. 107
- [210] Primavori, P., (1997) - *I materiali lapidei ornamentali*, ETS, Pisa, pp.240
- [211] Progetto CARG, *Note illustrative al Foglio N. 448 - Ercolano in Scala 1: 50.000*
- [212] Raspa, G., (2010) - *Geostatistica di base*, scaricabile dal sito Internet <http://www.uniroma1/Geostatistica/Geostatistica/Dispense.pdf>
- [213] Remondini, G.,S., (1747-1757) - *Della Nolana Ecclesiastica Historia*, Napoli 3 volumi
- [214] Ripa F. & Vinale F., (1983) - *Structure and mechanical behaviour of a volcanic tuff*. V International Congress of ISRM, Melbourne
- [215] Rittmann A., (1950) - *Rilevamento geologico della collina dei Camaldoli nei Campi Flegrei*. Boll. Soc. Geol. It. 69, pp. 129-177.

- [216] Rolandi G., Bellucci F., Heizler M., T., Belkin, H., E., De Vivo B., (2003) - *Tectonic controls on the genesis of ignimbrites from the Campanian Volcanic Zone, Southern Italy*, *Mineralogy and Petrology*, 79, pp. 3-31
- [217] Rolandi, G., Barrella, A., M., Borrelli, A., (1993) - *The 1631 eruption of Vesuvius*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 58, pp. 183-201.
- [218] Romana, M., (1985) - *New adjustment ratings for application of Beniauwsky classification to slopes. Proceedings of the International Symposium on the Role of rock Mechanics in Excavations for Mining and Civil Works*, International Society of Rock Mechanics, Zacatecas, pp. 49-53
- [219] Rosi, M., Vezzoli, L., Castelmenzano, A., Grieco, G., (1999) - *Plinian pumice fall deposit of the Campanian Ignimbrite eruption (Phlegrean Fields, Italy)*. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 91, 179-198
- [220] Rosi, M., Vezzoli, L., Aleotti P., De Censii, M., (1996) - *Interaction between caldera collapse and eruptive dynamics during the Campanian ignimbrite eruption, Phlegrean Fields, Italy*, *Bull. Vulcanol.* 57, pp. 551-554.
- [221] Rosi, M., Vezzoli, L., Castelmenzano, A., Grieco, G., (1999) - *Plinian pumice fall deposit of the Campanian Ignimbrite eruption (Phlegrean Fields, Italy)*. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 91, 179-198
- [222] Rosi, M., Principe, C., Vecchi, R., (1993) - *The 1631 eruption of Vesuvius reconstructed from the review of chronicles and study of deposits*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 58, 151 e 182.
- [223] Rosi, M., & Sbrana, A. Editors, (1987) - *The Phlegrean Fields*, C.N.R., *Quaderni della Ricerca Scientifica*, pp. 133-144

- [224] Rosi, M., Santacroce, R., (1983) - *The AD 472 Pollena eruption: volcanological and petro-logical data for this poorly-known, plinian-type event at Vesuvius*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 17, pp 249– 271.
- [225] Ross C., S., e Smith R., L., (1961) - *Ash-flow Tuffs: Their Origin, Geology relations and Identification*. U.S. Geol. Serv. Prof. Paper 366, Washington 1961, pp. 88.
- [226] Rossano, S., Mastrolorenzo, G., De Natale, G., Pingue, F., (1996) -. *Computer simulation of pyroclastic flows, an inverse approach*. Geophys. Res. Letters 23 (25), pp. 3779-3782.
- [227] Russo, G. (2009) - *Relazione Geotecnica per un edificio per civili abitazioni nel Comune di Tufino alla Contrada "Cesina", su gentile concessione dell'Autore*.
- [228] Sanò, T., (2010) - *Risposta sismica locale in aree con presenza di cavità*, in Atti del Convegno "Studi ed interventi per il risanamento delle cavità antropiche e naturali. Aspetti geologici, geotecnici e sismici", Altamura, 9 dicembre 2010, Geologia dell' Ambiente, Sigea Suppl. n. 2/2013, p. 55
- [229] Santacroce, R., Cioni, R., Marianelli, P., Sbrana, A., Sulpizio, R., Zanchetta, G., Donahue, D.J., Joron J.J., (2008) - *Age and whole rock-glass compositions of proximal pyroclastics from the major explosive eruptions of Somma-Vesuvius: a review as a tool for distal tephrostratigraphy*, Journal of Volcanology and Geothermal Research, 177, pp. 1-18
- [230] Santacroce, R., Sbrana A. (2003)- *Geological map of Vesuvius*. Firenze: SELCA.
- [231] Scacchi, A., (1890) - *La regione vulcanica fluorifera della Campania*, Mem. Regio Comm. Geol. It., 4, pp. 1-52.

[232] Scandone, R., Bellucci, F., Lirer, L., Rolandi, G., (1991) - *The structure of the Campanian Plain and the activity of the Neapolitan volcanoes (Italy)*. J. Volcanol. Geotherm. Res. 48, pp. 1-32

[233] Screpanti, S., (2010) - *Analisi di stabilità di cavità scavate a modesta profondità in rocce piroclastiche*, Tesi di Dottorato in Ingegneria, Università degli Studi di Roma "Tor Vergata"

[234] Segreteria di Grazia e Giustizia, ASN, n. 217

[235] Sersale, R., (1978) - *Occurrences and uses of zeolites in Italy*, in: Sand, L.B., Mumpton, F.A. (Eds.), "Natural zeolites. Occurrence, properties, use", Pergamon Press, Oxford, pp. 285-302.

[236] Shackleton, N. J., (1987) - *Oxygen isotopes, ice volume and sea level*. Quaternary Science Reviews, 6, pp. 183-190

[237] Shepherd, W.,R., (1911) - *The Historical Atlas*

[238] Simonetti, R., (1912) - *La bonifica e la sistemazione idraulica dei torrenti di Somma e Vesuvio*, Stabilimento Tipo-Litografico del Genio Civile, Roma

[239] Sparks, R. S., J., Huang, T., C., (1980) - *The volcanological significance of deep-sea ash layers associated with ignimbrites*. Geol. Mag. 117, pp. 425-436.

- [240] Spizuoco, A., (2003) - *Consulenza relativa allo studio di una cavità sotterranea nel sottosuolo di un'area destinata a lottizzazione nel Comune di Casamarciano (Na) alla Località "Taverna"*, Centro Studi progettazioni. strutture, geologia, geotecnica, San Vitaliano (Na)
- [241] Spizuoco, A., (1996) - "*Cavità antropiche nel tufo della Piana Campana: Problematiche geologiche e geomeccaniche*". Atti del Seminario tenuto presso il Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Napoli, Facoltà di Scienze Geologiche
- [242] Sulpizio, R., Cioni, R., Di Vito, M.A., Mele, D., Bonasia, R., Dellino P., (2010a) - *The Pomice di Avellino eruption of Somma-Vesuvius (3.9 ka BP) part I: stratigraphy, compositional variability and eruptive dynamics*. Bulletin of Volcanology, 72, pp. 539-558.
- [243] Sulpizio, R., Cioni, R., Di Vito, M.A., Mele, D., Bonasia, R., Dellino, P., (2010b) - *The Pomice di Avellino eruption of Somma-Vesuvius (3.9 ka BP). Part II: sedimentology and physical volcanology of pyroclastic density current deposits*. Bulletin of Volcanology, 72, pp. 559-577.
- [244] Sulpizio, R., Mele, D., Dellino, P., La Volpe, L., (2005) - *A complex, Subplinian-type eruption from lowviscosity, phonolitic to tephri-phonolitic magma: the AD 472 (Pollena) eruption of Somma-Vesuvius, Italy*. Bulletin of Volcanology, 67, pp. 743-767.
- [245] Teoli, P., Capelli, G., & Mazza, R., (2009) - *Metodologie per la definizione della pericolosità da sinkhole nella Piana Pontina*. ISPRA -Servizio Geologico d'Italia, Dipartimento Difesa del Suolo, Workshop Internazionale "I Sinkhole, gli sprofondamenti catastrofici nell'ambiente naturale ed in quello antropizzato, Roma 3-4 Dicembre 2009 pp. 371-386

[246] Terranova, C., Iuliano, S., Matano, F., Nardò, S., Piscicelli, E., Cascone, E., D'A F. Gelli L., Alfinito, M., Luongo, G., (2009) - *The TELLUS Project: a satellite-based slow-moving landslides monitoring system in the urban areas of Campania Region*. Rend. Soc. Geol. Ital., 8, pp. 148-151.

[247] Thunneil, R., Federman, A., Sparks, S., Williams, D., (1978) - *The origin and volcanological significance of the Y-5 ash layer in the Mediterranean*, Quat. Res., vol. 12, 241 pp.

[248] Verde P., C., (2007) - *Domenico Fontana a Napoli, 1592-1607*, Electa, Napoli

[249] Viggiani, C., (2002) - *Fondazioni*. Hevelius Editore

[250] Vilardo, G., Ventura, G., Terranova, C., Matano, F., Nardò, S., (2009) - *Ground deformation due to tectonic, hydrothermal, gravity, hydrogeological and anthropic processes in the Campania Region (Southern Italy) from Permanent Scatterers Synthetic Aperture Radar Interferometry*, Remote Sensing of Environment 113, pp. 197-212

[251] Villucci, A., M., (1980) - *I monumenti di Sessa Aurunca*. Caramanica Editore, Marina di Minturno (LT), 1980.

[252] Viparelli, C., (1978) - *Le acque sotterranee ad oriente di Napoli*, Fondazione Politecnica per il Mezzogiorno d'Italia, Quaderno n. 111, Napoli

[253] Wulf, S., Kraml, M., Brauer, A., Keller, J., Negendank, J.F.W., (2004) - *Tephrochronology of the 100 ka lacustrine sediment record of Lago Grande di Monticchio (southern Italy)*. Quat. Int. 122, pp. 7-30.

[254] Zito, G., (2003) - *Analisi dei dissesti del sottosuolo della città di Napoli*-
Dipartimento di Ingegneria

RINGRAZIAMENTI

Il raggiungimento di un traguardo o un obiettivo da perseguire non è mai frutto di un desiderio personale, talvolta, la sensibilizzazione su una seria problematica, quale quella affrontata nella mia Tesi di Dottorato, se veicolata su percorsi condivisi all'interno della comunità che ne è coinvolta, può aprire spazi e disponibilità inattesi.

Su queste premesse, posso di certo sostenere che il lavoro svolto è il risultato di apporti vari, dai più specialisti ai più umani, nessuno dei quali si è voluto sottovalutare nella presente ricerca.

Devo una forte gratitudine ai colleghi geologi ed a tecnici di varia provenienza operanti sul territorio nolano che, informati di ciò che poteva essere messo in campo universitario hanno messo spontaneamente a disposizione il loro bagaglio di notizie e dati, dai più significativi a quelli apparentemente privi di senso, credendo nelle mie capacità di sintesi e nell'impegno oculato che questo studio di ricomposizione storica e di analisi ambientale comportava.

I nomi sono tanti, cito i Dottori Geologi Pierpaolo Ferraro, Carmine Domenico Manganiello, Domenico Balletta, Agostino Ferrara, ,..... ma anche gli speleologi Gianluca Minin, Berardino Bocchino, Enzo De Luzio, Luca Cozzolino, l'Arch. Salvatore Monteforte..., di tutti ammiro gli esemplari atteggiamenti e quell'etica dell'esperto con i quali si propone nei vari ambiti quotidiani, oggi più che mai relativistici e superficiali, l'importanza ed il ruolo della geologia applicata e della pianificazione urbanistica ai più alti livelli di qualità con il motivato e continuo aggiornamento delle competenze ma anche denunciando e promuovendo quelle condizioni di sicurezza e di compatibilità geoambientale che ogni territorio necessita.

Un ringraziamento va alla figura della Dott.ssa Speranza Dell'Anno, mia collaboratrice di studio ed esperta di sistemi GIS, che mi ha erudito e seguito nella fase di informatizzazione e trattamento dei dati territoriali, nonché alle fasi di geo-processing ed editing, ma anche al Dott. Fabio Mazzeo che ha presenziato a tutti i rilevamenti di campagna e nelle cavità.

Nell'ambito delle relazioni con gli Enti Territoriali, un plauso meritano soprattutto le Dirigenze dei Settori Tecnici (Arch. Tortora Francesco, Arch. Masucci Arturo, Arch. Nicola Litto) e le Prime cittadinanze di Casamarciano, Tufino, Comiziano, nelle persone del Dott. Andrea Manzi, Dott. Carlo Ferone con il neo-Sindaco Antonio Mascolo & ed il Dott. Paolino Napolitano, attraverso le quali il sottoscritto ha potuto aver accesso frequente agli Archivi Tecnici del dopoguerra ed alle Biblioteche Comunali dove sono custoditi carteggi di varia natura ed importanza sullo sviluppo urbanistico di questa parte dell'Agro Nolano.

Un' analisi delle vicende storiche dell'area non si è potuta esaurire nella consultazione della ponderosa produzione editoriale degli amici Leonardo Avella, Ing. Domenico Capolongo ed Arch. Gaetano Mascolo, a cui va la mia riconoscenza per gli indirizzi ed i suggerimenti sempre circostanziati, ma ha richiesto indagini mirate negli Archivi di Stato di Napoli e Caserta dove il rinvenimento di carteggi e di una interessante documentazione si deve alla competenza, passione e prodigalità dei funzionari delle Sale Studio, quali i Dottori Fausto Di Mattia, Gaetano Damiano, Catello Lubrino per la sezione napoletana ed i Dottori Aldo Santamaria e Antonio Taccone per la sezione casertana, dai quali ho ricevuto grande incoraggiamento, solidarietà, scambi culturali ed occasioni di confronto indimenticabili.

Non trascuro il valido impegno degli addetti alla riproduzione e prenotazione dei documenti della sezione napoletana nelle persone del Sig. Enrico Di Napoli & Sig.ra Giorgia Consiglia, ma anche l'opera del Sig. Pietro Vanore & Sig.ra Maria Spina per la sezione casertana.

Un segno di profonda riconoscenza che non è ultimo a caso, va alle popolazioni dei Comuni di Casamarciano, Tufino e Comiziano, soprattutto ai soggetti che, con ruoli e funzioni diverse (polizia urbana, amministrativi, etc....) hanno contribuito all'accesso a tutti i siti rilevati, ai cavamonti viventi della famiglia dei Capantonio, Caporaso, Persino, Peccerella, Minichini, dai quali ho attinto notizie importanti sulle tecniche estrattive del tufo o ai vinari De Palma, D'Elia, Barone che mi hanno erudito sull'uso enotecnico degli antichi ipogei urbani, all'addetto comunale Sig. Giuseppe Napolitano mia fedele scorta nei vari rilievi di campagna e nelle grotte-

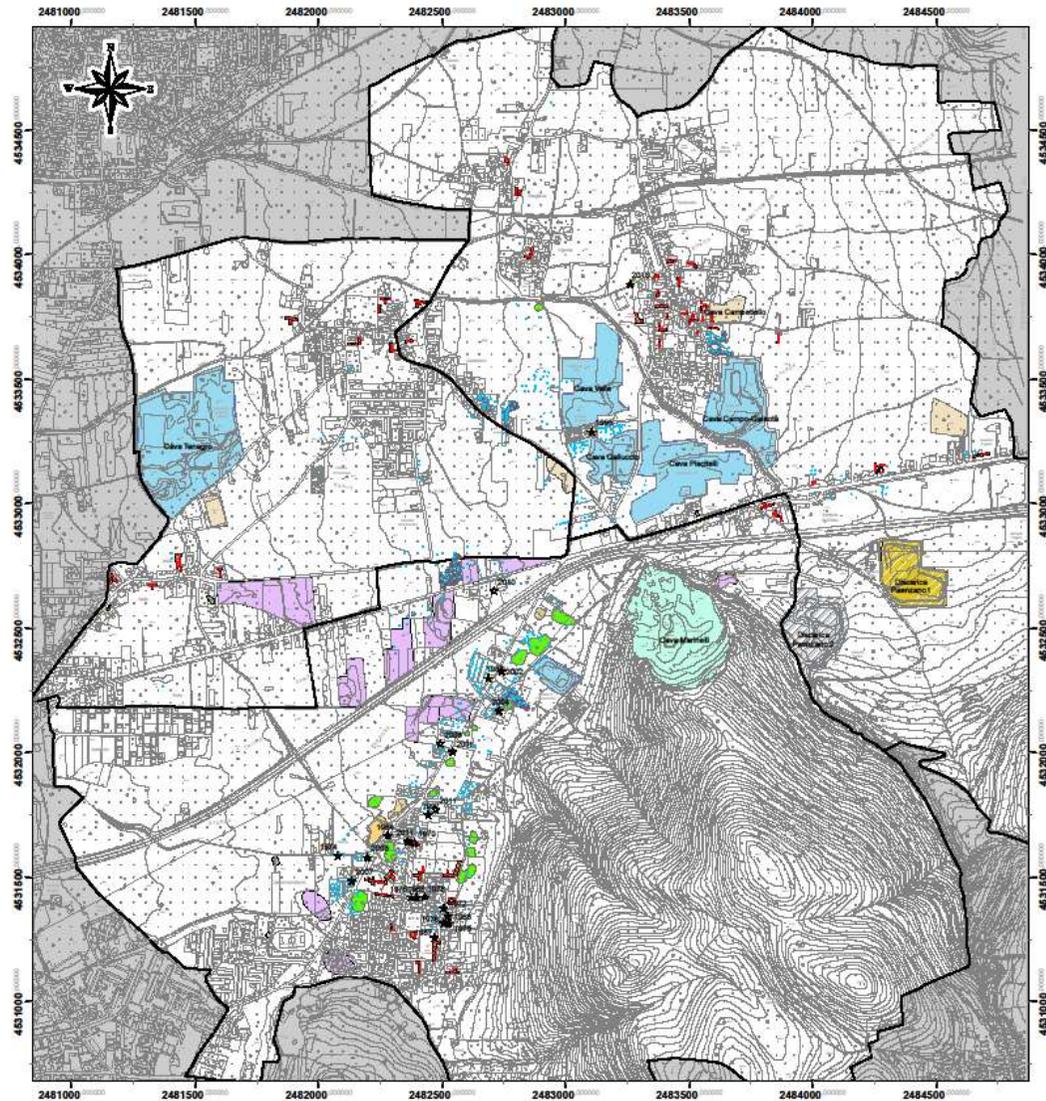
cantina di Casamarciano, in tutti ho intravisto la custodia di una memoria e la fierezza non sopita di quelle attività operose che hanno costituito nel bene e nel male una vocazione integrata di sviluppo economico di questo lembo felice della pianura napoletana.

Al Tutor e Co-Tutor, Prof. Ing. Massimo Ramondini & Prof. Geol. Domenico Calcaterra, devo un rispettoso e decoroso grazie per avermi guidato a percorrere le strade di una ricerca scientifica temprata, attenta e critica, nel rispetto delle finalità e dei traguardi che il particolare studio intendeva perseguire.

Università degli Studi di Napoli Federico II
Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo

TAVOLE TEMATICHE

Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo



Università degli Studi di Napoli
 "Federico II"



Centro Interdipartimentale Ricerca e Ambiente
 C.I.R.A.M.

Dottorato di Ricerca in
 Analisi dei Sistemi Ambientali

Analisi Sistemica per la valutazione della suscettibilità
 al dissesto di territori dell'Agro Nolano con presenza
 di cavità antropiche in tufo

TUTOR
 Prof.Ing. Massimo RAMONDINI
 CO-TUTOR
 Prof.Geol. Domenico CALCATERRA

DOTTORANDO
 Dott. Gianfranco CACCAVALE

**TAV. 1: CARTA DELLE ATTIVITA' ESTRATTIVE
 E DEI RELATIVI DISSESTI DI SUPERFICIE
 INSORTI NEI COMUNI DI CASAMARCIANO,
 TUFINO E COMIZIANO
 (PROVINCIA DI NAPOLI)**

Legenda

Dissesto areale	Pozzi-Cisterna
Dissesto circoscritto	Bocche di cantina
Discarica in ex cava di tufo	Bocche di cava
Discarica in ex cava di sabbia	Anthropogenic sinkhole
Cave di sabbia	Cavità rilevate topograficamente
Cave di tufo	Grotte-Cantina
Cave di calcare	
Aree depresse risanate	
Aree cavate e riempite	

Stralcio dei fogli della
 Cartografia Tecnica della
 Regione Campania
 n. 448071, 448074,
 448032, 448033

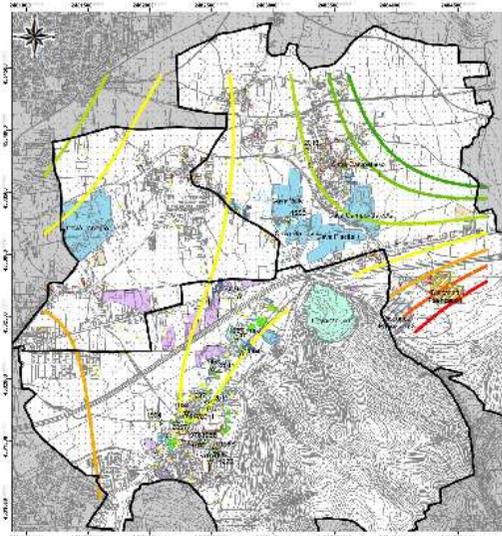
Coordinate dei vertici
 Cassini-Soldati

Vertice	N	E
NO	4632516	2483480
NF	4633516	2484675
EO	4633428	2484180
SE	4633407	2484970

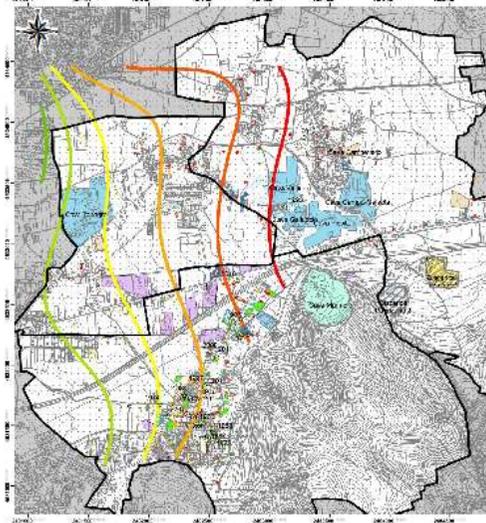


0 100 200 400 Metri

Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo



- Isobate (m. p.c.)
- 1.5 m
 - 4 m
 - 8 m
 - 12 m
 - 16 m
 - 20 m
 - 24 m



- Isobate (m. s.l.m.)
- 20 m
 - 30 m
 - 40 m
 - 50 m
 - 60 m
 - 70 m
 - 80 m

**TAV.2: CARTA DELLA PROFONDITA' DEL TETTO
 DELL'IGNIMBRITE CAMPANA (TGC, 39Ka)**

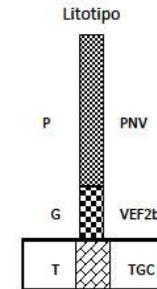
- Dissesto areale
- Dissesto circoscritto
- Discarica in ex cava di tufo
- Discarica in ex cava di sabbia
- Cava di sabbia
- Cave di tufo
- Cave di calcare
- Aree depresse risanate
- Aree cavate e riempite
- Pozzi-Cisterna
- Bocche di cantina
- Bocche di cava
- Anthropogenic sinkhole
- Cavità rilevate topograficamente
- Grotte-Cantina

Sondaggi

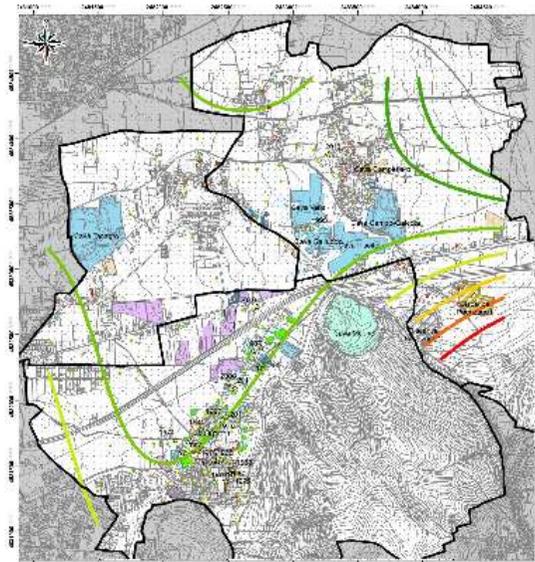
- 0 - 20 m
- 20 - 30 m
- 30 - 40 m
- 40 - 50 m
- 50 - 60 m
- 60 - 70 m
- 70 - 80 m

Stralcio dei fogi della
 Cartografia Tecnica della
 Regione Campania
 n 448071, 448074,
 448032, 448033

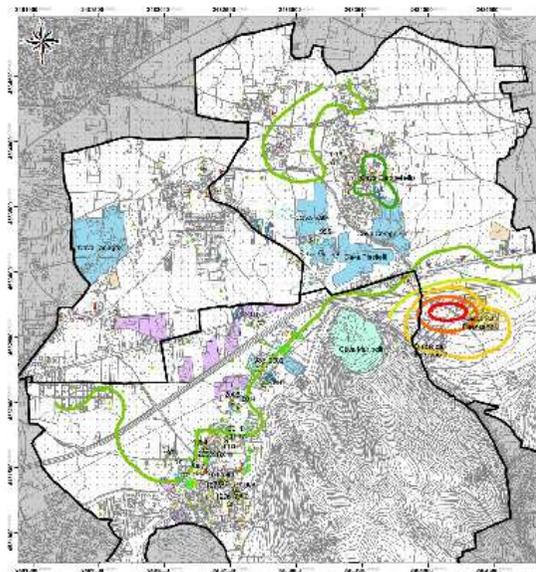
Coordinate dei vertici		
Vertice	N	E
ND	4535216	2480480
NE	4635194	2481373
SO	4530425	2480480
SE	4530407	2494870



Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo



Global Polynomial Interpolation 3°

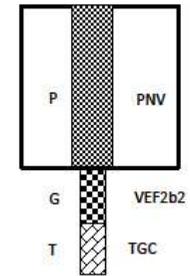


Kriging

TAV.3: CARTA DELLO SPESSORE DELL'UNITA' DETRITICO-COLLUVIALE PNV (PIANO DELLE SELVE, 18,3 Ka??-472AD)

- Dissesto areale
- Dissesto circoscritto
- Discarica in ex cava di tufo
- Discarica in ex cava di sabbia
- Cava di sabbia
- Cava di tufo
- Cava di calcare
- Aree depresse risanate
- Aree cavate e riempite
- Pozzi-Cisterna
- Bocche di cantina
- Bocche di cava
- ☆ Anthropogenic sinkhole
- Cavità rilevate topograficamente
- Grotte-Cantina

Litotipo



- Sondaggi
- 1,5 - 4 m
 - 4 - 8 m
 - 8 - 12 m
 - 12 - 16 m
 - 16 - 20 m
 - 20 - 24 m
 - 24 - 25,5 m

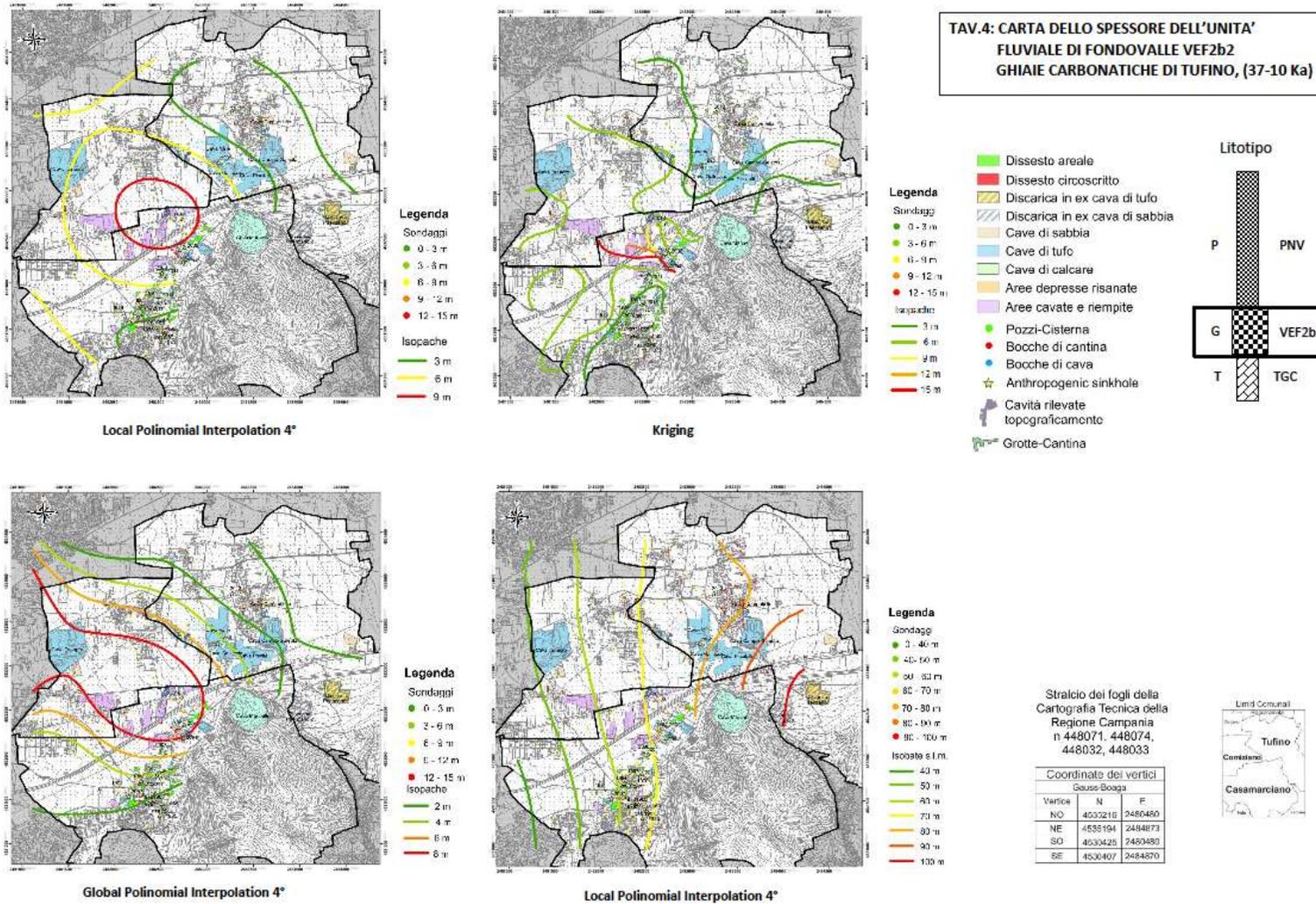
- Isopache
- 4 m
 - 8 m
 - 12 m
 - 16 m
 - 20 m
 - 24 m

Stralcio dei fogli della Cartografia Tecnica della Regione Campania n 448071, 448074, 448032, 448033

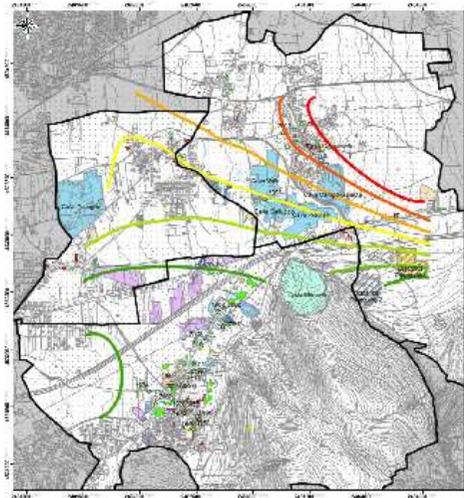
Coordinate dei vertici Gauss-Boaga	
Vertice	F
NO	4525216 2480480
NE	4535134 2484873
SE	4528425 2480480
SO	4530457 2491870



Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo



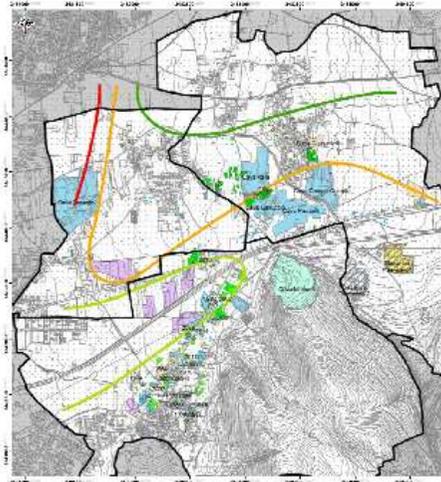
Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo



Spessore totale dell' I.C.

Legenda

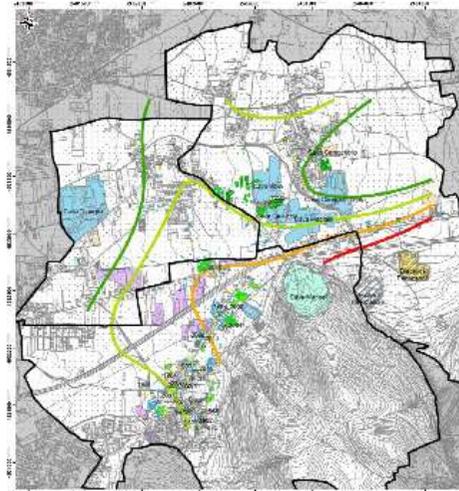
- Sondaggi**
- 0 - 15 m
 - 15 - 20 m
 - 20 - 25 m
 - 25 - 30 m
 - 30 - 35 m
 - 35 - 40 m
 - 40 - 45 m
- Isopachite**
- 1)
 - 2)
 - 3)
 - 4)
 - 5)
 - 6)
 - 7)



Spessore dell'unità LYT dell' I.C.

Legenda

- Sondaggi**
- 0 - 4 m
 - 4 - 8 m
 - 8 - 12 m
 - 12 - 16 m
 - 16 - 20 m
 - 20 - 24 m
 - 24 - 28 m
 - 28 - 32 m
 - 32 - 34 m
 - 34 - 38 m
- Isopachite**
- 10 m
 - 12 m
 - 15 m
 - 20 m
 - 25 m
 - 30 m



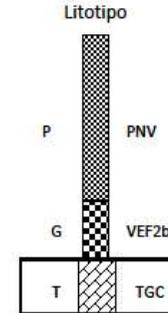
Profondità del letto dell'I.C.

Legenda

- Sondaggi**
- 0 - 30 m
 - 30 - 40 m
 - 40 - 50 m
 - 50 - 60 m
 - 60 - 70 m
 - 70 - 80 m
 - 80 - 90 m
- Isobate m. s.l.m.**
- 40 m
 - 50 m
 - 60 m
 - 70 m

TAV.5: CARTA DELLA CONSISTENZA E DEL LIMITE INFERIORE DELL'IGNIMBRITE CAMPANA (TGC, 39Ka)

- Dissesto areale
- Dissesto circoscritto
- Discarica in ex cava di tufo
- Discarica in ex cava di sabbia
- Cave di sabbia
- Cave di tufo
- Cave di calcare
- Aree depresse risanate
- Aree cavate e riompite
- Pozzi-Cisterna
- Bocche di cantina
- Bocche di cava
- ☆ Anthropogenic sinkhole
- ☆ Cavità rilevate topograficamente
- ☆ Grotte-Cantina



Bocche di cantina

- Altezza delle cavità**
- NO DATA
 - 3 - 6 m
 - 6 - 9 m
 - 9 - 12 m

Spessore delle volte

- NO DATA
- 1 m
- 2 m

Bocche di cava

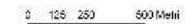
- Altezza delle cavità**
- NO DATA
 - 8 - 10 m
 - 12 - 13 m

Spessore delle volte

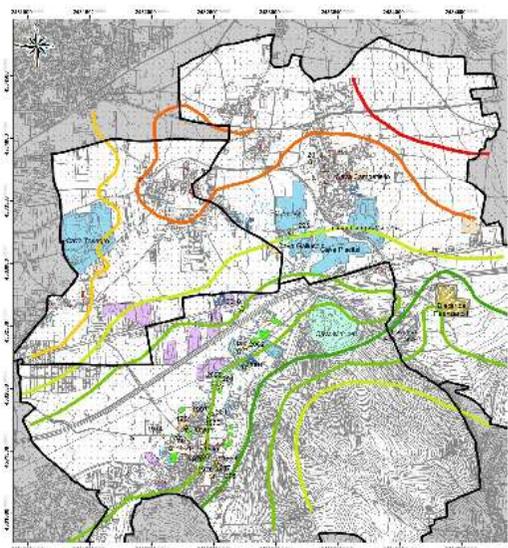
- NO DATA
- 1 m
- 2 m

Stralcio dei fogli della
 Cartografia Tecnica della
 Regione Campania
 n 448071, 448074,
 448032, 448033

Coordinate dei vertici Gauss-Baigo		
vertice	N	E
NO	4535216	2480480
NE	4635194	2481373
SO	4530425	2480480
SE	4530407	2480470



Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo



TAV.6: CARTA DELLA MORFOLOGIA DELLA SUPERFICIE ISOPIEZOMETRICA E ISOFREATICA.

- Dissesto areale
- Dissesto circoscritto
- Discarica in ex cava di tufo
- Discarica in ex cava di sabbia
- Cave di sabbia
- Cave di tufo
- Cave di calcare
- Aree depresse risanate
- Aree cavate e riempite
- Pozzi-Cisterna
- Bocche di cantina
- Bocche di cava
- Anthropogenic sinkhole
- Cavità rilevate topograficamente
- Grotte-Cantina

Isopieze riferite al periodo Aprile-Maggio 2011 s.l.m

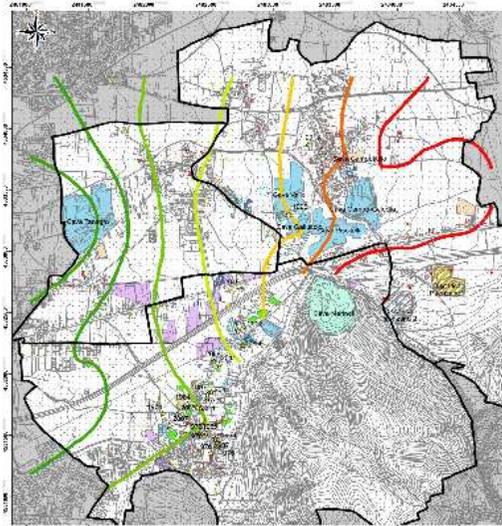
- 27 m
- 27.5 m
- 28 m
- 29 m
- 30 m
- 31 m

Profondità della falda

- 11 - 20 m
- 20 - 30 m
- 30 - 40 m
- 40 - 50 m
- 50 - 60 m
- 60 - 70 m
- 70 - 80 m
- 80 - 111 m

Isopieze

- 30 m
- 40 m
- 50 m
- 60 m
- 70 m
- 80 m

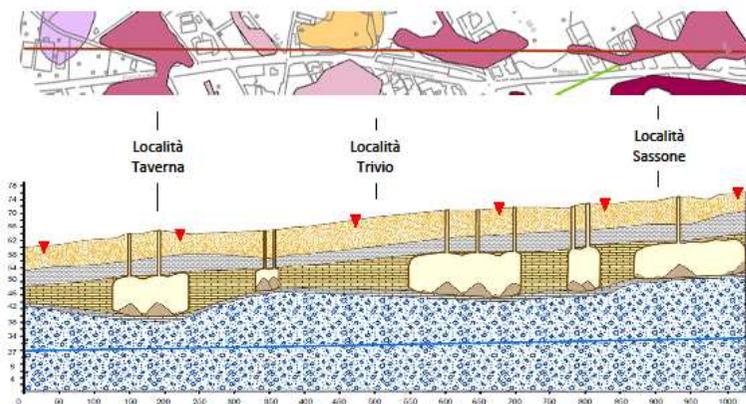


Stralcio dei fogi della Cartografia Tecnica della Regione Campania n 448071, 448074, 448032, 448033

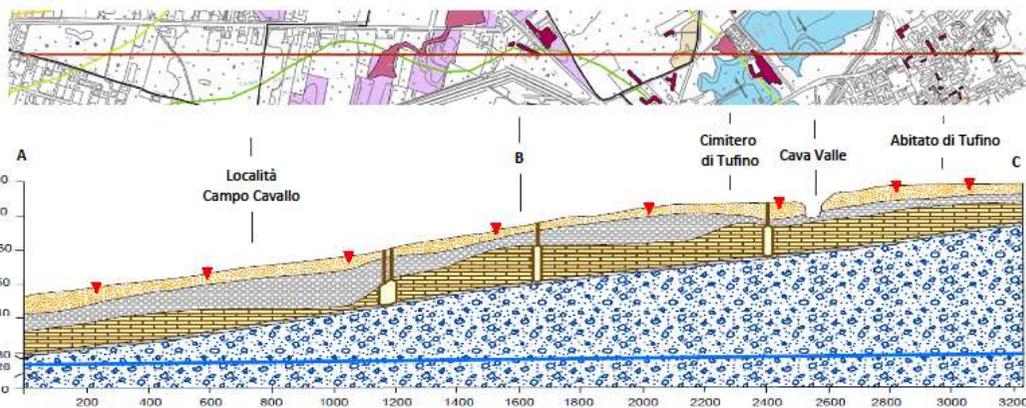
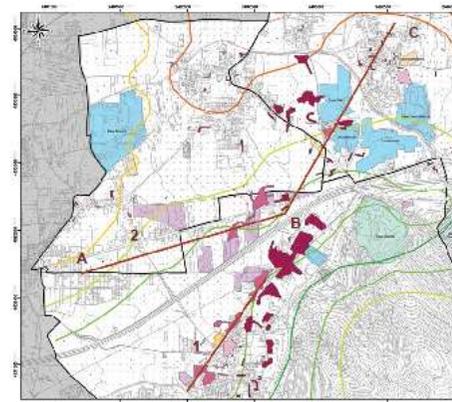
Coordinate dei vertici		
Clausura-Boaga		
Vertice	N	E
ND	4536216	2480480
NE	4636194	2464373
SO	4530425	2480480
SE	4530437	2484870



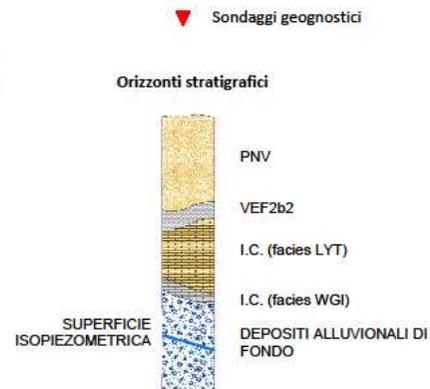
TAV.7: SEZIONI GEOLITOLOGICHE



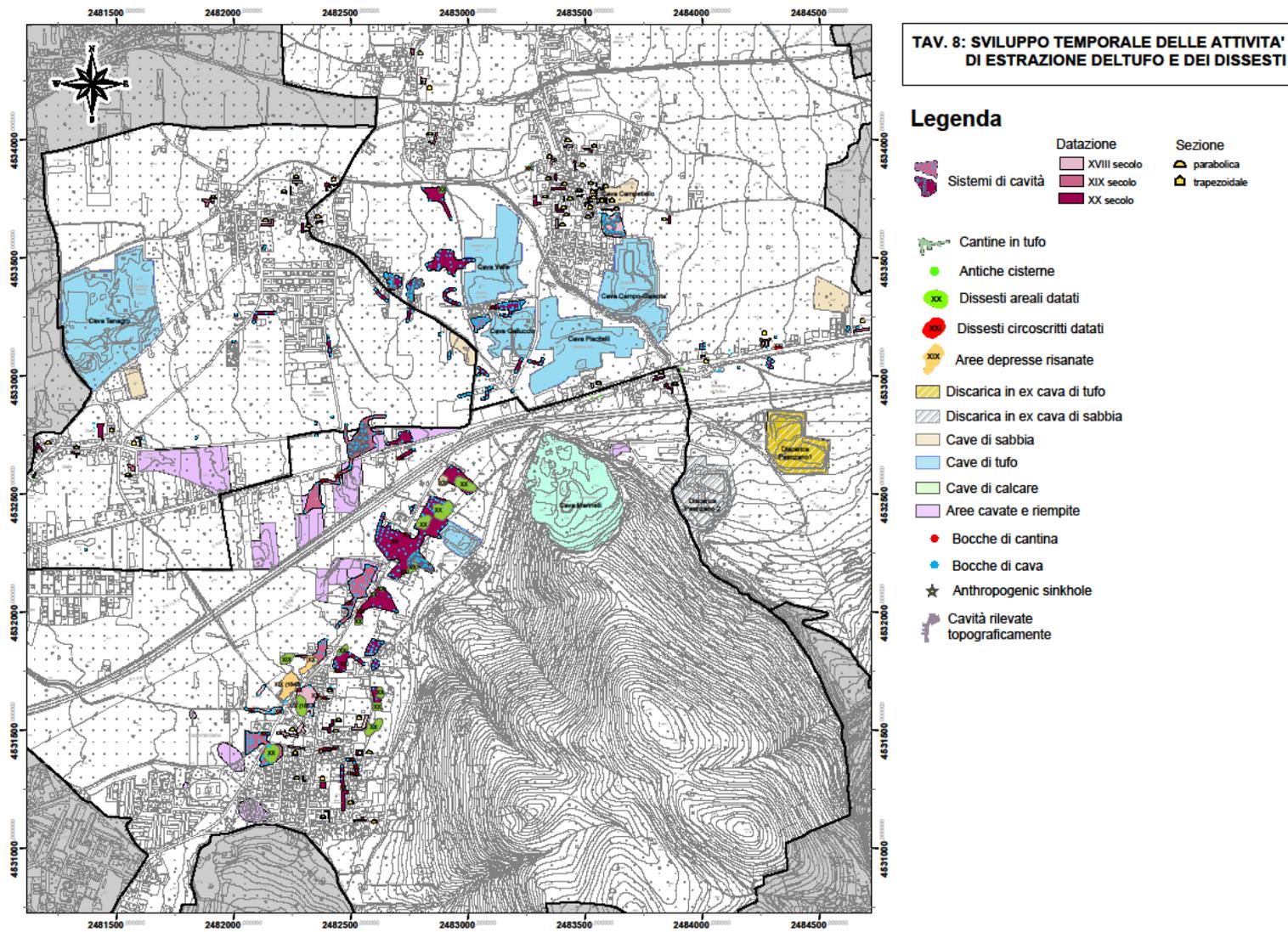
Sezione 1 - Rapporto degli strati 1:4



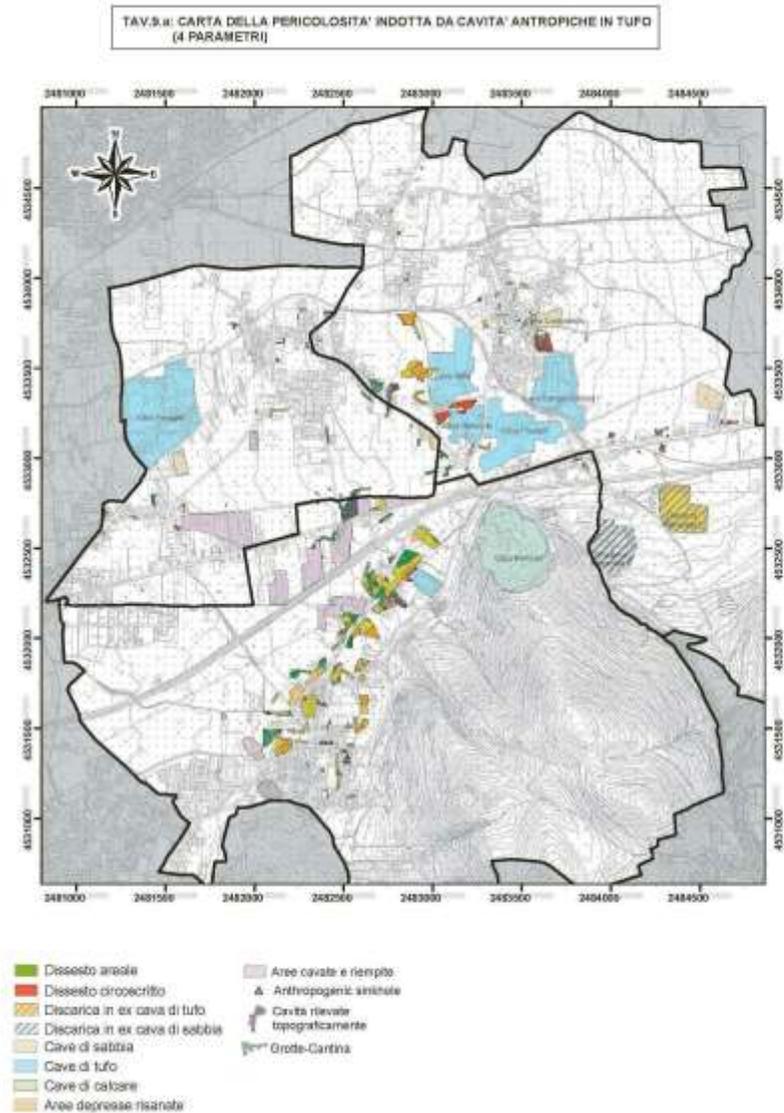
Sezione 2 - Rapporto degli strati 1:8



Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo



Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo



INDICATORE DI PERICOLO DA DISSESTO IPOGEO	
NEL SISTEMA IPOGEO:	
GEOLOGICO	ANTROPICO
Profondità dell'area litologica sottostante (D-TGC) oltre la quale si sviluppano le diverse cavità tufose	Stato osservativo e manutentivo dei pozzi di accesso alle cavità dismesse (SPC)
Rapporto di spessore delle Unità Litologiche che fungono da copertura dell'orizzonte tufoso (P/NV/VEZ/2h)	Stato osservativo e manutentivo dei pozzi di base delle grotte-cantine (SPG)
Condizioni geomorfologiche del sito (PTI)	
INDICATORE DI VULNERABILITA' TERRITORIALE	
NEL SISTEMA INSEDIATIVO:	
Presenza o meno di edifici	
Tipologie strutturali e funzionali delle aree edificate	
Presenza gratuita di strade e sottostazioni	

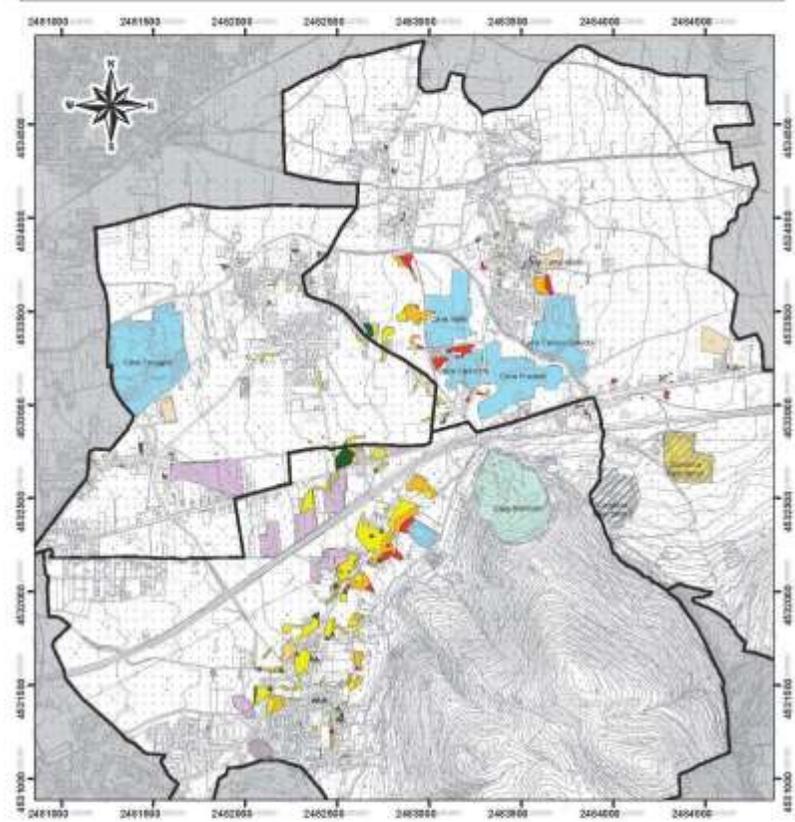
INDICATORI DA INSERIRE NELLA ELABORAZIONE INTERNA	ELEMENTI DI POSIZIONE AL				
	B-Diss/Da	DV1	DV2	DV3	DV4
10	01	01	01	01	01
10	01	01	01	01	01
10	01	01	01	01	01
10	01	01	01	01	01

PERICOLOSITA' DA DISSESTO IPOGEO (4 INDICATORI PENO ATTIKATI)	ASSENTE	BASSA	MODERATA	ALTA	MOLETO ALTA
	ING0	ING1	ING2	ING3	ING4
4 $ISG = \sum_{i=1}^4 I_i \cdot H_i$ <p> $0,00 = 11 \cdot 1 \cdot 0,1000000 = 0,00$ $0,38 = 12 \cdot 1 \cdot 0,0312500 = 0,38$ $0,39 = 13 \cdot 1 \cdot 0,0300000 = 0,39$ $0,18 = 14 \cdot 1 \cdot 0,0125000 = 0,18$ </p>	CAVITA' ANTROPICHE DI TUFO SENZA RILEVATE	1,00 + 1,70	1,70 + 2,50	2,50 + 3,20	3,20 + 3,90

INDICATORE DI PERICOLO NEL SISTEMA IPOGEO	PARAMETRO	PELO	DESCRIZIONE QUALITATIVA	VALORE
G E O L O G I C O	Unità litologica di sottostante (D-TGC)	0,20	<ul style="list-style-type: none"> > 10,00 10,00 - 7,20 7,20 - 3,60 < 3,60 	1 2 3 4
	Unità Litologiche di copertura (P/NV/VEZ/2h)	0,25	<ul style="list-style-type: none"> > 1,00 1,00 - 1,50 1,50 - 2,00 < 2,00 	1 2 3 4
	Condizioni Geomorfologiche (PTI)	0,30	<ul style="list-style-type: none"> Alta Bassa Medio Bassa 	1 2 3 4
		Fuoco di Pericolosità Idrologica		
A N T R O P I C O	Stato osservativo e manutentivo dei pozzi di accesso alle cavità dismesse (SPC)	0,20	<ul style="list-style-type: none"> Buono Medio Scarsa Scarissimo 	1 2 3 4
	Stato osservativo e manutentivo dei pozzi di base delle grotte-cantine (SPG)	0,20	<ul style="list-style-type: none"> Buono Medio Scarsa Scarissimo 	1 2 3 4

Università degli Studi di Napoli Federico II
 Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
 dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo

TAV.10.a: CARTA DELLA PERICOLOSITA' INDOTTA DA CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO (6 PARAMETRI)



- Dissesto areale
- Dissesto circoscritto
- Dissesto in ex cave di tufo
- Dissesto in ex cave di sabbia
- Cave di tufo
- Cave di calcare
- Aree depresse risanate
- Area cavate e riempite
- ▲ Antropogenic sinkhole
- ▲ Cavità rilevate topograficamente
- ▲ Grotte-Cantina

INDICATORE DI PERICOLO DA DISSESTO IPOGEO	
NEL SISTEMA IPOGEO:	
GEOLOGICO	ANTROPICO
Pericolosità del versante litologico sottostante (D-TGC) dentro la galea di sottogesso (e dentro cavità tufacee)	Stato conservativo e manutenzione dei pozzi di accesso alle cavità depresse (SPD)
Rapporto di spessore della Unità Litologica che fungono da sovrappiombo dell'altitudine tufacea (PSV/NEP252)	Stato conservativo e manutenzione dei pozzi di base delle grotte-cantine (SPD)
Condizioni Geomorfologiche del sito (PSV)	Sezione della cavità (SE2)
	Spessore del tufo sovrastante nella valle delle cavità accessibili e nelle grotte-cantine (SPV)
INDICATORE DI VULNERABILITA' TERRITORIALE	
NEL SISTEMA IMMEDIATO	
Presenza o meno di edifici	
Tipologia strutturale e funzionali delle aree edificate	
Presenza gerarchica di strade e sottoservizi	

SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO					
	SI	SI	SI	SI	SI
SI	SI	SI	SI	SI	SI
SI	SI	SI	SI	SI	SI
SI	SI	SI	SI	SI	SI
SI	SI	SI	SI	SI	SI

INDICATORE DI PERICOLO DA DISSESTO IPOGEO	ASSETTATE	BIANA	MITTERRATA	ALTA	SOVRA ALTA
	ISGL	SMI	SMI	ISGL	SMI
$K = \frac{1}{1 + \frac{1}{n}}$ <ul style="list-style-type: none"> • n = 10 (Fiumi) → 0,10 • n = 100 (Fiumi medi) → 0,10 • n = 1000 (Fiumi piccoli) → 0,10 • n = 10000 (Fiumi molto piccoli) → 0,10 • n = 100000 (Fiumi molto piccoli) → 0,10 • n = 1000000 (Fiumi molto piccoli) → 0,10 	1,00 + 1,00	1,00 + 1,00	1,00 + 1,00	1,00 + 1,00	1,00 + 1,00

INDICATORE DI PERICOLO NEL SISTEMA IPOGEO	DEFINIZIONE	PERO1	DEFINIZIONE QUANTITATIVA	VALORE
B E D L O B I C D	Dissesto areale di sabbia (D-TGC)	0,10	<ul style="list-style-type: none"> < 10,00 10,00 - 2,00 2,00 - 500 > 500 	1 2 3 4
	Dissesto areale di calcare (PSV, NEP252)	0,10	<ul style="list-style-type: none"> < 2,00 1,00 - 1,00 1,00 - 1,00 > 1,00 	1 2 3 4
	Dissesto areale di tufo (PSV)	0,10	<ul style="list-style-type: none"> 10,00 10,00 10,00 > 10,00 	1 2 3 4
	Dissesto areale di calcare (PSV)	0,10	<ul style="list-style-type: none"> 10,00 10,00 10,00 > 10,00 	1 2 3 4
A N T R O P I C D	Dissesto areale di tufo (PSV)	0,20	<ul style="list-style-type: none"> 10,00 10,00 10,00 > 10,00 	1 2 3 4
	Dissesto areale di calcare (PSV)	0,20	<ul style="list-style-type: none"> 10,00 10,00 10,00 > 10,00 	1 2 3 4
P I C D	Spessore della cavità	0,10	<ul style="list-style-type: none"> 10,00 10,00 	1 2
	Spessore del tufo sovrastante alla cavità accessibili e cantine (SPV)	0,20	<ul style="list-style-type: none"> < 1,00 1,00 - 1,00 1,00 - 1,00 > 1,00 	1 2 3 4

Università degli Studi di Napoli Federico II
Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo

TAV.11 : DISTRIBUZIONE DEI PS SULL'AREA - ERS 1992-2000

Sovrapposizione della suscettibilità al dissesto sotterraneo (6 parametri) con
l'informazione interferometrica



Velocità media in mm/anno

- < -10,00
- -9,99 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 5,00
- 5,01 - 10,00
- > 10,00



Università degli Studi di Napoli Federico II
Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo

TAV.12 : DISTRIBUZIONE DEI PS SULL'AREA - ENVISAT 2003-2007
Sovrapposizione della suscettibilità al dissesto sotterraneo (6 parametri) con
l'informazione interferometrica



Ascending

Velocità media in mm/anno

- < -10,00
- -9,99 - -5,00
- -4,99 - -3,00
- -2,99 - -1,50
- -1,49 - 1,50
- 1,51 - 3,00
- 3,01 - 5,00
- 5,01 - 10,00
- > 10,00



Descending

Università degli Studi di Napoli Federico II
Analisi Sistemica per una valutazione della suscettibilità al dissesto di territori
dell'Agro Nolano con presenza di cavità antropiche in tufo

DOCUMENTAZIONE



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
C.I.R.AM. – Centro Interdipartimentale di Ricerca Ambiente

Dottorato di Ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali
XXV Ciclo

***ANALISI SISTEMICA PER UNA VALUTAZIONE
DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO
DI TERRITORI DELL'AGRO NOLANO
CON PRESENZA DI CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO***

Il Coordinatore
Prof. Maurizio Fedi

Co-Tutor
Prof. Geol. Domenico Calcaterra

Il Tutor
Prof. Ing. Massimo Ramondini

Il Dottorando
Dott. Geol. Gianfranco Caccavale

DOCUMENTAZIONE N. 1



SCHEDA DI EMERGENZA "SINKHOLE IN AREA URBANA"

C.O.C. - COMITATO OPERATIVO COMUNALE

SALA OPERATIVA- FUNZIONI DI SUPPORTO

DA ATTIVARE IMMEDIATAMENTE	F.S. 1 : Tecnica Pianificazione
	F.S.4 : Risorse di Mezzi e Materiali
	F.S.7 : Censimento Danni a Persone e Cose
	F.S.8 : Strutture Operative Locali e Viabilità
DA ATTIVARE IN CASO DI NECESSITA'	F.S.2 :Sanità, Assistenza Sociale e Veterinaria
	F.S.3: Volontariato
	F.S. 6: Servizi Essenziali
	F.S.5: Telecomunicazioni
	F.S.9: Assistenza alla Popolazione

DESCRIZIONE DELLE FUNZIONI DI SUPPORTO

FUNZIONE 1: TECNICA E PIANIFICAZIONE	Da attivare immediatamente
FASE	AZIONE
ATTENZIONE	
PREALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Proporre gli interventi tecnici utili per mitigare o annullare i rischi -Tiene sotto il continuo monitoraggio l'evolversi dell'evento e le conseguenze che si producono sul territorio. Verifica/stima la popolazione, i beni e i servizi coinvolti nell'evento -Raccoglie e fornisce la cartografia necessaria
ALLARME	-Tiene sotto il continuo monitoraggio l'evolversi dell'evento e le conseguenze che si producono sulla popolazione

FUNZIONE 2: SANITA', ASSISTENZA SOCIALE E VETERINARIA	Da attivare in caso di necessità
FASE	AZIONE
ATTENZIONE	
PREALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Coordina l'attività d'intervento delle strutture sanitarie e delle associazioni di volontariato a carattere sanitario -Controlla le possibilità di ricovero della popolazione eventualmente da evacuare, comunicando le eventuali carenze alla Prefettura e specificando anche le esigenze di trasporto, con particolare riguardo ai disabili. -Proporre gli interventi tecnici utili per mitigare o annullare i rischi -Tiene sotto il continuo monitoraggio l'evolversi dell'evento e le conseguenze che si producono sul territorio. Verifica/stima la popolazione, i beni e i servizi coinvolti nell'evento -Raccoglie e fornisce la cartografia necessaria
ALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Verifica la presenza di inabili tra la popolazione e provvede al loro aiuto (eventualmente, se necessario, all'evacuazione)

FUNZIONE 3: VOLONTARIATO	Da attivare in caso di necessità
FASE	AZIONE
ATTENZIONE	
PREALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Si coordina con le altre funzioni di supporto per l'impiego dei volontari
ALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Si coordina con le altre funzioni di supporto per l'impiego dei volontari -Accoglie i volontari da fuori registrandone le generalità

FUNZIONE 4: RISORSE DI MEZZI E DI MATERIALI	Da attivare immediatamente
FASE	AZIONE
ATTENZIONE	
PREALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Verifica lo stato del magazzino comunale accertandosi della disponibilità e della funzionalità dei mezzi e dei materiali -Di concerto con il Sindaco, valuta la quantità ed il tipo di risorse umane operative, tecniche, amministrative necessarie a fronteggiare l'emergenza
ALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Tiene i rapporti con la Regione, Provincia e la Prefettura per richiesta dei materiali in accordo Con la <i>Funzione 1: Tecnica e pianificazione</i> -Aggiorna l'elenco dei mezzi in attività e di quelli ancora disponibili - Allerta le ditte che dispongono di materiali e mezzi utili organizzando il loro intervento - Approntamento delle aree di accoglienza e/o strutture ricettive -Registra l'importo delle spese sostenute dal Comune per incarichi a Ditte Esterne e acquisto di materiale utile

FUNZIONE 5: TELECOMUNICAZIONI	Da attivare in caso di necessità
FASE	AZIONE
ATTENZIONE	
PREALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Provvede all'allestimento del C.O.C. dal punto di vista tecnico-operativo e dei collegamenti.
ALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Il Coordinatore di questa funzione deve, di concerto con il Responsabile territoriale del Servizio Rete Telefonica, organizzare una rete di Telecomunicazioni efficiente anche in caso di calamità. - Garantisce i contatti radio tra il C.O.C. e le squadre esterne. -Mantiene efficiente la strumentazione della Sala Operativa

FUNZIONE 6: SERVIZI ESSENZIALI	Da attivare in caso di necessità
FASE	AZIONE
ATTENZIONE	
PREALLARME	
ALLARME	<p>-Si occupa dell'eventuale ripristino di infrastrutture a rete dei servizi essenziali danneggiati (acqua, luce, gas, fognatura)</p> <p>-In caso di danneggiamento degli edifici scolastici, si adopera per rendere possibile lo svolgimento delle attività scolastiche necessarie presso edifici sostitutivi</p>

FUNZIONE 7: CENSIMENTO DANNI	Da attivare immediatamente
FASE	AZIONE
ATTENZIONE	
PREALLARME	.
ALLARME	<p>-Accoglie le richieste di sopralluogo provenienti dai cittadini</p> <p>-Organizza le squadre con la <i>Funzione 2: Sanità Assistenza Sociale e Veterinaria</i> e la <i>Funzione 4: Volontariato</i> per la stima del numero di persone evacuate, ferite, disperse o decedute</p> <p>-Predispone i provvedimenti amministrativi per garantire la pubblica e privata incolumità</p> <p>Giornalmente rende noti i dati sui danni accertati relativamente agli edifici pubblici, privati, attività produttive e commerciali, agricoltura, zootecnia ed edifici di rilevanza storico-artistica.</p>

FUNZIONE 8: STRUTTURE OPERATIVE LOCALI E VIABILITA'	Da attivare immediatamente
FASE	AZIONE
ATTENZIONE	
PREALLARME	Mantiene i contatti con la Prefettura
ALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Richiede e gestisce l'intervento e l'arrivo delle strutture operative (VV.FF. Polizia Locale, Carabinieri, Volontariato) -Effettua una ricognizione subito dopo l'evento per verificare l'entità ed il luogo colpito -Da le disposizioni per delimitare le aree a rischio attraverso l'istituzione di posti di blocco (cancelli) -Aggiorna la situazione sulle forze che stanno lavorando e sugli interventi della giornata -Si raccorda con la <i>Funzione 3: Volontariato</i>, per l'organizzazione dei volontari -Individua i materiali, i mezzi ed il personale necessario alla messa in sicurezza della rete stradale e degli edifici e cura i rapporti con le ditte che eseguono i lavori, eventualmente intervenendo in danno, se necessario -Garantisce il rapporto con la Prefettura e gli altri Organi di Polizia -Predispone la vigilanza degli accessi interdetti delle aree inagibili -Individua i punti critici del sistema viario e predispone gli interventi

FUNZIONE 9: ASSISTENZA ALLA POPOLAZIONE	Da attivare in caso di necessità
FASE	AZIONE
ATTENZIONE	
PREALLARME	
ALLARME	<ul style="list-style-type: none"> -Provvede, in accordo, con la <i>Funzione 3: Volontariato</i> al vettovagliamento della popolazione subito dopo l'evento -Garantisce l'assistenza alla popolazione nelle aree di attesa -Raccoglie le domande di posti letto, vestiario, o altro materiale utile -Coordina i soccorsi alle categorie deboli

MODELLO DI INTERVENTO EMERGENZA “ANTHROPOGENIC SINKHOLE”

SISTEMA DI ALLERTA

EVENTO	TIPO DI EVENTO	FASE DI ALLERTA
Voragine da cavità ipogea in area urbana	Previsto	ATTENZIONE Perdite di sottoservizi idrici e fognari, precipitazioni persistenti, deformazioni delle sedi stradali, segnalazioni per infiltrazioni d’acqua nelle cavità-cantine, edifici, fratture e edifici
		PREALLARME Peggioramento delle condizioni meteo e/o accentuazione dei segnali precursori di possibili voragini, aumento delle precedenti deformazioni stradali e avvallamento, lesioni strutturali ad edifici per cedimenti differenziali con eventuali inclinazioni, segnalazioni da condomini o proprietari di cavità censite di un aumento anomalo dei fenomeni di sgrottamento degli “occhi di monte” o delle infiltrazioni d’acqua nelle cavità cantina
		ALLARME Protrarsi delle condizioni meteo negative e/o maggiore accentuazione dei segnali precursori descritti nella fase di preallarme innesco VORAGINE

FASE 0: CONDIZIONI DI PACE

Normale svolgimento delle attività sociali ed economiche della popolazione

Viene diramato il bollettino di condizioni meteorologiche avverse e/o

Al Comune giunge una segnalazione generale di cedimento della sede stradale o di problemi strutturali o di infiltrazione d'acqua a strutture insediative (condominio, proprietà, pubblica/privata)

FASE 1: ATTENZIONE

All'arrivo della comunicazione, il **Responsabile dell'Ufficio Comunale di Protezione Civile** deve:

valutare l'attendibilità della comunicazione in considerazione della sua gravità e delle conseguenze che l'evento potrebbe avere sul territorio

se lo ritiene opportuno organizza un sopralluogo con il personale comunale

se lo ritiene opportuno avvisa il Sindaco

SITUAZIONE 1:

Nel caso in cui la situazione sia fronteggiabile con i mezzi e le risorse a disposizione del Comune e si preveda un miglioramento delle condizioni generali del rischio, il **Responsabile dell'Ufficio Comunale di Protezione Civile** deve:

-Attendere conferma del miglioramento delle condizioni generali di rischio

-Gestire il ritorno alle condizioni normali di vita

Si ritorna quindi alla "**Fase 0: Condizioni di Pace**"

FASE 3: ALLARME

Il Sindaco, deve

-Completare l'attivazione del C.O.C., attivando le funzioni di supporto

-Mantenere sotto continuo monitoraggio l'evolversi del fenomeno, avvalendosi della **Funzione 1: Tecnica e Pianificazione.**

-Attivare le procedure per l'impiego delle risorse avvalendosi della **Funzione 4: Risorse di Mezzi e Materiali.**

-Disporre le ricognizioni della zona a rischio a mezzo dei VV.FF delle Forze dell'Ordine e del Volontariato avvalendosi della **Funzione 8 – Strutture Operative Locali e Viabilità.**

-Diramare l'allarme e le informazioni alla popolazione, avvalendosi della **Funzione 8: Strutture Operative Locali e Viabilità.**

-Individuare i materiali, i mezzi ed il personale necessario alla messa in sicurezza della rete stradale e curare i rapporti con le ditte che eseguono i lavori avvalendosi della **Funzione 8: Strutture Operative Locali e Viabilità.**

-Individuare i punti critici del sistema viario e predisporre gli interventi necessari al ripristino della viabilità, avvalendosi della **Funzione 8: Strutture Operative Locali e Viabilità.**

-Si accerta la possibilità di evacuazione delle persone no autosufficienti, avvalendosi della **Funzione 2: Sanità Assistenza Sociale e Veterinaria**

-Accertare la disponibilità delle strutture di ricovero, avvalendosi della **Funzione 1: Tecnica e Pianificazione e Funzione 9: Assistenza alla Popolazione**

-Disporre l'evacuazione della popolazione delle aree a rischio

Distribuire ai sinistrati i ricoveri provvisori, organizzando e provvedendo alla sistemazione alloggiativa di eventuali sfollati, avvalendosi della **Funzione 9: Assistenza alla Popolazione.**

-Qualora disponibili, coordinare l'impiego delle forze di volontariato avvalendosi della **Funzione 3: Volontariato.**

In sintesi, è opportuno precisare che, compatibilmente con le dimensioni e l'importanza dell'evento scatenatosi, il Dirigente dell'Ufficio di Protezione svolge funzioni di:

Coordinatore di tutte le attività sino all'insediamento del C.O.C.

Gestisce il flusso delle informazioni in emergenza, mantenendo il raccordo tra il C.O.C. (Coordinatore e Componenti) ed i direttori degli Uffici coinvolti ed i Responsabili delle Funzioni di Supporto Attivate.

Attiva i "Nuclei di Collegamento", i Servizi/Uffici per gli adempimenti delle procedure delle Funzioni di Supporto di cui è responsabile: in particolare, contatta i referenti delle Funzioni di Supporto indicategli fornendo agli stessi informazioni sull'evento invitandoli a raggiungere immediatamente la sala operativa dell'Ufficio di Protezione Civile Comunale.

Consulta i capitoli, la cartografia e le tavole degli Scenari predefiniti e dei Piani di emergenza per il rischio specifico ed attua le procedure degli stati di attivazione corrispondenti all'evento. Mantiene i contatti, acquisisce e scambia ulteriori informazioni con la S.O. VV.F., il "Nucleo di Collegamento" con le squadre di pronto impiego del Servizio di Manutenzione Comunale, con le società erogatrici dei servizi pubblici e gas di città con la Polizia Municipale, con le Forze di Polizia, la Prefettura, in particolare su:

- fenomeno o evento riscontrato;
- misure di interdizione dell'area interessata e di protezione per la popolazione;
- danni visibili alle cose e stato dei servizi essenziali;
- numero di persone coinvolte;
- situazione di pericolo per l'incolumità delle persone;
- misure di salvaguardia e di assistenza alla popolazione approntate;
- presenza di personale medico e ambulanze;
- presenza di Vigili del Fuoco;
- presenza di Forze dell'Ordine;
- presenza di Volontari di Protezione Civile;
- presenza di coinvolgimento Strutture Operative Comunali e di Supporto;

Provvede all'immediata comunicazione degli aggiornamenti e delle informazioni raccolte alle Direzioni dell'Ufficio con le stesse modalità dello Stato di Attivazione. Annota e controfirma l'orario ed il contenuto delle comunicazioni ricevute ed effettuate;

Consulta le previsioni ed i Bollettini meteo su www.protezionecivile.gov.it per eventuali misure protettive (impermeabilizzazioni temporanee) dell'area in crisi nel caso dell'approssimarsi di cattive condizioni meteo;

Mantiene i contatti con il Comandante dei Vigili del Fuoco, il 118, gli Uffici di Protezione Civile della Prefettura, della Provincia, della Regione, dello Stato o di altri Enti competenti;

Su disposizione del Capo di Gabinetto o Assessore Delegato informa il Prefetto e il Presidente della Regione;

Qualora l'intervento non è fronteggiabile con le forze disponibili richiede l'intervento, con la costituzione di ulteriori Centri Operativi, allo Stato tramite la Prefettura ed il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, come previsto dall'art. 2 della Legge 225/92;
Viene aggiornato continuamente dai Responsabili delle Funzioni di Supporto attivate.



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
C.I.R.A.M. – Centro Interdipartimentale di Ricerca Ambiente

Dottorato di Ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali
XXV Ciclo

***ANALISI SISTEMICA PER UNA VALUTAZIONE
DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO
DI TERRITORI DELL'AGRO NOLANO
CON PRESENZA DI CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO***

Il Coordinatore
Prof. Maurizio Fedi

Co-Tutor
Prof. Geol. Domenico Calcaterra

Il Tutor
Prof. Ing. Massimo Ramondini

Il Dottorando
Dott. Geol. Gianfranco Caccavale

DOCUMENTAZIONE N. 2



**ANTHROPOGENIC SINKHOLES
REGISTRATI NEL TERRITORIO NOLANO**

COMUNE	ANNO	ANTHROPOGENIC SINKHOLE	DANNI E INTERVENTI
CASAMARCIANO	1965	Lat. 40° 55' 58" N - Long. 14° 33' 10" E Su uno slargo privato su Piazza Municipio	Dissesto avvenuto in un giardino privato, sistemazione mediante riempimento con pozzolana e pietrame
CASAMARCIANO	1968	Lat. 40° 55' 56" N - Long. 14° 33' 17" E In una proprietà privata su Via Roma	Dissesto avvenuto in un giardino, risanamento mediante un riempimento
CASAMARCIANO	1970	Lat. 40° 56' 05" N - Long. 14° 33' 11" E In una cantina diruta alla Via Pizzone	Riempimento della grotta in vista di un suo abbandono
CASAMARCIANO	1972	Lat. 40° 55' 57" N - Long. 14° 33' 16" E All'interno di una proprietà privata su Via Santa Maria	Collasso improvviso di un albero di arancio amato, sistemazione della voragine attraverso il riempimento della bocca di cava con terreni sciolti e pietrame
CASAMARCIANO	1974	Lat. 40° 56' 04" N - Long. 14° 32' 57" E Su Via Starza per piogge intense	Interruzione del transito pedonale e autoveicolare sino alle operazioni di bonifica
CASAMARCIANO	1975	Lat. 40° 55' 55" N - Long. 14° 33' 16" E In una proprietà privata collocata su Via Roma	Crollo di un muro di recinzione, intervento di bonifica localizzato
CASAMARCIANO	1976	Lat. 40° 55' 58" N - Long. 14° 33' 10" E Presso Piazza Municipio	Sgombero dei proprietari risiedenti in un'unità abitativa, successiva demolizione e ricostruzione del fabbricato urbano, con vertenza legale di risarcimento danni a carico del Comune per responsabilità su rete fognaria
CASAMARCIANO	1976	Lat. 40° 55' 58" N - Long. 14° 33' 13" E In un giardino di una villa privata su via Roma	Il risanamento della voragine è avvenuto con riempimento di terreni sciolti
CASAMARCIANO	1978	Lat. 40° 55' 58" N - Long. 14° 33' 06" E Su Piazza Municipio	Il dissesto è stato sistemato con fondi della Regione Campania, in concomitanza con la realizzazione dell'attuale edificio comunale
CASAMARCIANO	1984	Lat. 40° 56' 06" N - Long. 14° 33' 06" E Sui marciapiedi della Strada Circumvallazione	Interruzione dei lavori di pubblica fognatura, risanamento localizzato della bocca di cava senza ulteriori accertamenti e indagini ricognitive
CASAMARCIANO	1987	Lat. 40° 56' 53" N - Long. 14° 33' 14" E All'interno di una proprietà privata su Via Roma	Dissesto avvenuto in un orto, sistemazione attraverso delimitazione dell'area, assenza di indagini geologiche e speleologiche
CASAMARCIANO	1987	Lat. 40° 56' 27" N - Long. 14° 33' 23" E In uno stabilimento su Via Circumvallazione	Il dissesto sotterraneo coinvolge un edificio collocato all'interno di una pollicoltura, grave ribaltamento e trascinamento verticale della palazzina uffici, l'intera area è stata interessata da opere di bonifica controllata
TUFINO	1995	Lat. 40° 56' 59" N - Long. 14° 33' 41" E Nell'area cimiteriale di primo ampliamento	Il dissesto è avvenuto nel campo di inumazione, sistemazione con riempimento localizzato, assenza di approfondimenti geologici e rilevamenti speleologici
CASAMARCIANO	1997	Lat. 40° 56' 09" N - Long. 14° 33' 13" E Nell'area antistante il Parco Giordano Bruno	Sistemazione dell'area, previa esecuzione di indagini geofisiche e geologiche, riempimento della voragine sverso di con pozzolane e malta cementizia
CASAMARCIANO	2002	Lat. 40° 56' 28" N - Long. 14° 33' 26" E In un terreno agricolo prospiciente Strada Circumvallazione	Non è stato attuato alcun intervento di risanamento, la bocca di monte è stata solo recintata e lasciata al degrado statico
CASAMARCIANO	2003	Lat. 40° 56' 03" N - Long. 14° 33' 03" E Sullo Svincolo Via Circumvallazione-Via Starza	Transennamento del dissesto con interruzione dei lavori di sistemazione stradale, indagini geologiche e successive azioni di bonifica
CASAMARCIANO	2004	Lat. 40° 56' 23" N - Long. 14° 33' 26" E In una villa privata sulla Strada Circumvallazione	Allo stato attuale, l'area è sequestrata per motivi di responsabilità penali circa i danni cagionati alle strutture edilizie presenti e per l'incolumità di operai che sono stati coinvolti nell'episodio
CASAMARCIANO	2007	Lat. 40° 56' 00" N - Long. 14° 33' 00" E Su una stradina condominiale del Parco Tortora	Interruzione del transito privato, sistemazione della bocca con un risanamento localizzato mediante sverso di piroclastiti sciolte e malta cementizia
CASAMARCIANO	2008	Lat. 40° 56' 18" N - Long. 14° 33' 15" E In un centro distribuzione di gas propano	Crollo di un muretto di recinzione, esecuzione di un intervento di risanamento dell'area interessata dalla voragine, ricostruzione del tratto di opera danneggiata
CASAMARCIANO	2010	Lat. 40° 56' 38" N - Long. 14° 33' 24" E Su un terreno agricolo posto sulla Strada Statale 7 bis	Questo dissesto sotterraneo ha inghiottito due familiari impegnati sul lavoro agricolo, dopo molte ore, essi sono stati celermente recuperati e soccorsi dai Vigili del Fuoco di Napoli, uno di essi ha riportato fratture varie
CASAMARCIANO	2011	Lat. 40° 56' 10" N - Long. 14° 33' 17" E Nell'area antistante Parco Giordano Bruno	Transennamento dell'area libera
CASAMARCIANO	2011	Lat. 40° 56' 17" N - Long. 14° 33' 10" E In un terreno agricolo prospiciente Strada Circumvallazione	Attuato un primo transennamento, attuate azioni di bonifica
CASAMARCIANO	2011	Lat. 40° 56' 05" N - Long. 14° 33' 10" E Al di sotto di un fabbricato sito alla Via Pizzone	Sgombero del manufatto edilizio e della stradina privata, irrigidimento della bocca di cava con pali e soletta in calcestruzzo di copertura, assenza di indagini geologiche ricognitive e ispezioni speleologiche
TUFINO	2013	Lat. 40° 57' 18" N - Long. 14° 33' 48" E In un terreno agricolo in aderenza su Via IV Novembre	Sgombero di un manufatto edilizio confinante, il dissesto è da riferirsi al crollo di un'antica cisterna, in corso prime indagini geologiche-speleologiche



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
C.I.R.A.M. – Centro Interdipartimentale di Ricerca Ambiente

Dottorato di Ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali
XXV Ciclo

***ANALISI SISTEMICA PER UNA VALUTAZIONE
DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO
DI TERRITORI DELL'AGRO NOLANO
CON PRESENZA DI CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO***

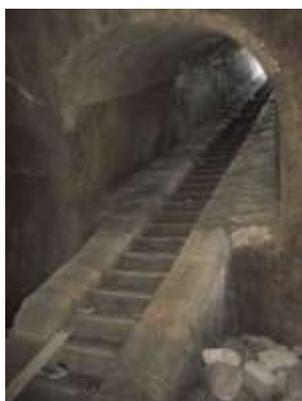
Il Coordinatore
Prof. Maurizio Fedi

Co-Tutor
Prof. Geol. Domenico Calcaterra

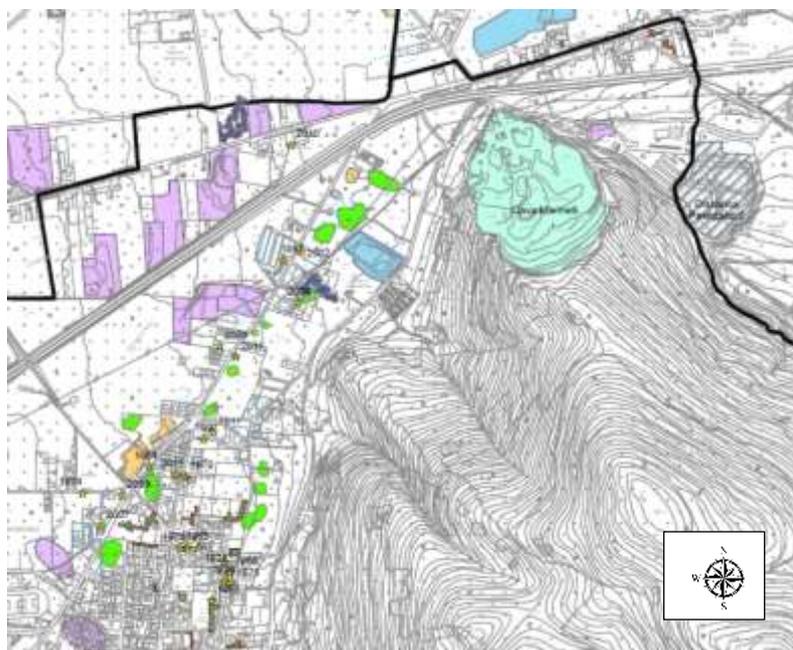
Il Tutor
Prof. Ing. Massimo Ramondini

Il Dottorando
Dott. Geol. Gianfranco Caccavale

DOCUMENTAZIONE N. 3

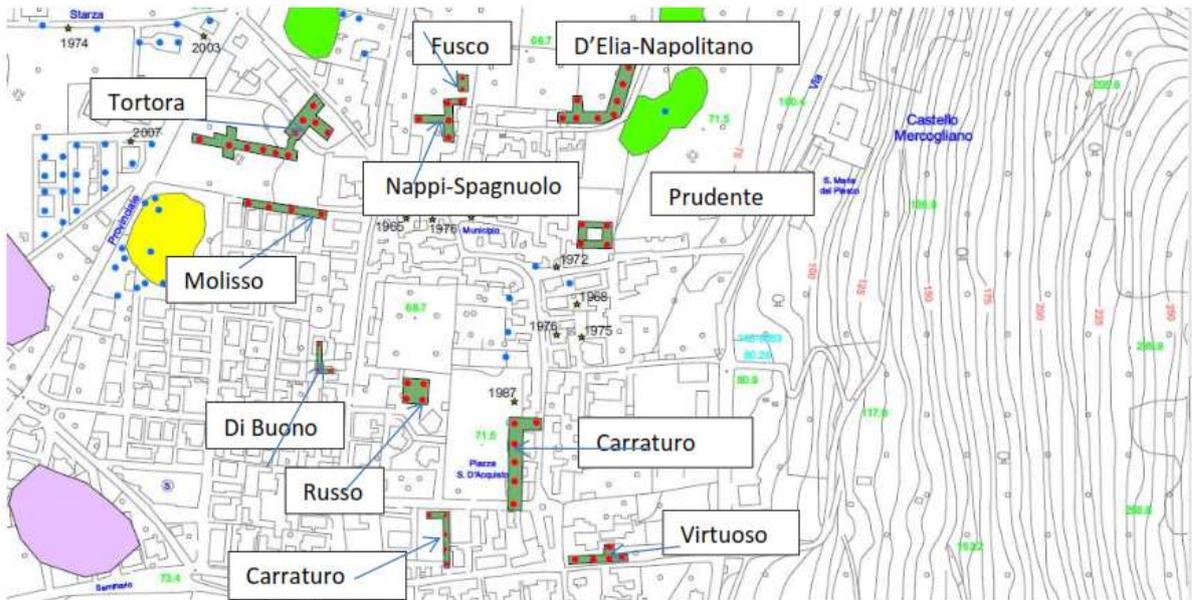


SCHEDE DELLE GROTTA-CANTINE DEL NOLANO



CODICE ISTAT 018- CASAMARCIANO-

Indirizzo(*)	Proprietà (*)
Via Roma n.41	Angelillo-Virtuoso
Via S. Maria n.9	Prudente
Corso Raffaele Mercogliano n.55	Russo
Via Cavalier Michele Barone n.21	Fusco
Corso Raffaele Mercogliano n.30	Buono ex Meo
Via Pizzone n.34	De Canditiis
Via Nola n.3	Molisso-Ex Barone
Via Roma n. 30/58	Carraturo
Via Emilio De Feo n. 6	Carraturo
Via Circumvallazione/ Via Taverna	Tortora
Via Cavalier Michele Barone n.11	Nappi-Spagnuolo
Via Cavalier Michele Barone n.37	Napolitano Ex- D'Elia
Via Nazionale delle Puglie n.190 - Frazione Schiava	Ferone
Via Nazionale delle Puglie n.198 –Frazione Schiava	Mercogliano



CASAMARCIANO (NA) - CENTRO ABITATO



CASAMARCIANO (NA) - FRAZIONE SCHIAVA

SCHEDA CENSIMENTO 0180001	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Roma, 41
PROPRIETA' DELLA CAVITA' ANGELILLO-VIRTUOSO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 55' 49.39" N - 14° 33' 17.92" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 376 794 786" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="169 817 772 1055" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1122 320 1149">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1151 798 1285">L'ipogeo è collocato al di sotto di un antico fabbricato ad angolo tra Via Roma e Vico San Clemente. Si tratta di un'ampia cavità a tre navate e rivestita i conci di tufo impiegati per il contenimento dei terreni sciolti e delle sottostanti ghiaie calcaree, presenti nella serie stratigrafica locale.</p> <p data-bbox="148 1288 798 1397">E' plausibile ritenere questo ambiente come un tentativo di sfruttamento dell'ammasso tufaceo non rinvenuto in situ, in ogni caso, la presenza di muretti in pietra e botti e fusti abbandonati comprova il suo impiego per finalità enotecniche.</p> <p data-bbox="148 1400 798 1456">A questo ambiente profondo si accede con rampa di scala di n. 63 gradini parallela allo sviluppo delle tre navate.</p> <p data-bbox="148 1458 798 1509">La quota calpestio è a -12.00 metri dal Vico San Clemente con altezze degli archi a sesto ribassato non minori di 10.00 m.</p> <p data-bbox="148 1512 798 1590">Le bocche di lupo vengono a posizionarsi lungo il perimetro del fabbricato, a differenza di un'ampia lustriera che è collocata sulla parete nord, a metà della rampa di scala.</p>	<div data-bbox="820 450 1410 696" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="820 730 1410 965" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="820 976 1410 1218" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="858 1252 1374 1485" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="906 1518 1334 1765" data-label="Image"> </div>

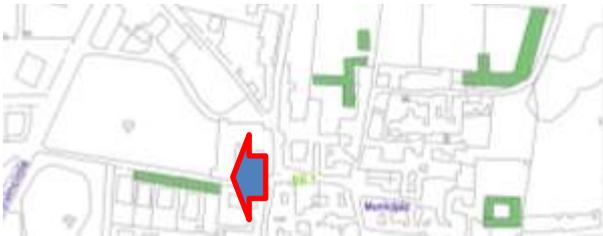
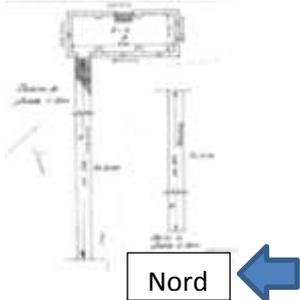
SCHEDA CENSIMENTO 0180002	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Santa Maria, 9
PROPRIETA' DELLA CAVITA' PRUDENTE	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 55' 57.95" N - 14° 33' 17.09" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO E FOTO
<div data-bbox="150 376 794 786" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="165 853 778 1093" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="580 1115 689 1272" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="150 1518 798 1720" data-label="Text"> <p>DESCRIZIONE Cavità con pianta quadrata costituita da sale intercomunicanti disposte ad elle, a cui si accede attraverso una scalinata di una novantina di gradini ortogonale alla parte bassa del lato sinistro della sagoma. Tre bocche di areazione sono presenti nella cavità ed una al termine della rampa di scala. Attualmente, la cantina è stata chiusa e non è più accessibile.</p> </div>	<div data-bbox="927 488 1342 797" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="938 831 1329 1122" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0180003	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Corso Raffaele Mercogliano, 55
PROPRIETA' DELLA CAVITA' RUSSO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 55' 54.33" N - 14° 33' 10.54" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON FOTO
<div data-bbox="148 412 794 824" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="598 857 718 992" data-label="Text"> <p>Nord </p> </div> <div data-bbox="148 999 754 1238" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1487 320 1514">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1516 798 1899"> La grotta è costituita da tre camere intercomunicanti testimoniati da muretti di protezione dei pozzi di areazione ancora ben visibili e riportati nella planimetria catastale del 1939, il quarto pozzo è invece collocato in testa alla rampa di accesso con funzione di illuminazione diurna. La discenderia (2.70 * 3,25 m) che consta di n. 110 gradini munita di scivoli laterali si sviluppa nei terreni piroclastici e si approfondisce fino ad una profondità di -19,00 metri dal piano campagna. La sezione delle camere è pseudo-parabolica con un'altezza massima pari a 6.00 m ed una sezione alla base di 7.00 m. La cavità è stata impiegata esclusivamente per attività enologiche, tuttavia, risale a pochi anni fa la decisione dell'anziana proprietaria di renderla inutilizzabile murando la scalinata e limitando la cantina allo spazio concesso dai primi trenta gradini della stessa. </p>	<div data-bbox="1003 521 1257 853" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="975 887 1289 1294" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="837 1330 1425 1547" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="984 1581 1278 1798" data-label="Image"> </div>

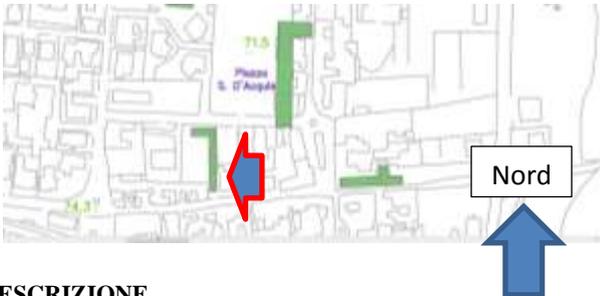
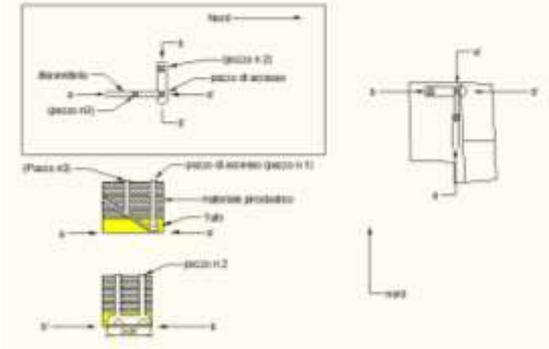
SCHEDA CENSIMENTO 0180004	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Cavalier Michele Barone, 23
PROPRIETA' DELLA CAVITA' FUSCO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 03.00" N - 14° 33' 12.70" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
 <p>DESCRIZIONE</p> <p>La pianta dell'ipogeo è rettangolare con una superficie calcolata (8.00*12.50) m²; l'altezza degli ambienti risulta pari a 5.00 metri; quota calpestio - 17.00 metri dal giardino soprastante), l'accesso è adl lato corto e scala ad una rampa in asse; due bocche di areazione nella sola cavità principale.</p> <p>Attualmente la cavità è chiusa e la ricostruzione è avvenuta sulla scorta di documentazione catastale e da testimonianze locali</p>	

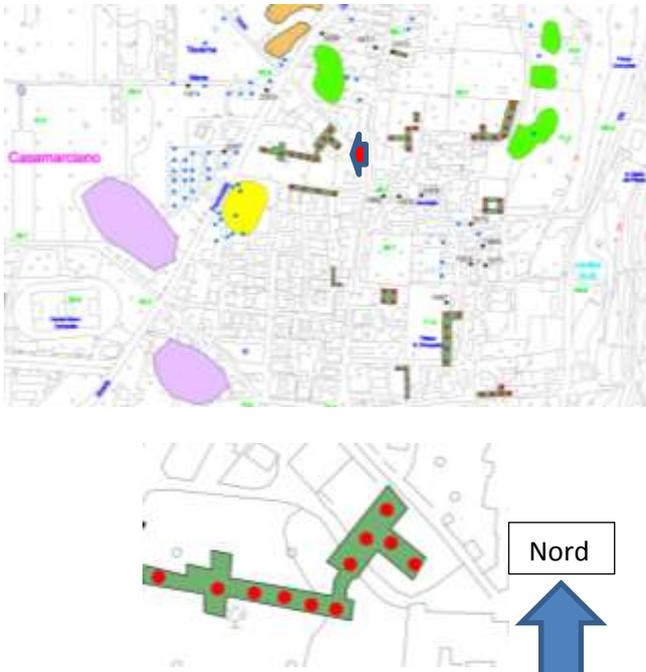
SCHEDA CENSIMENTO 0180005	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Corso Raffaele Mercogliano, 30
PROPRIETA' DELLA CAVITA' BUONO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 55' 55.98" N - 14° 33' 07.18" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="150 450 794 860" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="169 965 775 1200" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="549 1245 651 1413" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="150 1630 798 1794" data-label="Text"> <p>DESCRIZIONE La pianta dell'ipogeo è "ad elle" con angoli smussati e pareti regolari con accesso dal lato corto e scala ad una rampa in asse; la cavità è dotata di tre bocche, una posizionata nel vano scala, le restanti due fungono da condotti di areazione degli ambienti che presentano uno sviluppo normale alla discesa.</p> </div>	<div data-bbox="967 416 1299 663" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="887 734 1350 1032" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1011 1066 1254 1391" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="863 1424 1406 1637" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="970 1671 1294 1917" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0180006	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Pizzone, 34
PROPRIETA' DELLA CAVITA' DE CANDITIIS	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 08.39" N - 14° 33' 12.73" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
 <p>DESCRIZIONE</p> <p>Le notizie su questa grotta sono piuttosto scarse, ma è probabile che l'origine dell'ipogeo sia il risultato di un'attività estrattiva compiuta a scopo privato nei primi anni del XX secolo.</p> <p>Con la costruzione di una villa, la cavità antropica è stata successivamente interrata anche a seguito di un sgrottamento di uno dei due pozzi di luce.</p> <p>La ricostruzione planimetrica della cavità è avvenuta sulla scorta delle testimonianze locali, riconoscendo una sagoma di forma rettangolare con l'accesso dal lato lungo, mentre il tetto del tufo si rinviene a quota -11.50 metri dal locale piano campagna.</p> <p>Del cavo sotterraneo, allo stato attuale, sono visibili una parte dell'antica discenderia che porta ad un piccolo ambiente adibito a cantinola mal tenuta.</p>	

SCHEDA CENSIMENTO 0180007	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Nola, 3
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO
MOLISSO- EX BARONE	40° 55' 58.76" N - 14° 33' 07.68" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO E FOTO
  <p>DESCRIZIONE</p> <p>La grotta-cavità in tufo, costituita da n. 3 camere intercomunicanti, risulta a servizio di un antico fabbricato settecentesco prospiciente l'antica Via Nola, collocata in un primitivo agglomerato di abitazioni (Case di Cola), oggi pienamente inglobato dalla successiva conurbazione.</p> <p>Il rilievo planimetrico sommario proviene dalla consultazione della relativa documentazione catastale risalente al 1951 e da uno speditivo rilevamento tecnico per la verifica dello stato di conservazione dei vari ambienti (*Monteforte S. & Romano A., 2010) accompagnato da un relativo dossier fotografico (**G. Caccavale, 2010), con misura con rollina metrica degli spessori degli strati di terreno e l'altezza della cavità dai pozzi di luce.</p> <p>Il piano calpestio della cavità è posto ad una profondità media di 19.00 m. Ad essa si accede tramite una discenderia che diparte da un ampio locale (18.20*6.10) m², di proprietà della Committenza.</p> <p>La rampa di accesso, sulla quale è collocato un primo occhio per la illuminazione diurna, presenta le seguenti caratteristiche: n. 96 pedate di larghezza media pari a 30 cm ed altezza media pari a 17 cm, larghezza della cavità in pianta pari a 2.50 m, piedritti sub-verticali fino ad una altezza dal calpestio di 2.50 m; calotta a tutto sesto di raggio pari a 1.25 m; altezza in calotta pari a 3.35 m; sezione media della cavità 7.50 m².</p> <p>Le tre singole camere si sviluppano lungo un corridoio di 50 metri, presentano una sezione tipicamente trapezoidale in corrispondenza dei tre pozzi di accesso, la larghezza in pianta è pari a 5.60 m, l'altezza in calotta è pari a 3.50 m, la sezione media pari a 19.60 m², spessore minimo del tufo litoide in calotta pari a 0.80 metri</p> <p>Caratteristica di questa grotta-cantina è l'occupazione in sotterraneo di proprietà aliene, dove attualmente sorgono edifici privati, come anche testimoniato dalla presenza degli occhi della cavità nei relativi giardini.</p> <p><i>-*Monteforte S. & Romano A., 2010: Progetto per la ristrutturazione edilizia di un fabbricato per civile abitazione con annessa cavità-cantina sito nel Comune di Casamarciano (Na) -Via Nola n.3</i> <i>-**G. Caccavale, 2010: Repertorio fotografico degli ambienti dell'antica cantina Barone nel Comune di Casamarciano (Na).</i></p>	           

SCHEDA CENSIMENTO 0180008	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Roma, 30-58
PROPRIETA' DELLA CAVITA' Ex CARRATURO -TORTORA DIANA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 55' 50,48" N - 14° 33' 15,13" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
	
<p>DESCRIZIONE</p> <p>La cavità fu scoperta alla fine degli anni '80 nel corso di interventi di rafforzamento e ristrutturazione di uno stabile che è prospiciente su Via Roma. L'ipogeo si sviluppa a lato di una serie di fabbricati realizzati nei primi anni del XX secolo, è privo di discenderia, elemento che rende plausibile l'ipotesi di un'antica cava sotterranea interna al centro storico ed impiegata estesamente per lo sviluppo del rione "Case di Cola" nel tessuto edilizio preesistente.</p> <p>Le sei bocche della cavità sono parzialmente visibili nei terreni orticoli dei locali proprietari, tuttavia, risultano occluse la bocca posta sotto l'androne dello stabile e quella sottostante la strada comunale Via On. De Feo Emilio che è stata realizzata negli anni '90 del secolo scorso.</p> <p>I rilievi speleologici effettuati nell'ipogeo hanno attestato che la profondità del tufo si pone a -17.00 metri dal sopraterreno, la quota del calpestio è non inferiore a 26.00 m dalla superficie.</p>	

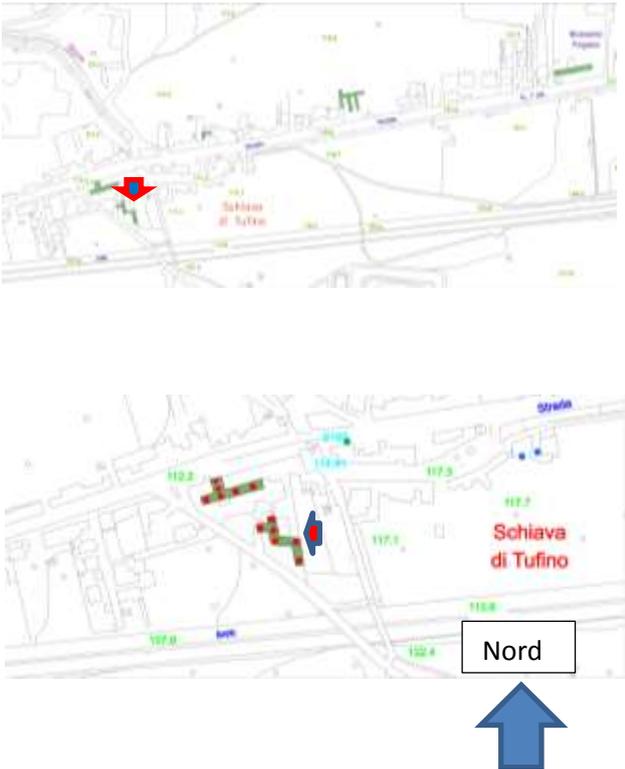
SCHEDA CENSIMENTO 0180009	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via On. Emilio De Feo, 41
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO
CARRATURO	40° 55' 49.09" N - 14° 33' 12.36" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
  <p>DESCRIZIONE</p> <p>La pianta di questa cavità è “ad elle” con angoli smussati e pareti regolari con accesso dal lato corto e scala ad una rampa in asse. Trattasi di un ipogeo risalente al XVIII sec., posseduto dall'aristocratico napoletano Magnifico D. Luzio Valenzano che deteneva immobili nel Quartiere “Curti”, come si rileva dal Catasto Generale Unitatis Terre Casamarciani, 1755, ASN, Atto d' Ordine da 927 a 930, f.140. Delle cinque bocche originarie della cavità, a seguito della parziale distruzione della discenderia e rinterro con scarti edilizi post-sisma '80, ne rimangono tre, le prime due nascoste da una voliera, l'ultima ben visibile nella proprietà. Essa presenta due ambienti: il primo si sviluppa ad una profondità di circa 25 m ed è lungo circa 23 m, con una larghezza media di circa 6 m ed altezza media di circa 6 m ha una sezione vagamente “trapezoidale” con il tetto a volta. La cavità si sviluppa interamente nel tufo in buono stato di conservazione tranne qualche segno di degrado che è in corrispondenza dei pozzi di accesso. Infatti, all'interno della cavità sono presenti due pozzi da cui uno (pozzo n.1), calandosi con tecniche speleologiche, si è potuto accedere, l'altro è attualmente chiuso alla sommità da una soletta di cemento. I pozzi, nella parte soprastante il tufo, sono completamente rivestiti di blocchetti di tufo in buono stato di conservazione. Lo spessore di tufo soprastante la volta della cavità è stimato in circa 1 metro di spessore. Alla base dei pozzi è presente una notevole quantità di materiale di risulta (calcinacci, pietre e materiale vegetale) e tale da formare delle piramidi alte circa 3 m, non è stato possibile controllare il livello del pavimento in quanto la parte non ricoperta da materiali di risulta è coperta da un piccolo strato di materiale piroclastico fluitato dall'acqua in tempi anche recenti. La cavità in passato era stata utilizzata come cantina (a testimonianza di ciò sono i resti di botti presenti) e come ricovero antiaereo nell'ultimo conflitto mondiale. Il secondo ambiente, lungo 31 m e largo in media 3 m è alto circa 2 m, si apre sul fianco della cavità alla base del pozzo n.1 in direzione Sud, è fortemente inclinato e rappresenta la discenderia di accesso alla cavità attualmente ostruita da materiali di risulta. Questo ambiente, essendo inclinato, si sviluppa solo per i primi 4 m nel tufo, la restante parte è stata scavata all'interno del materiale piroclastico che sovrasta il tufo. Sia le pareti che la volta sono completamente rivestite da una bellissima muratura in blocchetti di tufo in ottimo stato di conservazione, è presente un pozzo di accesso (pozzo n. 3) chiuso alla sommità da una soletta di cemento.</p> <p>Come negli altri due pozzi, anche quest'ultimo evidenzia una sezione quadrata (3.00 x 3.00) m², le pareti sono rivestite da blocchetti di tufo. Come per tutti gli altri ambienti, anche quest'ultimo è stato quasi completamente riempito da materiale di risulta buttato dentro dal vecchio accesso o da un ulteriore pozzo.</p>	 <p>Foto Bocchino B., 2013</p> 

SCHEDA CENSIMENTO 0180010	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Circumvallazione- Località Taverna
PROPRIETA' DELLA CAVITA' TORTORA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 00.41" N - 14° 33' 07.56" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
 <p>DESCRIZIONE</p> <p>Tale cavità, una volta realizzata per l'estrazione del tufo come materiale da costruzione, è stata successivamente utilizzata per la conservazione del vino, essendo stata di proprietà del Monastero dei Verginiani (Catastu Generale Unitatis Terre Casamarciani, 1755, ASN, Atto d' Ordine da 927 a 930, ff. 104-105), sino al 1807. A tale scopo e per l'accesso ai vari ambienti, furono realizzati due rampe di scale con ingresso da Via Circumvallazione e da Via Taverna. La scala, costituita da n. 95 gradini, è dotata di scivoli laterali ed attraversa l'intero pacco di materiali incoerenti, con una pendenza pari al 4%, il vano scala è costituito da conci di pietra tufacea fino ad interessare il tetto della bancata tufacea dove ha termine il rivestimento murario in conci di tufo. Il piano calpestio della cavità principale ha una profondità di circa 19.00 metri dal p.c. e si presenta costituito da qualche decina di centimetri di materiale di risulta compattato sul sottostante tufo litoide. La cavità ha un'estensione ispezionabile di circa 900 m² ed un altro tronco parzialmente occultato in direzione Via Circumvallazione presumibilmente pari ad almeno 200 m². L'andamento planimetrico è rappresentato da una navata centrale che ha un ramo iniziale che si sviluppa a partire dalla fine della rampa in discesa e poi prosegue verso una proprietà attigua. Procedendo nella navata principale, si riscontrano ulteriori tre rami in corrispondenza dell'ultimo pozzo di luce prossimo a Via Circumvallazione, formando un vero e proprio incrocio costituito da quattro rami che si intersecano quasi ortogonalmente, dove il ramo che prosegue verso Via Circumvallazione risulta quasi totalmente inaccessibile perché occluso da materiale da crollo.</p> <p>Il rilevamento topografico sotterraneo, eseguito per l'edificazione in superficie di un complesso di villette unifamiliari (*Spizuoco A. & al., 2003) ha chiarito che il ramo occluso costituiva il ramo terminale che accedeva ad un'altra rampa di scala e che conduceva ad un ulteriore ingresso su Via Circumvallazione. Per la navata principale le dimensioni dello scavo si presentano non uniformi con una geometria dell'intradosso della sezione trasversale che non è identica per tutto il suo sviluppo: un primo tronco, lungo circa 33.00 m, presenta sezione pseudo-circolare con una base larga mediamente di 7.50 metri ed un'altezza di 5.00 m tra piano di calpestio e volta, un secondo tronco lungo circa 18.00 m, con il cielo appiattito ovvero quasi sub-orizzontale, presenta una base di 5.00 m ed un'altezza di 5.00. Queste differenze sostanziali sono attribuibili a "varie maestranze" che hanno operato nella cava tufacea in tempi diversi. Il primo ramo in destra orografica si caratterizza per un tratto iniziale curvo lungo circa 18 metri e di ridotte dimensioni trasversali (larghezza in pianta di circa 4.00 m ed altezza in chiave pari a 2.80 m dal piano calpestio) e da un tratto consecutivo avente una lunghezza superiore ai 40.00 m, una base larga oltre 9.00 metri ed un'altezza di circa 4.00 metri. Alla fine del ramo principale si sviluppano gli altri rami secondari, tra i quali uno parzialmente accessibile, le cui dimensioni risulterebbero in larghezza di circa 8.00 m ed in altezza poco superiore ai 6.00 m, ossia una sezione anomala che richiama alla mente un trapezio con lati obliqui curvilinei. Le volte delle cavità si rinvengono, in sezione trasversale, con una forma prevalentemente pseudo-parabolica, tuttavia, a causa di una profondità del piano calpestio variabile tra i 19.00 m ed i 16.00 m, i vari tronchi di galleria presentano altezze che oscillano in chiave tra i 2.75 metri ed i 4.75 metri. La rampa di accesso alla cavità presenta le seguenti caratteristiche: n. 96 pedate di larghezza media pari a 30 cm ed altezza media pari a 17 centimetri, larghezza della cavità in pianta pari a 2.50 metri, piedritti sub-verticali fino ad un'altezza dal calpestio di 2.50 m; calotta a tutto sesto di raggio pari a 1.25 metri; altezza in calotta pari a 3.35 metri; sezione media della cavità pari a 7.50 m².</p> <p><i>*Spizuoco A. & Ambrosino G., 2003: Consulenza relativa a cavità sotterranee presenti nel sottosuolo di un'area sita in Casamarciano (Na) Località "Taverna" per lottizzazione</i></p>	

SCHEDA CENSIMENTO 0180011	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Cavalier Michele Barone, 11
PROPRIETA' DELLA CAVITA' NAPPI-SPAGNUOLO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 01.53" N - 14° 33' 12.40" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
  <div style="text-align: center;"> <div data-bbox="639 1211 746 1263" data-label="Text"> Nord </div> <div data-bbox="647 1272 738 1368" data-label="Image"> </div> </div>	  
<p>DESCRIZIONE</p> <p>La grotta presenta una pianta complessa a forma di T (superficie complessiva 300 m²; altezza 4.80 metri; quota di calpestio posta a -18.00 metri dal sopratterra) con accesso dal lato lungo e due scale di accesso ortogonali, a cui fa seguito un'unica rampa in asse.</p> <p>Nell'ampio giardino sono presenti quattro bocche di areazione che interessano la cavità principale ed una il vano scala, inoltre, il pozzo di areazione posto sul lato destro giunge sino alla falda freatica in modo da consentire il prelievo della risorsa sotterranea direttamente dalla superficie.</p>	   

SCHEDA CENSIMENTO 0180012	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Cavalier Michele Barone, 37
PROPRIETA' DELLA CAVITA' NAPOLITANO- EX D'ELIA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 01.51" N - 14° 33' 16.22" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE TECNICA E FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 376 794 786"> </div> <div data-bbox="148 853 794 1088"> </div> <p data-bbox="148 1126 320 1151">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1153 794 1500"> La grotta-cavità in tufo, costituita da n. 4 camere intercomunicanti e da una grotta laterale, a servizio di un antico fabbricato di Via Sidon (oggi Via Barone), ricade nell'area urbanizzata del territorio comunale, poco a Nord di Piazza Municipio e della Chiesa Parrocchiale di San Clemente. Si tratta probabilmente di ampio ipogeo vinario del XVIII secolo di cui si fa menzione nel <i>Catasto Generale Unitatis Terre Casamarciani</i> [A.R.P. 1755] e che era di proprietà di un antenato dei proprietari che si sono succeduti [f. 48]. Il sottosuolo dell'area è costituito da una coltre di terreni sciolti posti a copertura del tufo vulcanico rappresentato dalla serie dell'Ignimbrite Campana, in facies zeolitizzata e non. Al di sotto di tali terreni ed al tetto del tufo vi è uno strato di tufo poco cementato (mappamonte), di spessore pari a 1.45-2.70 metri, talora con inclusi calcarei, che ha caratteristiche geotecniche intermedie tra i terreni di copertura (incoerenti) ed il tufo vero e proprio (roccia tenera). Il rilievo planimetrico sommario proviene dalla consultazione di documentazione catastale esistente e da un nuovo rilevamento in loco per il recupero degli ambienti alla cultura enologica della zona (*G. Pesce, 2003), il rilievo altimetrico è stato realizzato calando una rollina metrica dai pozzi posti in superficie lungo il percorso della cavità, così da ricavare gli spessori relativi degli strati di terreno e l'altezza della cavità. Il piano calpestio della cavità è posto ad una profondità media di 17.00 m- 17.40 m. Ad essa si accede tramite una rampa di scale (discenderia) che diparte da una stanza di proprietà della Committenza, il cui piano calpestio è sottoposto di 1.60 m rispetto al piano stradale di Via M. Barone e giunge ad una piccola grotta (5 -7 m) antistante la camera 1 il cui calpestio è posto a quota -16.60 m dal piano campagna. </p> <p data-bbox="148 1503 794 1592"> La rampa di accesso alla cavità presenta le seguenti caratteristiche: n. 88 pedate aventi una larghezza media pari a 30 cm ed un'altezza media pari a 17 cm, larghezza della cavità in pianta pari a 2.50 m, piedritti sub-verticali fino ad un'altezza dal calpestio di 2.10 metri; calotta a tutto sesto di raggio pari a 1,25 m; altezza in calotta pari a 3.35 m; sezione media della cavità pari a 7.70 m². </p> <p data-bbox="148 1594 794 1630"> Per le caratteristiche geometriche delle varie camere della cavità, riportate in una pianta redatta in Scala 1.300, si rimanda al contenuto grafico di quattro sezioni di dettaglio: </p> <p data-bbox="148 1632 794 1722"> CAMERA 2 - SEZ. A—A' (tipica delle gallerie): profondità del calpestio - 17.25 m dal piano campagna; larghezza in pianta pari a 6,50 m; piedritti subverticali fino ad una altezza di 2,55 m dal calpestio; calotta a tutto sesto di raggio pari a 3,25 m; altezza massima in calotta pari a 5,80 m; sezione media pari a 33,16 m²; spessore minimo del tufo litoide in calotta pari a 1,00 m; spessore del mappamonte pari a 1,80 m. </p> <p data-bbox="148 1724 794 1794"> SEZ. B—B' (trapezia in corrispondenza del pozzo 2); profondità del calpestio - 17.25 m dal piano campagna; larghezza in pianta pari a 6.50 m; larghezza in calotta pari a 2.00 metri; altezza in calotta pari a 6.80 m; sezione media pari a 28.90 m²; spessore minimo del tufo litoide in calotta pari a 0,00 m spessore del tufo litoide in calotta pari a 1.80 m; </p> <p data-bbox="148 1796 794 1888"> CAMERE 1 e 3-SEZ. C—C' (tipica delle gallerie): profondità del calpestio - 17.40 m. dal piano campagna; larghezza in pianta pari a 7.25 m; piedritti leggermente convergenti fino ad un'altezza di 2.50 m dal calpestio; calotta a tutto sesto di raggio pari a 3.40 m; altezza massima in calotta pari a 5.90 m; sezione media pari a 35.72 m²; spessore minimo del tufo litoide in calotta pari a 1.45 m; spessore del mappamonte pari a 2.70 m. </p> <p data-bbox="148 1890 794 1924"> *G. Pesce, 2003: <i>Relazione Geotecnica per il progetto di risanamento conservativo ed adeguamento funzionale di un fabbricato sito nel Comune di Casamarciano (Na) alla Via C. Barone</i> </p>	<div data-bbox="834 376 1422 734"> </div> <div data-bbox="834 770 1422 1016"> </div> <div data-bbox="834 1052 1422 1888"> </div>

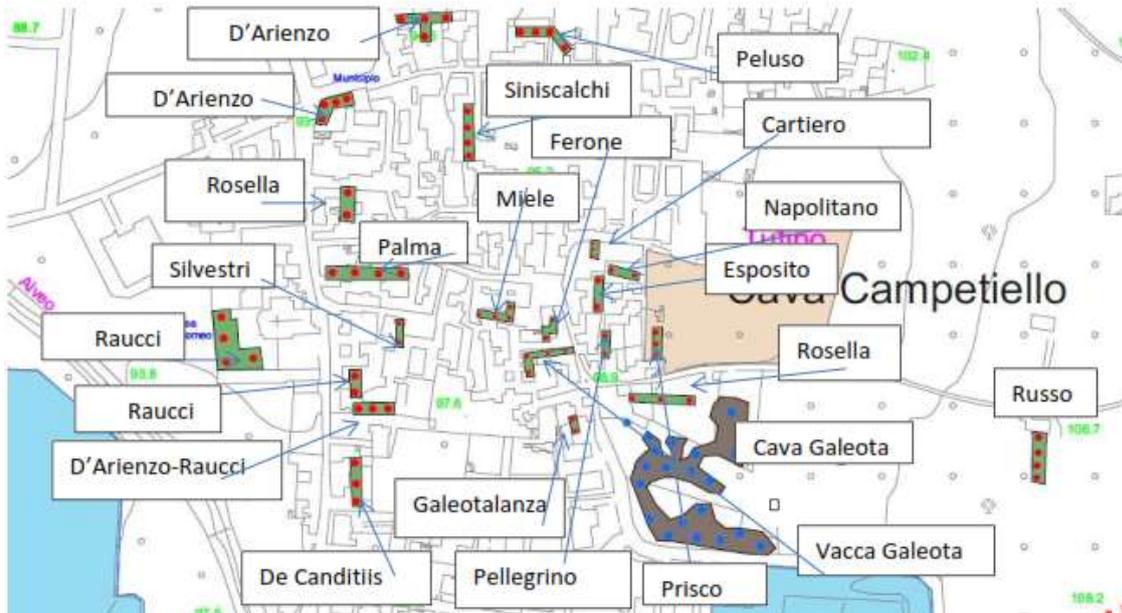
SCHEDA CENSIMENTO 0180013	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Nazionale delle Puglie, 190 Frazione Schiava
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO
FERONE	40° 56' 49.98" N - 14° 34' 12.88" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="153 450 775 734" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="153 842 775 1126" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1234 320 1261">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1263 780 1397">La cavità presenta uno sviluppo a pianta rettangolare [(8.50 *23.00) m²; altezza 5,20 m; quota di calpestio - 14.50 metri dal sopratterra con vano laterale], disposto a formare “una elle”, accesso dal lato corto con scala a una rampa in asse che diparte da un locale sovrastante dell’abitazione;</p> <p data-bbox="148 1400 780 1480">L’ipogeo è stato recentemente chiuso murando la discenderia, tuttavia, è noto in zona che nel passato veniva anche adibito alla lavorazione e conservazione delle ciliegie.</p> <p data-bbox="148 1482 780 1563">Nell’ampio giardino sono ben visibili i due pozzi di areazione che conducono nella cavità principale ed uno che raggiunge quella laterale posta sul lato destro.</p>	<div data-bbox="852 416 1393 618" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="817 658 1410 909" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="879 943 1366 1193" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="828 1227 1418 1440" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0180014	COMUNE DI CASAMARCIANO (NA) Via Nazionale delle Puglie, 198 Frazione Schiava
PROPRIETA' DELLA CAVITA' MERCOGLIANO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 56' 49.75" N - 14° 34' 13.68"
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
 <p>DESCRIZIONE</p> <p>La planimetria di questa cantina è complessa, consta di un nucleo centrale "ad elle" rovesciata con vani aggiunti agli estremi dei lati sghembi.</p> <p>L'accesso alla cavità avviene attraverso una rampa di scala in asse sul lato corto dello stesso nucleo con una bocca di aerazione a metà della discesa.</p> <p>E' plausibile che l'ipogeo sia riconducibile ad una antica cava che, adibita al prelievo di tufo per la costruzione dell'attiguo fabbricato agli inizi del novecento, sia stata rimpiegata come cantina per la conservazione di vini.</p> <p>I vari ambienti sono illuminati ed areate da cinque condotti, alcuni non completamente rivestiti con muratura di tufo e protetti in superficie da grate in ferro.</p>	

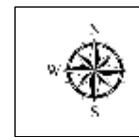


CODICE ISTAT 085 - TUFINO (NA)

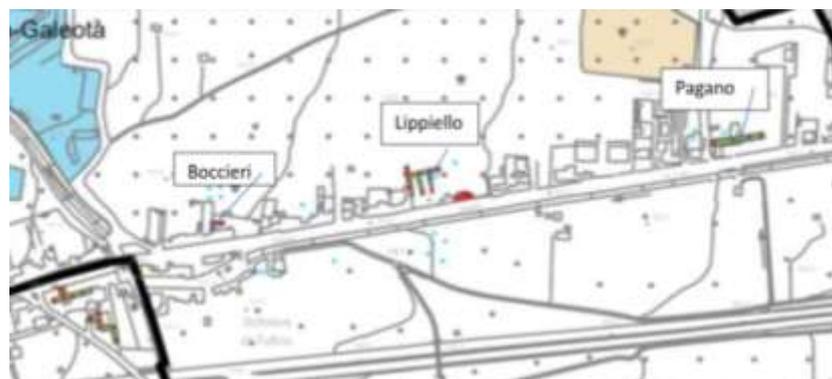
Indirizzo(*)		Proprietà (*)
Via Municipio n.3 -Piazza Gragnano		D'Arienzo
Via Alcide De Gasperi,14		Peluso
Via Garibaldi, 1		D'Arienzo
Piazza Umberto I, 12		Silvestri
Piazza Rosella, 13		Rosella
Via Ugo Foscolo, 7		Cartiero
Piazza Vittorio Emanuele III, 10		Ferone
Via San Bartolomeo, 66		De Canditiis
Via Papa Giovanni XXIII		Palma
Piazza Vittorio Emanuele III, 5		Esposito
Vico Giacomo Leopardi, 8		Galeotalanza
Via San Bartolomeo, 35		Rauci
Via Giosuè Carducci, 29		Siniscalchi
Via Cincinnato, 1		Pellegrino
Via Cincinnato, 5		Prisco
Via Campetiello		Fusco
Via Enrico De Nicola, 17		Vacca-Galeota
Via San Bartolomeo, 52		D'Arienzo-Falco-Rauci
Via San Bartolomeo, 50		Rauci
Via Ugo Foscolo,20		Napolitano
Via Alessandro Manzoni		Miele
Via Palazzo dei Conti		Galeota
Via Portale, 16		Rosella
Via Lorenzo Petillo, 17	Frazione Vignola	Miranda
Via Alessandro Volta, 5	Frazione Risigliano	Vacchiano
Viale Giulio Cesare, 2	Frazione Risigliano	Bifulco
Via Nazionale delle Puglie, 21	Frazione Schiava	Di Vito-Piscicelli
Via Nazionale delle Puglie, 156	Frazione Schiava	Bocchieri
Via Nazionale delle Puglie, 198	Frazione Schiava	Lippiello
Via Nazionale delle Puglie, 254	Frazione Schiava	Pagano



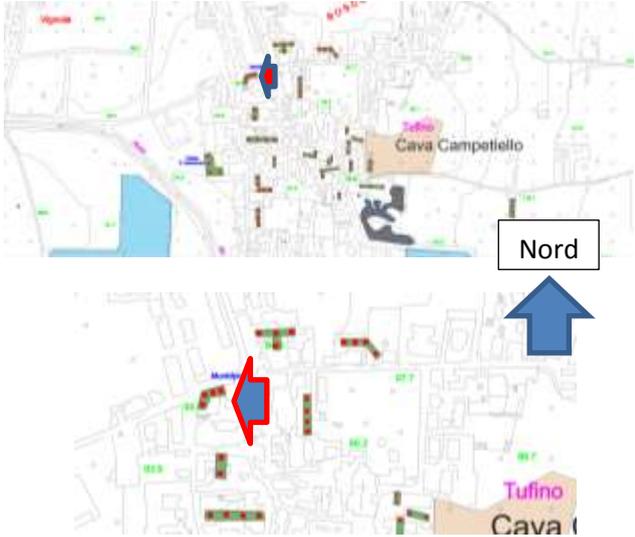
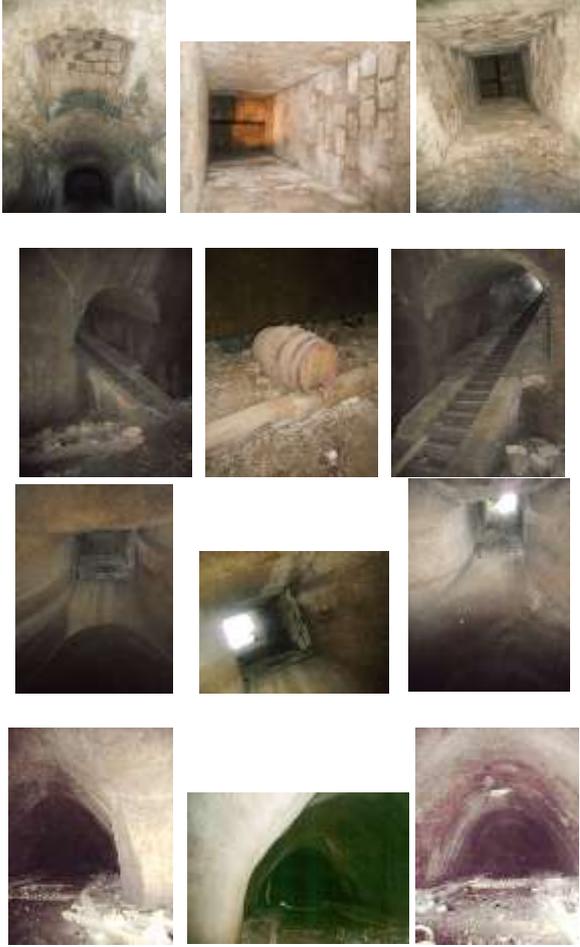
TUFINO (NA) – CENTRO ABITATO



TUFINO (NA) - FRAZIONI VIGNOLA E RISIGLIANO



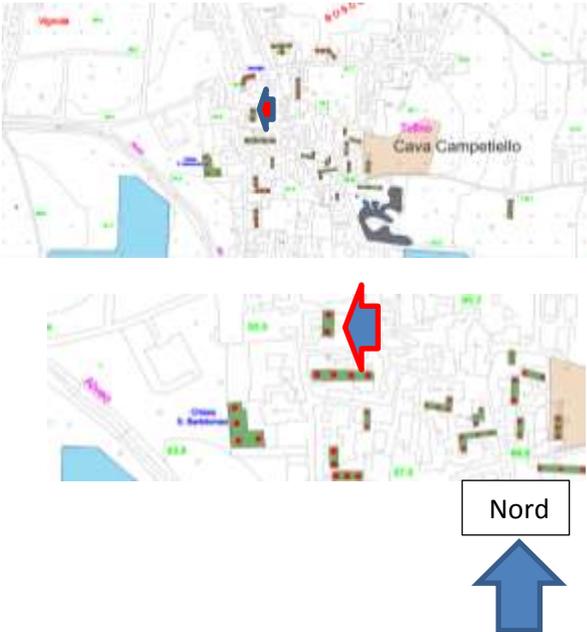
TUFINO (NA) – FRAZIONE SCHIAVA

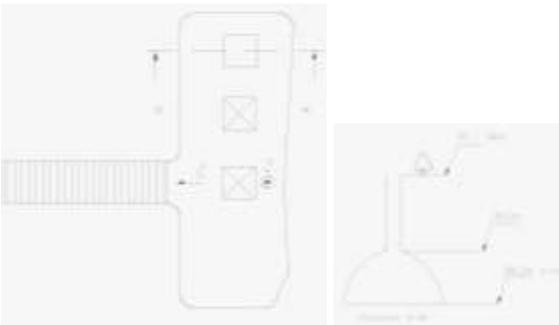
SCHEDA CENSIMENTO 0850001	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Municipio, 3 –Piazza Gragnano
PROPRIETA' DELLA CAVITA' D'ARIENZO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 19.55" N - 14° 33' 53.21" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
	
<p>DESCRIZIONE</p> <p>La grotta presenta l'accesso da Via Municipio n. 3, localizzata nel sottosuolo di un vasto giardino a corredo di una villa privata.</p> <p>Gli indizi storici e le caratteristiche storiche della cavità fanno propendere verso una proprietà di un abitante privilegiato, un tal Domenico D'Arienzo, citato nel Catastu Tufini 1746 [ASN, Atto d'Ordine da 1074 a 1075 f. 91] che "...abitava in casa propria, nel luogo detto La Porta, consistente in quattro camere, due bassi, un cellaro ed una bottega..." possedendo un "...terreno arbustato, vitato e fruttato, di un mojo nel luogo detto Canale seu Painzano"</p> <p>La discenderia, costituita da n. 60 gradini con annessi scivoli laterali, porta ad un articolato ipogeo avente un' altezza diffusa prossima a 5.50 m. Le bocche di areazione, protette in superficie da strutture in muratura rivestite in marmo e con grata superiore in ferro, si dispongono nella proprietà secondo una grossolana "elle" che rimanda ad un' organizzazione atipica degli ambienti profondi.</p> <p>A destra della scala, infatti, lo sviluppo della cavità si mantiene a pianta rettangolare ma, poco a sinistra, evidenzia un suo restringimento sub-trapezoidale ed, infine, si completa con un'unica sala rettangolare quasi isolata dal restante.</p> <p>La particolarità della pianta potrebbe far pensare ad uno sfruttamento sotterraneo del tufo avvenuto in più momenti, compiuto anche da maestranze diverse, in ogni caso, condizionato dall'effettiva superficie a disposizione del proprietario.</p> <p>La sezione trasversale delle varie sale, di forma arcuata, è diffusamente a sesto ribassato.</p>	

SCHEDA CENSIMENTO 0850002	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Alcide De Gasperi, 13
PROPRIETA' DELLA CAVITA' PELUSO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 20.91" N - 14° 33' 58.63" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
 <p>VECCHIA PIANTINA CATASTALE</p> <p>DESCRIZIONE L'ipogeo presenta una pianta a "V" svasata per la presenza di una bocca non allineata [(8.40* 26.80) m²; altezza 6.00 metri; quota di calpestio – 13.30 metri dal sopraterra] con accesso dal lato lungo attraverso una discenderia di n. 50 gradini che diparte da un locale della struttura abitativa. Le bocche di areazione sono cinque, tutte rivestite in muratura di tufo per una lunghezza di 7.30 m, una nel vano scala e le restanti quattro nella cavità. In corrispondenza dei pozzi di luce, le sezioni trasversali sono di forma sub-parabolica. Il locale sovrastante alloggia ancora gli antichi torchi ed i palmenti che venivano usati per le varie vendemmie, mentre nella cavità trovano ancora posto, su apposite doppie file di muretti di supporto, botti e fusti per l'immagazzinamento dei vini. La cava-cantina è stata impiegata anche come ricovero antiaereo durante l'ultimo conflitto mondiale.</p>	 

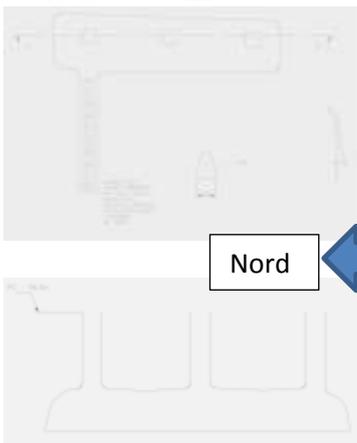
SCHEDA CENSIMENTO 0850003	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Garibaldi, 1
PROPRIETA' DELLA CAVITA' D'ARIENZO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 21.68" N - 14° 33' 54.46" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="156 376 788 636" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="217 663 724 913" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="608 943 724 999" data-label="Text"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="619 999 711 1088" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="146 1227 320 1252">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="146 1254 798 1391">Di un “cellaro ad embrici” se ne parla nel Catastu Tufini del 1754 [ASN, Atto d’Ordine da 1074 a 1075 f. 16], annesso alla proprietà di un tale Gio. Marino di Mattia di Baiano, Casale di Avella, nel luogo detto la “Pergola di Stregone”, toponimo che indicherebbe la presenza di un terreno coltivato a vigneto.</p> <p data-bbox="146 1393 798 1722">La grotta presenta una pianta rettangolare con vano laterale, disposti a formare una “elle” e accesso dal lato corto con scala ad una rampa in asse. L’ipogeo (superficie 230 m²; altezza 6.00 m; quota di calpestio – 13.50 metri dal sopratterra), il cui vano scala ha un pozzo di areazione, possiede tre bocche nella cavità ed una in quella laterale che si sviluppa sul lato destro. Le caratteristiche geometriche dell’ipogeo sono state desunte dai rilevamenti esterni e da testimonianze degli attuali proprietari. Da più di un decennio, infatti, la discenderia della cantina è stata chiusa e la porzione superiore adibita a garage. I pozzi di luce sono ben visibili nel giardino a retro dello stabile, rivestiti nello sviluppo verticale e protetti in testa da strutture in muratura (2.00*2.00 m).</p>	<div data-bbox="967 376 1299 627" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="887 725 1155 927" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1174 663 1378 927" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="967 963 1299 1214" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850004	COMUNE DI TUFINO (NA) Piazza Umberto, 12
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO
SILVESTRI	40° 56' 01.53" N - 14° 33' 12.40" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 450 783 707" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="193 741 735 931" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="596 947 699 994" data-label="Text"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="601 999 692 1093" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1290 320 1317">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1319 783 1370">Questa grotta presentava l'accesso dall'interno del fabbricato che prospetta su Piazza Umberto I</p> <p data-bbox="148 1373 783 1453">Nel corso di interventi di adeguamento del manufatto, è stata chiusa la discenderia per il recupero dei una parte dei volumi come locale deposito.</p> <p data-bbox="148 1456 783 1507">L'ipogeo è stato ricostruito attraverso la posizione dei pozzi, che sono chiusi ed ancora ben visibili nella corte retrostante.</p> <p data-bbox="148 1509 783 1590">Lo sviluppo è a pianta rettangolare (6.00 * 25.00) m² con la discenderia in asse sul lato corto, le bocche di areazione sono quattro, due nel vano scala e due nella cavità principale.</p> <p data-bbox="148 1592 783 1644">A causa delle difficoltà di accesso, non è stato possibile avere indicazioni se non approssimate sull'altezza delle camere.</p>	<div data-bbox="986 416 1259 826" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="914 860 1329 1167" data-label="Image"> </div>

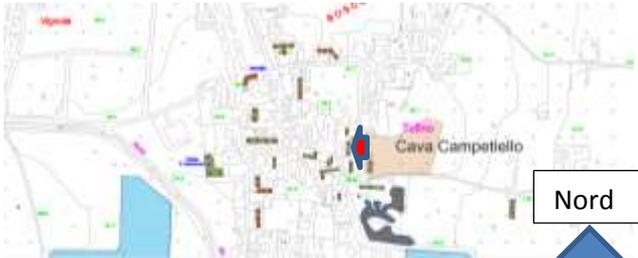
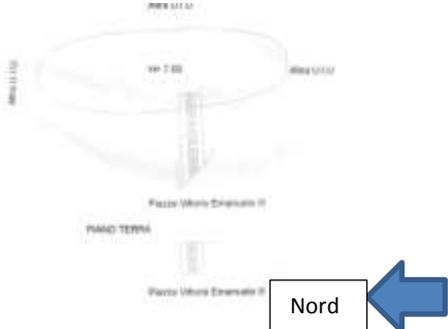
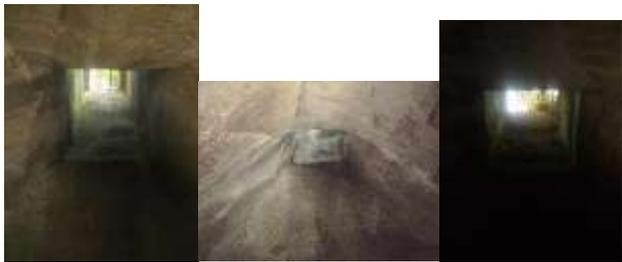
SCHEDA CENSIMENTO 0850005	COMUNE DI TUFINO (NA) Piazza Rosella, 13
PROPRIETA' DELLA CAVITA' ROSELLA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 17.38" N - 14° 33' 52.71" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
 <p>DESCRIZIONE</p> <p>La grotta-cantina che occupa il sottosuolo di un'antica corte, è chiusa da molti anni. Lo sviluppo planimetrico di questo ambiente sotterraneo è avvenuto attraverso la profondità dei pozzi di areazione e l'esatta identificazione dell'antico accesso nonché da testimonianze locali. Si tratta di un modesto ipogeo a pianta rettangolare (5.80 *19.00) m², il cui vano scala è posto nella mezzeria del lato lungo.</p> <p>I pozzi di luce risultano a corredo di due sale a sezione sub-trapezoidale che presentano un'altezza intorno ai 5.00 metri, il piano calpestio è invece posto a -15.00 m dal piano sopraelevato.</p>	

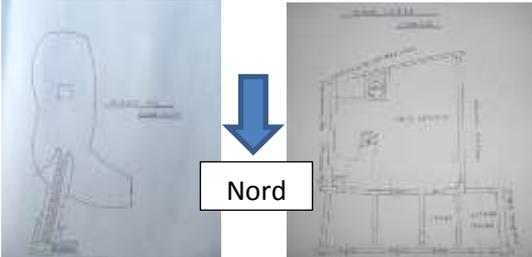
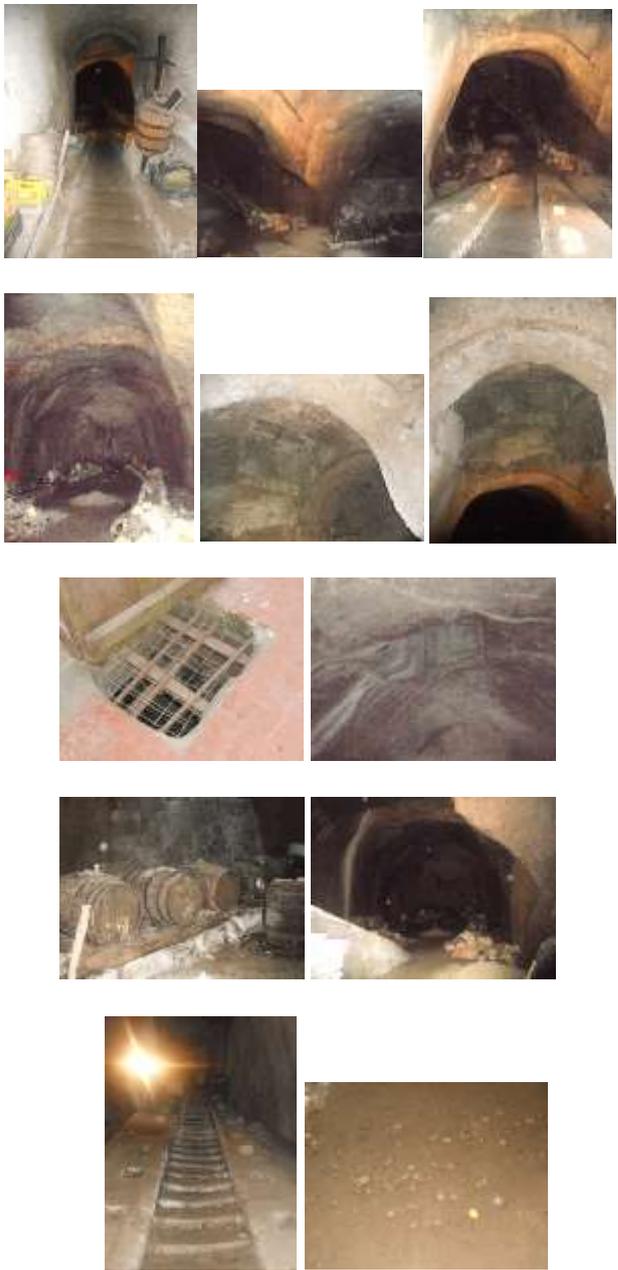
SCHEDA CENSIMENTO 0850006	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Ugo Foscolo n. 7
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO
CARTIERO	40° 57' 16.51" N - 14° 33' 59.70" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
 <p style="text-align: center;">Nord ↑</p> <p>PIANTINA CATASTALE</p>  <p style="text-align: center;">Nord ↑</p> <p>DESCRIZIONE Alla cantina si accede direttamente da Via Ugo Foscolo attraverso una discenderia (2.90 *3.80 m) composta da n. 65 scalini, munita di scivoli laterali che è posta sul lato lungo della sagoma. Conosciuta tra i Tufinesi come la "grotta di Baffettone" per il soprannome dato all'antico proprietario, questo ipogeo è provvisto di una pianta tipicamente "a barca" con due camere intercomunicanti, l'illuminazione si attua per mezzo di due pozzi a servizio diretto degli ambienti cavi e di una bocca-lupo lungo la parete di una sovrastruttura muraria, sfocianti in una retrostante corte chiusa.</p>	

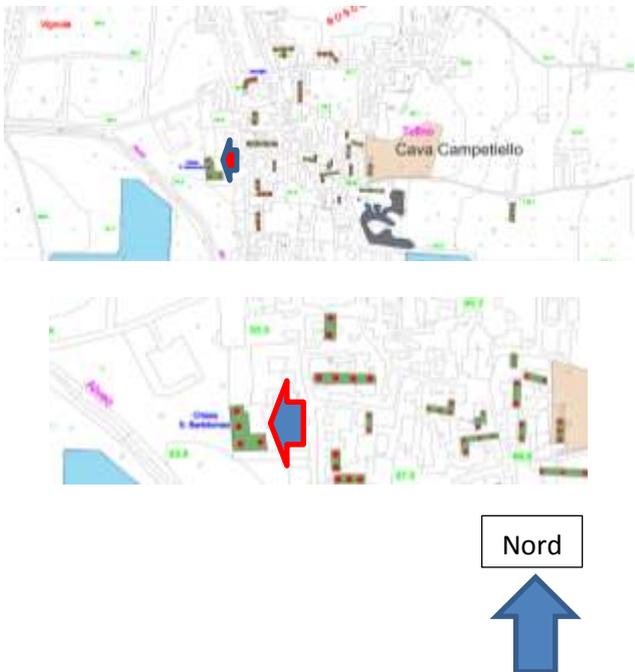
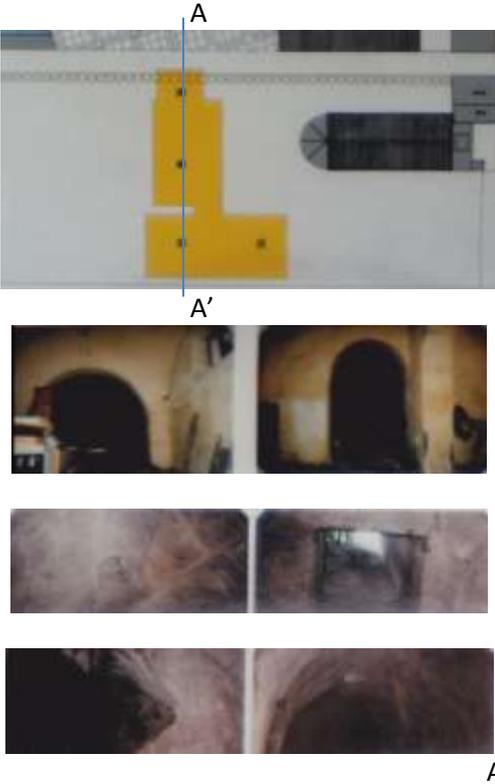
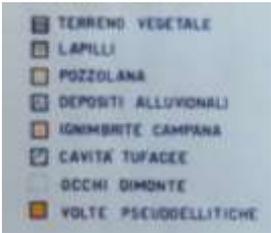
SCHEDA CENSIMENTO 0850007	COMUNE DI TUFINO (NA) Piazza Vittorio Emanuele III, 10
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO
FERONE	40° 57' 15.65" N - 14° 33' 58.05" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="146 450 774 757"> </div> <div data-bbox="194 779 737 967"> </div> <div data-bbox="306 1003 746 1370"> </div> <p data-bbox="146 1413 320 1435">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="146 1440 783 1794"> La grotta, che occupa il sottosuolo della corte di un antico palazzo nobiliare, presenta una sagoma complessa, assimilabile a due rettangoli accomunati da una parte di lato in posizione rientrante. La discenderia è disposta su uno dei due lati lunghi della pianta dipartendo con n. 55 scalini e scivoli laterali da un locale del manufatto abitativo prospiciente la nota piazza del centro storico. Le caratteristiche geometriche della cavità sono state ricostruite da documenti catastali e testimonianze storiche dei proprietari. Il predetto ipogeo risulta non più accessibile per la chiusura dell'antica scala e delle due bocche di areazione. Il piano calpestio della grotta é posto a quota -12.50 metri dal sopraterra, le camere hanno sezione pseudo-parabolica con base compresa tra 5.00 m e 6.00 m ed altezza diffusa 4.50 m. </p>	<div data-bbox="991 416 1262 913"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850008	COMUNE DI TUFINO (NA) Via San Bartolomeo, 66
PROPRIETA' DELLA CAVITA' DE CANDITIIS	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 11.31" N - 14° 33' 52.84" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
  <p style="text-align: right;">Nord</p> <p>PIANTINA CATASTALE</p>  <p style="text-align: center;">Nord</p>	
<p>DESCRIZIONE</p> <p>La grotta si presenta con pianta “a barca” rettangolare (ingresso 2.55*3.80 m²; altezza 4.60 m., quota del calpestio -12.60 metri dal sopraterra) con l’accesso dal lato lungo mediante una discenderia laterale di n. 66 scalini con scivoli laterali. E’ molto probabile che trattasi del “cellaro per uso proprio [con] cerqua da premer vino” del Magnifico D. Giuseppe De Canntiys, denunciato dal nobile patrizio nel Catastu Tufini del 1746 [ASN, Atto d’Ordine da 1074 a 1075 f.53] come proprietà detenuta nel luogo detto Casamotone [o San Bartolomeo] e per la custodia dei vini dei “10 moja di terreni nel luogo detto la Starza Bianca”. La cantina è dotata di tre bocche di areazione, che sono rivestite internamente per mezzo di concii di tufo e protetti in superficie da strutture in muratura e grata in ferro. Lo sviluppo orizzontale degli ambienti avviene in galleria con volta a cielo piano, le sezioni trasversali passanti per i pozzi di luce sono tipicamente “a campana”, con archi a sesto acuto.</p> <p>Sui muretti in pietra dell’ipogeo, l’ipogeo conserva ancora botti e fusti dell’attività vitivinicola.</p>	

SCHEDA CENSIMENTO 0850009	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Papa Giovanni XXIII,
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO
PALMA	40° 57' 15.45" N - 14° 33' 54.59" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="146 450 783 707" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="217 775 748 1032" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="643 1021 748 1077" data-label="Text"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="643 1077 748 1167" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="146 1200 320 1223" data-label="Section-Header"> <p>DESCRIZIONE</p> </div> <div data-bbox="146 1227 798 1749" data-label="Text"> <p>L'ipogeo presenta una sagoma rettangolare orientata est-ovest con la rampa di scala in muratura posta sull'estremo destro del lato lungo, risulta dotato di tre bocche, una alla base della caratteristica discenderia, le restanti tre nella cavità.</p> <p>Per le sue significative dimensioni, la cavità interessa il sottosuolo di una proprietà aliena che detiene nel relativo giardino i pozzi di luce posti ad occidente.</p> <p>Non è stato possibile accedere e visionare gli ambienti interni, poiché la grotta risulta piena di scarti edilizi a partire dall'ultimo tratto della scala, pertanto, i dati geometrici dell'ipogeo sono stati desunti da misure dirette della lunghezza dei pozzi, dai riscontri litostratigrafici e da testimonianze raccolte presso i proprietari.</p> <p>Il top del banco tufaceo è rinvenibile "in situ" alla profondità di - 9.50 metri dal sopratterra, mentre lo spessore in volta è poco più di 1.50 metri, l'altezza delle gallerie raggiunge i 5.50 metri circa, con una sezione parabolica ed una larghezza alla base intorno ai 8.50 metri.</p> <p>La grotta è stata utilizzata nel passato come laboratorio per la conservazione delle ciliegie.</p> </div>	<div data-bbox="911 416 1350 714" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="908 748 1366 1066" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="983 1099 1278 1491" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="983 1525 1278 1910" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850010	COMUNE DI TUFINO (NA) Piazza Vittorio Emanuele III, 5
PROPRIETA' DELLA CAVITA' ESPOSITO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 15.45" N - 14° 33' 59.96" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 517 786 775">  <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="220 808 724 1039">  <p>Tufino Cava C.</p> </div> <div data-bbox="341 1077 603 1106"> <p>PIANTINA CATASTALE</p> </div> <div data-bbox="308 1106 756 1435">  <p>Piazza Vittorio Emanuele III Piazza Vittorio Emanuele II Nord</p> </div> <div data-bbox="148 1585 320 1615"> <p>DESCRIZIONE</p> </div> <div data-bbox="148 1615 798 1805"> <p>La cantina, collocata a retro di un palazzo storico, presenta pianta rettangolare (ingresso con sezione 2.40* 3.50 m²; altezza 7.00 m; quota del calpestio posto a - 11.50 metri dal giardino soprastante), l'accesso è dal lato lungo mediante scala centrale ad una rampa; l'ipogeo è dotato di due bocche di areazione rivestite in conci di tufo e con protezione superficiale a mezzo di una struttura in muratura e grata in ferro.</p> </div> <div data-bbox="148 1805 798 1888"> <p>Nelle camere a sezione trasversale pseudo-parabolica, suggestiva è l'esposizione di antichi fusti e botti per la conservazione del vino, poggiati su muretti in pietra tufacea.</p> </div>	<div data-bbox="858 483 1406 685">  </div> <div data-bbox="820 752 1426 1021">  </div> <div data-bbox="820 1088 1442 1350">  </div> <div data-bbox="1031 1379 1233 1648">  </div> <div data-bbox="855 1682 1406 1883">  </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850011	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Giacomo Leopardi, 8
PROPRIETA' DELLA CAVITA' GALEOTALANZA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 13.12" N - 14° 33' 59.59" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
 <p style="text-align: right;">Nord</p>  <p style="text-align: center;">PIANTINA CATASTALE E PIANO TERRANEO</p>  <p style="text-align: center;">Nord</p>	
<p>DESCRIZIONE</p> <p>La pianta di questa cavità è a “barca “irregolare”, ingresso con sezione 2.40 *3.30 m²; altezza 4.20 metri; quota del calpestio a -7,00 m dal sopratterra, con accesso dal lato corto e scala a due rampe, disposte a formare una “elle”, lievemente obliqua, in rapporto alla presenza del preesistente fabbricato. Alla grotta si accedeva direttamente dalla corte comune del Vico G. Leopardi a mezzo di un vano in asse ed oggi adibito oggi a locale-deposito.</p> <p>La scala originaria doveva essere munita di più alzate, almeno una quarantina, le modifiche introdotte hanno reso possibile l’accesso all’ipogeo dalla sola corte interna del proprietario.</p> <p>Gli occhi della cantina, che raggiungono il banco di tufo ad una modesta profondità, erano originariamente due, il primo posto oggi al centro del cavo e sufficientemente rivestito, si colloca nei pressi del forno di famiglia, protetto da grata in ferro; il secondo, ricadente in un’area aliena con destinazione di parco residenziale, non è più visibile, a seguito di interventi di riempimento di parte del cavo mediante chiusura di un cunicolo di collegamento.</p> <p>Caratteristica di questa grotta è la presenza di un ambiente laterale per la custodia di derrate agricole o di attrezzature necessarie per l’attività enotecnica (torchio, vasca di fermentazione).</p> <p>Un’analisi speditiva sulle condizioni dell’ipogeo ha evidenziato la presenza di fessurazioni formazionali nell’ammasso tufaceo ed uno stillicidio osservato nel corso di piogge intense.</p>	

SCHEDA CENSIMENTO 0850012	COMUNE DI TUFINO (NA) Via San Bartolomeo, 35
PROPRIETA' DELLA CAVITA' D'ARIENZO-RAUCCI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 16.78" N - 14° 33' 51.06" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
	
<p>DESCRIZIONE</p> <p>L'antica cantina si pone nel centro storico in una proprietà retrostante la Chiesa Parrocchiale di San Bartolomeo. Essa rientra tra gli ipogei più grandi dell'abitato. Inizialmente nata come cava di tufo per la costruzione delle antiche e limitrofe "case palaziate", fu poi impiegata come laboratorio per la conservazione delle ciliegie fino alla prima metà del secolo scorso. Dato le attuali condizioni di abbandono e degrado in cui versa l'intero ipogeo, non è stato possibile accedere e visionare gli ambienti, che tuttavia sono stati ricostruiti ricorrendo a rare foto storiche e/o planimetrie prodotte per una serie di progetti di riqualificazione (*Montano A., 1990-93). Un sistema di scale e cunicoli collega la cava ad una antica fabbrica, oggi pericolante ed inagibile, i pozzi di luce sono scavati nell'ammasso tufaceo e, rivestiti in muratura squadrata, si elevano dal suolo protetti da muretti a sezione quadrata e grata in ferro. La cavità raggiunge un'altezza di 10.00 metri circa con larghezze alla base di ogni campana prossime ai 9.00 metri. Lo spessore in chiave di volta del tufo è dell'ordine dei 2 metri.</p> <p><i>*Montano A.,1990/93: Esame di Architettura Sociale Tavv. 01-02-03 e Tesi di Laurea con Plastici F1-F2-F3-F4 e 01-02-03-04 presso Facoltà di Architettura Università degli Studi di Napoli Federico II</i></p>	 <ul style="list-style-type: none"> ■ TERRENO VEGETALE ■ LAPILLI ■ POZZOLANA ■ DEPOSITI ALLUVIONALI ■ IGNIBRITTE CAMPANA ■ CAVITA' TUFACEE ■ OCCHI DIMONTE ■ VOLTE PSEUODELLITICHE

SCHEDA CENSIMENTO 0850013	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Giosuè Carducci, 29
PROPRIETA' DELLA CAVITA' SINISCALCHI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 13.70" N - 14° 34' 00.73" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="146 519 785 779" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="178 810 753 1093" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="641 1102 746 1249" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="146 1326 322 1355">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="146 1355 785 1691"> Questa grotta presentava l'accesso dall'interno di un fabbricato che prospetta su un'antica corte alla fine della strada comunale. Nel corso di interventi di adeguamento del manufatto, la cavità è stata interrata con scarti edilizi ed è stata murata la discenderia. L'ipogeo è stato ricostruito attraverso la posizione dei pozzi di luce riportati sulle carte catastali e poste nel retrostante fondo terriero. Il suo sviluppo è a pianta tipicamente rettangolare (8.40 *27.50) m² con la discenderia in asse sul lato corto, le bocche di areazione sono quattro, due nel vano scala e due nella cavità principale, che versano in stato di abbandono. A causa delle difficoltà di accesso, non è stato possibile acquisire ulteriori indicazioni circa l'altezza e/o piano calpestio delle camere. </p>	<div data-bbox="896 519 1343 855" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="896 887 1353 1214" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="833 1245 1417 1438" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="976 1469 1264 1662" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850014	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Cincinnato, 1
PROPRIETA' DELLA CAVITA' PELLEGRINO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 18.52" N - 14° 33' 55.91" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 488 783 741" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="193 813 735 1003" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="632 1014 738 1160" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1144 320 1171">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1173 783 1417"> Trattasi di una grotta a pianta rettangolare con angoli smussati e pareti regolari con accesso dal lato corto e scala ad una rampa in asse che diparte dal lato nord-ovest di una fabbrica sovrastante. Gli indizi storici e le caratteristiche storiche della cavità fanno propendere verso una proprietà del Magnifico N. Biasi Galeota, citata nel Catastu Tufini 1746 [ASN, Atto d'Ordine da 1074 a 1075 ff.19-20] che deteneva un comprensorio di case munite di una cantina profonda nel luogo detto "lo Cellaro" in zona urbana ancora oggi chiamata "Portale" </p> <p data-bbox="148 1420 783 1503"> I pozzi di luce si sviluppano in direzione sud-nord comunicando in profondità con gallerie aventi una sezione trapezoidale alte poco meno di 3.00 m e di larghezza 4.00 m. </p> <p data-bbox="148 1505 783 1559"> I dati tecnici della cavità provengono dalle testimonianze del proprietario e dal riscontro su mappe catastali. </p> <p data-bbox="148 1561 783 1644"> La discenderia, che è stata murata dopo pochi metri, da tempo non permette l'accesso agli ambienti sotterranei e dell'antica grotta rimane un locale adibito a cantinola. </p>	<div data-bbox="833 454 1417 703" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="932 739 1318 981" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="874 1014 1369 1290" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="967 1323 1281 1733" data-label="Image"> </div>

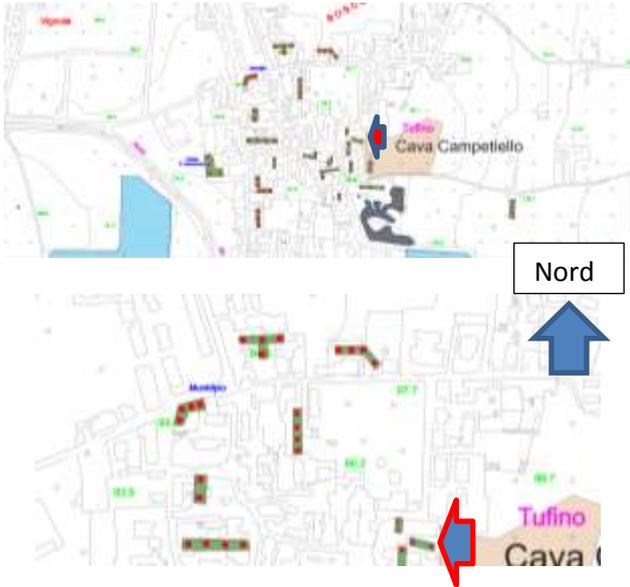
SCHEDA CENSIMENTO 0850015	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Cincinnato, 5
PROPRIETA' DELLA CAVITA' PRISCO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 13.62" N - 14° 34' 01.76" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 555 730 790"> </div> <div data-bbox="196 824 730 1055"> </div> <div data-bbox="624 1093 727 1240"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Nord</div> </div> <p data-bbox="148 1485 320 1509">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1512 778 1619">La grotta, a pianta rettangolare, presenta l'accesso sul lato corto mediante una scala ad una rampa in asse che diparte da un edificio sovrastante: essa è dotata di tre bocche di areazione, una nel vano sala e due nella cavità.</p> <p data-bbox="148 1621 778 1841">Queste ultime, rivestite in muratura di tufo e protette da robuste grate in ferro, sfociano in un cortile retrostante la suddetta fabbrica. Gli ambienti cavati, sagomati a campana, presentano altezze dell'ordine dei 6.00 metri ed una sezione di base non inferiore a 8.00 metri. Nel passato, l'ipogeo è stato adibito alla conservazione del vino, in fusti e botti, attualmente i proprietari si limitano alla deposizione di damigiane di vini alloctoni o cassette di derrate agricole sul ballatoio della rampa di accesso.</p>	<div data-bbox="850 591 1385 938"> </div> <div data-bbox="855 974 1390 1321"> </div> <div data-bbox="861 1357 1390 1704"> </div>

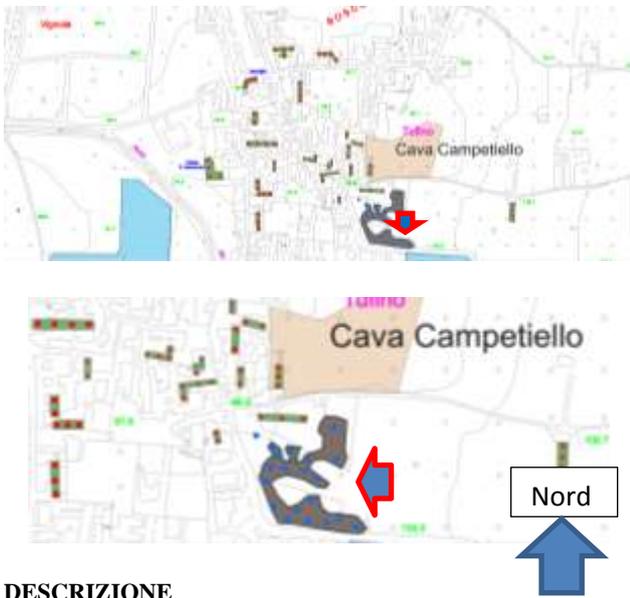
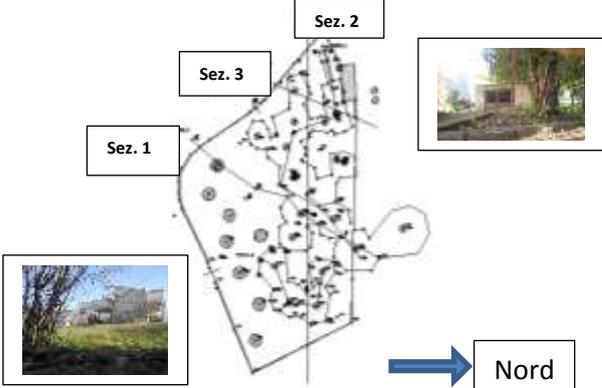
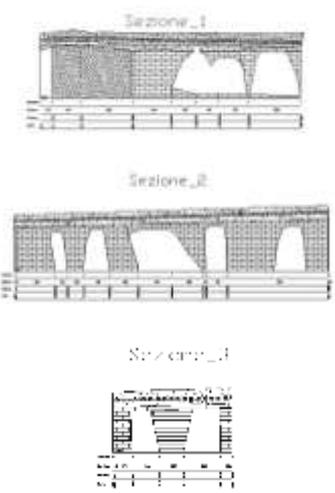
SCHEDA CENSIMENTO 0850016	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Campetiello
PROPRIETA' DELLA CAVITA' RUSSO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 12.60" N - 14° 34' 10.01" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 450 783 707" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="172 775 772 1025" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="660 1055 772 1106" data-label="Text"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="671 1111 767 1216" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1480 320 1507">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1509 798 1756"> La grotta, riportata sulle mappe catastali dell'abitato di Tufino ma non censita, si sviluppava a ridosso di un fabbricato rurale. Questo ambiente sotterraneo, con uno sviluppo secondo una pianta rettangolare, era dotato di quattro bocche di areazione e di una scala di accesso ad una rampa in asse sul lato corto. E' stato difficile reperire ulteriori informazioni sulle caratteristiche della cavità che è stata probabilmente interrata ed i suoi elementi identificativi (pozzi, discenderia) sono andati distrutti o, ancora, resi non più visibili da parte dei vecchi proprietari </p>	<div data-bbox="927 521 1342 792" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="927 831 1342 1102" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="927 1135 1342 1406" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850017	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Enrico De Nicola,17
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO
VACCA-GALEOTA	40° 57' 13.78" N - 14° 33' 59.79" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="146 450 783 707" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="220 741 724 972" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="628 983 730 1037" data-label="Text"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="636 1043 721 1133" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="143 1350 322 1379" data-label="Section-Header"> <p>DESCRIZIONE</p> </div> <div data-bbox="143 1379 799 1740" data-label="Text"> <p>L'ipogeo si sviluppa al di sotto di un antico fabbricato del centro abitato secondo una pianta "ad elle", nel primo tratto decorrente la traversa E. De Nicola. L'accesso alla cavità avveniva da Vico Leopardi mediante una scala a due rampe collegata alla fabbrica sovrastante. I pozzi di luce della discenderia sono rappresentati da due bocche di lupo e visibili sul prospetto nord dell'immobile. Le bocche della cavità sono presenti nel tratto nord-sud della pianta, all'interno di un cortile privato. Le caratteristiche geometriche degli ambienti provengono da antica documentazione catastale e da misure di profondità effettuate nei pozzi di luce esterni. E' da tempo infatti che la cavità non viene più utilizzata come cantina profonda, giacche' il corridoio della scala di accesso è stato riempito di scarti edilizi ed successivamente occluso da un muro.</p> </div>	<div data-bbox="924 450 1339 759" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1024 792 1238 967" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="995 1001 1270 1413" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850018	COMUNE DI TUFINO (NA) Via San Bartolomeo, 52
PROPRIETA' DELLA CAVITA' D'ARIENZO-FALCO-RAUCCI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 13.11" N - 14° 33' 52.63" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="156 376 790 638"> <p style="text-align: right;">Nord</p> </div> <div data-bbox="183 660 758 929"> <p style="text-align: center;">PIANTINA CATASTALE E PIANO TERRANEO</p> </div> <div data-bbox="263 974 742 1388"> <p style="text-align: center;">Nord</p> </div> <p data-bbox="146 1505 320 1532">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="146 1534 798 1615">Alla grotta si accedeva da un antico celliere, di superficie poco meno di 40 m² e con un'altezza diffusa h=4.00 m, attraverso una discenderia di sezione (2.60*4.00 m) composta da n.53 scalini.</p> <p data-bbox="146 1617 798 1724">Quest'ultima si sviluppa parallelamente allo sviluppo dell'ipogeo che ha una pianta di forma rettangolare (8.00 * 41.20) m² ed è dotato di tre bocche di areazione, il piano calpestio è posto a quota -15.50 metri dal sopratterra.</p> <p data-bbox="146 1727 798 1780">La sezione delle camere è pseudo-parabolica con altezze massime di 6.00 metri.</p>	<div data-bbox="986 593 1276 981"> </div> <div data-bbox="986 1012 1276 1400"> </div> <div data-bbox="965 1467 1300 1713"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850019	COMUNE DI TUFINO (NA) Via San Bartolomeo, 50
PROPRIETA' DELLA CAVITA' RAUCCI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 13.90" N - 14° 33' 53.07" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 450 778 707"> </div> <div data-bbox="193 741 735 943"> </div> <div data-bbox="331 1003 596 1032"> <p>PIANTINA CATASTALE</p> </div> <div data-bbox="347 1039 584 1442"> </div> <div data-bbox="571 1420 762 1503"> <p>Nord </p> </div> <div data-bbox="148 1518 783 1733"> <p>DESCRIZIONE Si tratta di un ipogeo avente pianta rettangolare (6.80 *22.00) m² con accesso dal lato lungo e scala centrale, due bocche di areazione nella cavità. I dati geometrici sono stati attinti dal rilevamento degli ambienti e da testimonianze dei proprietari. Fin dalla sua realizzazione, la grotta è stata adibita alla conservazione del vino.</p> </div>	<div data-bbox="914 416 1329 685"> </div> <div data-bbox="954 719 1281 1014"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850020	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Ugo Foscolo, 12
PROPRIETA' DELLA CAVITA' NAPOLITANO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 16.14" N - 14° 34' 01.68" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
 <p style="text-align: center;">PIANTINA CATASTALE</p> 	
<p>DESCRIZIONE</p> <p>Si tratta di una grotta con pianta “a barca”, l’accesso è dal lato lungo e mediante una scala centrale con scivoli laterali.</p> <p>Tre sono i condotti di areazione nella cavità, tutti scavati fino al tufo e rivestiti in muratura; quello centrale si pone alla base del vano scala, i due laterali sono adibiti all’illuminazione delle sale.</p> <p>L’ipogeo si sviluppa al di sotto di una corte chiusa annessa ad un antico fabbricato prospiciente Via Vergheglie.</p> <p>Le caratteristiche geometriche di quest’ impianto sotterraneo sono state ricavate tanto dai rilevamenti “in loco” quanto dalla documentazione tecnica rinvenuta presso il Catasto Provinciale.</p> <p>La quota calpestio è stata individuata a -12.50 m dal sopratterra, gli ambienti sotterranei sono collegati in galleria con il cielo piano, mentre le sezioni trasversali presentano una forma parabolica con la concavità rivolta verso il basso.</p>	

SCHEDA CENSIMENTO 0850021	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Palazzo dei Conti
PROPRIETA' DELLA CAVITA' GALEOTA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 12.30" N - 14° 34' 00.85" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
 <p>DESCRIZIONE</p> <p>Si tratta di un'estesa area cavata posta a sud-est del centro abitato, tra le Tufare Scoperte Campetiello e Galeota.</p> <p>Le caratteristiche della cavità e le informazioni storiche fanno propendere che si tratti di una seconda proprietà del Magnifico N. Biasi Galeota, citato nel Catastu Tufini del 1746 [ASN, Atto d'Ordine da 1074 a 1075, ff. 19-20], che deteneva "...altro cellaro con ogni commodità anche nel luogo detto "Lo Cellaro", in zona urbana ancora oggi chiamata "Portale"</p> <p>L'ampliamento e lo sfruttamento successivo della grotta, come testimoniato dalle numerose bocche, aperte o chiuse, dislocate sulla proprietà, fu reso agevole dal rinvenimento del banco tufaceo a modesta profondità, poco più di 4.00 metri, dopo aver superato nei camini esigui spessori di piroclastiti e ghiaie alluvionali. A nord dell'ipogeo, si sviluppa una discenderia con un primo ambiente a navata dalla tipica sezione trapezoidale, indi, seguono altri con sagome ad archi a tutto sesto ed a tratti con sviluppo nuovamente a navata. Ne deriva che i sistemi di attacco verticale ed orizzontale dell'ammasso tufaceo, non seguendo gli standard del metodo "a campana" ma di certo antecedenti al XIX secolo, sarebbero imputati all'impiego di maestranze esterne, napoletane o del vicino retroterra, con una rivisitazione successiva degli ambienti da parte dei locali per nuovi prelievi di materiale tufaceo lungo i pilastri.</p> <p>L'altezza dei predetti cavi si mantiene costante, all'incirca 12.00 metri, al contrario, la larghezza oscilla tra i 5.00 m ed i 9.00 m, lo spessore del tufo in volta si aggira sempre intorno al metro. Gli accurati rilievi condotti nella cavità, della quale si riportano lo sviluppo planimetrico e le sezioni significative, sono stati finalizzati ad adibire il sopratterra posto su Via Palazzo dei Conti ad area per il parcheggio di veicoli comunali.</p>	  

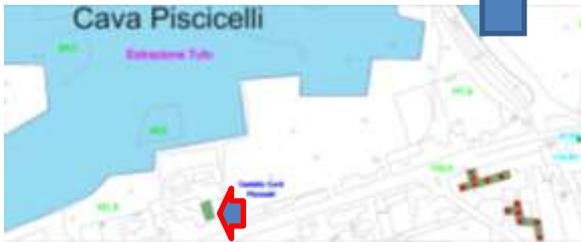
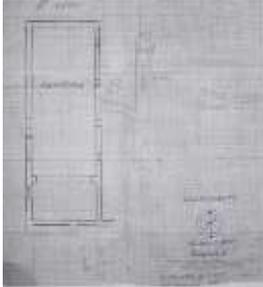
SCHEDA CENSIMENTO 0850022	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Alessandro Manzoni, 6
PROPRIETA' DELLA CAVITA' MIELE	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 14.86" N - 14° 33' 54.49" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 517 767 775" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="180 808 743 1010" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="628 994 735 1137" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1151 320 1178">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1178 778 1263">La grotta si presenta a grossolana pianta rettangolare con vano laterale, inoltre, gli ambienti sono disposti a formare una “elle”, l’accesso è dal lato corto con scala ad una rampa in asse.</p> <p data-bbox="148 1263 778 1402">L’ipogeo, con l’ingresso di sezione (3.50* 4,00) m², un’altezza 4.00 metri una larghezza di base 5.50 metri e con la quota del calpestio a -12.40 metri dal sopraterra, si presenta con le bocche di areazione completamente rivestite, due nella cavità principale ed una in quella laterale che si sviluppa sul lato sinistro.</p> <p data-bbox="148 1402 778 1568">A seguito del grave danneggiamento subito dalla scala di accesso durante il terremoto campano-lucano del 23-11-1980, questi ambienti sotterranei sono preclusi ad ogni rilevamento, di conseguenza, la profondità raggiunta dalla cavità e dai condotti è stata stimata con misure eseguite attraverso gli stessi occhi di areazione e la testimonianza del proprietario.</p> <p data-bbox="148 1568 778 1621">La cantina è stata adibita ad attività enotecnica fino alla metà degli anni ‘70 del secolo scorso.</p>	<div data-bbox="895 450 1086 696" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1098 510 1353 696" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="855 730 1118 931" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1129 730 1398 931" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="855 965 1118 1167" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1129 965 1398 1167" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="986 1196 1254 1397" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850023	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Portale, 16
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO
ROSELLA	40° 57' 13.03" N - 14° 34' 01.43" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="172 488 753 721" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="188 792 737 1034" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="619 1057 727 1214" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="146 1321 319 1348">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="146 1350 778 1406">Lo sviluppo della grotta, con pianta “a barca” avviene parallelamente alla strada comunale, in un’attigua proprietà terriera.</p> <p data-bbox="146 1406 778 1514">Agli ambienti sotterranei si accede attraverso una discenderia con i caratteristici scivoli che è in asse sul lato corto collocato più ad occidente e con diramazione verso est da un locale terraneo del fabbricato padronale.</p> <p data-bbox="146 1514 778 1597">La cavità è illuminata da tre bocche, una alla base della scala sul basso prospetto orientale dell’edificio e le altre due situate nel giardino strettamente contiguo.</p> <p data-bbox="146 1597 778 1680">I rilievi interni hanno appurato che gli occhi dell’ipogeo sono rivestiti in muratura di tufo e sovrastano ambienti cavati tipicamente a campana collegati da un’unica galleria a cielo piano.</p> <p data-bbox="146 1680 778 1787">Le sezioni trasversali della cavità, di forma quasi parabolica, si sviluppano in altezza per 6.00 m e alla base per 9.00 metri. Adibita da sempre all’attività enotecnica, la cavità è stata poi abbandonata dopo l’alluvione del Torrente Avella del 1974.</p> <p data-bbox="146 1787 778 1870">Sul piano calpestio dell’ipogeo sono ancora oggi ben visibili gli ammassi di terreno fangoso e detriti che penetrarono attraverso le bocche e non più rimossi per il ripristino funzionale del luogo.</p>	<div data-bbox="826 483 1174 721" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="1219 452 1423 721" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="804 721 1423 1254" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="906 1254 1327 1523" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="829 1554 1404 1823" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850024	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Lorenzo Petillo, 17 - Frazione Vignola
PROPRIETA' DELLA CAVITA' MIRANDA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 22.30" N - 14° 33' 30.84" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="161 412 780 703"> </div> <div data-bbox="676 712 780 757"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="169 770 772 999"> </div> <p>DESCRIZIONE</p> <p>Trattasi di uno dei più antichi ipogei di Tufino alla Frazione Vignola, parte di esso si sviluppa al di sotto di una casa palaziata del 1786, probabilmente appartenuta a Andrea Montano che perse ingenti quantità di vino nel corso dell'alluvione dell'ottobre 1823 (Min. LL.PP., Bonifiche, ASC, I serie f. 73; Min. Int. ASN II Inventario, fs. 4678).</p> <p>La forma planimetrica della cantina è stata ricostruita sulla base della disposizione degli occhi e da testimonianze locali.</p> <p>L'accesso agli ambienti è precluso dal 1974, quando le acque del torrente Avella interessarono il caseggiato con notevole spaglio di fango e detriti, le difficoltà connesse alla rimozione dal profondo di questi materiali alluvionali sancì l'impossibilità di utilizzarla ancora per la conservazione dei vini.</p> <p>Lo schema costruttivo rispetta quello di un ipogeo abbastanza ampio e complesso con una scala in galleria a tre rampe disposte ad U, quest'ultima illuminata da due bocche di lupo (visibili sulla facciate principale e retro-laterale destro del palazzo) ed a cui fa seguito la cavità principale individuata dalle ultime tre bocche di areazione (in direzione nord).</p> <p>Sono presenti anche due ambienti laterali, uno che è collocato immediatamente alla fine della prima rampa di scala ed adibito al deposito di derrate agricole, l'altro, al termine della terza rampa di scale, ossia al di sotto della cortina e che, probabilmente veniva utilizzato come una cisterna per l'approvvigionamento idrico.</p>	<div data-bbox="871 378 1088 667"> </div> <div data-bbox="1098 450 1391 667"> </div> <div data-bbox="871 701 1088 990"> </div> <div data-bbox="1098 775 1391 990"> </div> <div data-bbox="900 1025 1150 1357"> </div> <div data-bbox="1166 1025 1337 1357"> </div>

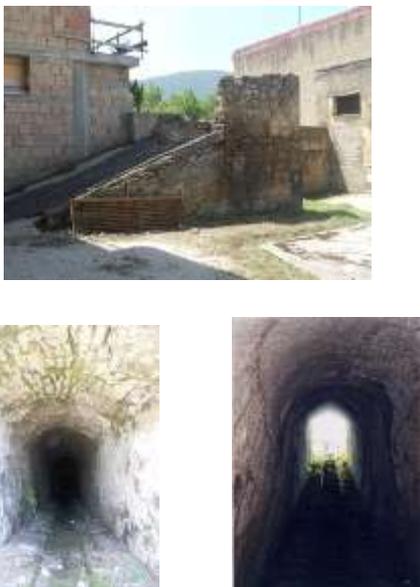
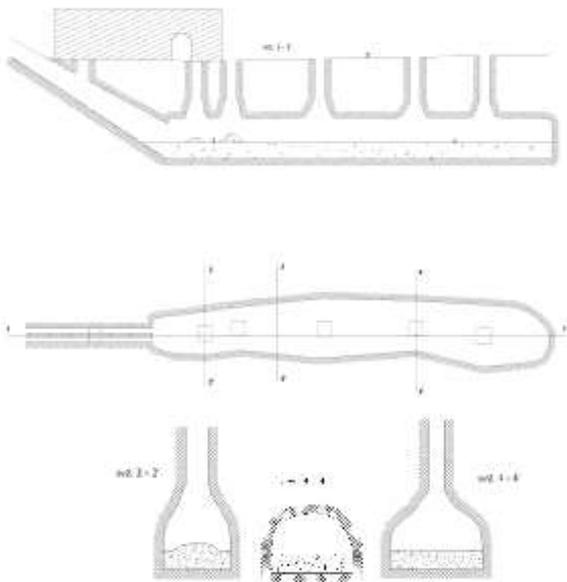
SCHEDA CENSIMENTO 0850025	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Alessandro Volta, 5
PROPRIETA' DELLA CAVITA' VACCHIANO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 31.68" N - 14° 33' 28.06" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="148 488 788 761" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="183 808 769 1064" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1149 320 1173">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1176 788 1641"> Nel Catasto Onciario di Risigliano risalente al 1753 [ASN, Atto d'Ordine 1051 f. 32v.], questa grotta sembrerebbe essere stata al servizio del Magnifico Tomaso di Palma che li possedeva un "... comprensorio di case, consistenti in cinque bassi, nel luogo detto l'Alveo, quattro dei quali preso proprio per riponervi il vino" ed un "territorio arbustato e vitato di moja sedici" nel luogo detto la "Via della Rocca". La pianta della cavità è complessa, costituita da una sala principale e da due ambienti laterali collegati da un cunicolo. L'accesso è sul lato corto del poligono di impianto a mezzo di una suggestiva scala ad una rampa in asse; un condotto di areazione nella cavità principale ed uno in ciascuna delle due laterali; una sola bocca al piede della scalinata. Nell'ambiente ipogeo, su apposite doppie file di muretti di supporto, trovano ancora posto, le antiche botti ed i fusti per l'immagazzinamento dei vini. Le pareti della cavità non sono lisce, sia per le incrostazioni di muffe che per lo stato di rozzo intaglio in cui furono solitamente lasciate all'atto della costruzione. </p>	<div data-bbox="817 488 1422 636" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="817 703 1422 853" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="817 920 1422 1070" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="817 1106 1422 1303" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="871 1337 1390 1516" data-label="Image"> </div>

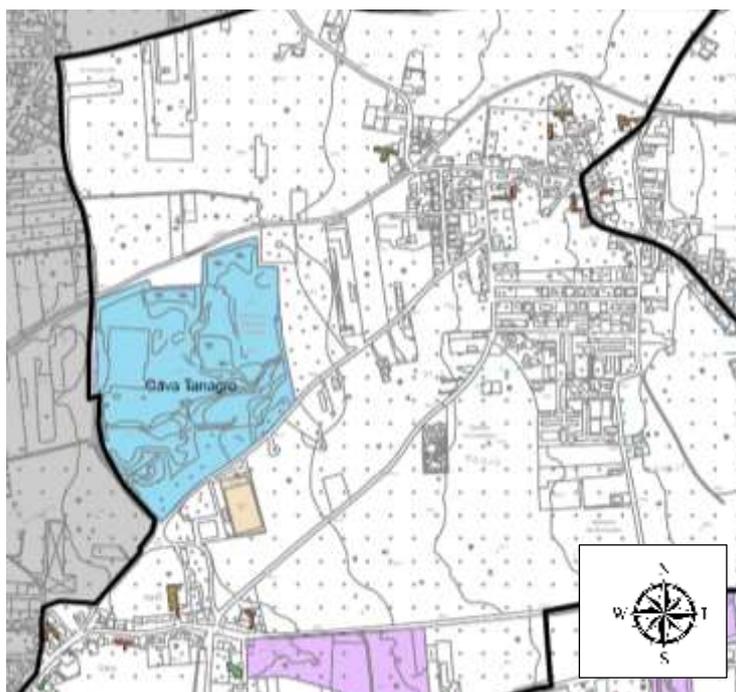
SCHEDA CENSIMENTO 0850026	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Giulio Cesare, 2
PROPRIETA' DELLA CAVITA' BIFULCO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 31.68" N - 14° 33' 28.06" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="172 376 753 622" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="188 645 753 896" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="240 898 686 927">SVILUPPO PLANIMETRICO E SEZIONE</p> <div data-bbox="284 929 718 1232" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1234 320 1256">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1261 778 1478"> La grotta, a servizio di una antico fabbricato della frazione Risigliano si sviluppa nel sottosuolo del giardino retrostante. Nel Catasto Onciario di Risigliano risalente al 1753 [ASN, Atto d'Ordine 1051 f. 15v.], questa grotta sembrerebbe essere stata al servizio del Magnifico Bartolomeo Galeota che "...abita[va] in casa propria di più e diversi membri [con] il cellaro, cerqua da premer vino, nel luogo detto dell'Alveo", possedendo nell'area terreni "arbustati e vitati" per un totale di 29 moja. </p> <p data-bbox="148 1480 778 1563"> La discenderia, composta da n. 73 scalini e due scivoli laterali, risulta in asse ad un primo ramo della cavità che si estende per 28 metri e per una larghezza poco più di 6 m. </p> <p data-bbox="148 1565 778 1697"> L'ipogeo ha una pianta complessa che si articola secondo tre rami, nella loro continuità ortogonali e con il terzo parallelo al primo: il primo ramo, con sviluppo in asse alla discenderia è il più lungo e meno largo dell'intero sistema caveale (L=28.00 m con B=6.20 m). </p> <p data-bbox="148 1700 778 1783"> Lateralmente ad esso, all'altezza della bocca di areazione della scala di accesso, si snoda il secondo ramo ed in esso il terzo ramo (L=20 m con 7.10 m < B < 7.50 m) </p> <p data-bbox="148 1785 778 1868"> Il piano calpestio della cavità è a quota -11.50 m dal sopratterra, le sale presentano sezioni pseudo-paraboliche con altezze degli ambienti di 5 m circa. </p> <p data-bbox="148 1870 778 1953"> L'ipogeo è dotato di sei pozzi di luce con le pareti interne rivestite in muratura e protetti in superficie da strutture murarie e robuste grate in ferro. </p>	<div data-bbox="890 376 1347 609" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="833 645 1404 891" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="833 922 1404 1169" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="938 1205 1337 1451" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="810 1487 1426 1644" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="804 1675 1426 1832" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850027	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Nazionale delle Puglie, 21 - Frazione Schiava
PROPRIETA' DELLA CAVITA' DE VITO-PISCICELLI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 49.15" N - 14° 33' 59.98" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div style="text-align: center;">  <p>Nord</p>  <p>Nord</p>  <p>Nord</p> <p>PIANTINA CATASTALE</p> </div>	<div style="text-align: center;">    </div>
<p>DESCRIZIONE</p> <p>L'ipogeo è collocato al di sotto del Palazzo dei Conti di Schiava, un'antica "casa palaziata" con ingresso dalla Strada Statale 7 bis. Alla cantina, priva di illuminazione esterna e avente una forma rettangolare, si accede attraverso una discenderia esterna a due rampe disposte a grossolana "L".</p> <p>La predetta scala si sviluppa in galleria per 23.00 metri nel primo tratto e poco più di 5.00 metri nel secondo, quest'ultimo è però leggermente strozzato rispetto ad una larghezza di 2,00 m.</p> <p>L'ampio vano si sviluppa in galleria con volte a cielo piano e pareti lisce subverticali.</p> <p>La profondità di calpestio raggiunge -12.00 metri dal sopratterra così come riportato nella relativa scheda catastale, anche se di ingombro significativo, ammontante a 3970 m³, questo ambiente non è da ritenersi ricavato da un'antica cava di tufo.</p>	

SCHEDA CENSIMENTO 0850028	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Nazionale delle Puglie, 156 - Frazione Schiava
PROPRIETA' DELLA CAVITA' BOCCIERI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 53.63" N - 14° 34' 19.89" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="164 409 783 674"> </div> <div data-bbox="169 736 775 976"> </div> <div data-bbox="288 1021 684 1386"> <p>PIANO DETERMINATO (Sez. + 4.00)</p> <p>PIANTINA CATASTALE</p> </div> <p>DESCRIZIONE</p> <p>La grotta, avente una pianta "a barca" sub-rettangolare con una superficie (8.00 *22.10) m²; altezza 6.00 metri; quota del calpestio -18.50 metri dal sopratterra), presenta l' accesso dal lato lungo e scala laterale ad una rampa ed è areggiata da n. 2 pozzi di luce nella cavità e n. 1 alla fine del vano scala.</p> <p>La cavità si sviluppa in galleria con volta a cielo piano, le sezioni trasversali passanti per i pozzi di areazione sono di forma quasi parabolica, con la concavità rivolta verso il basso.</p>	<div data-bbox="863 488 1406 685"> </div> <div data-bbox="863 719 1406 920"> </div> <div data-bbox="874 954 1382 1238"> </div> <div data-bbox="887 1272 1414 1456"> </div> <div data-bbox="999 1489 1270 1691"> </div>

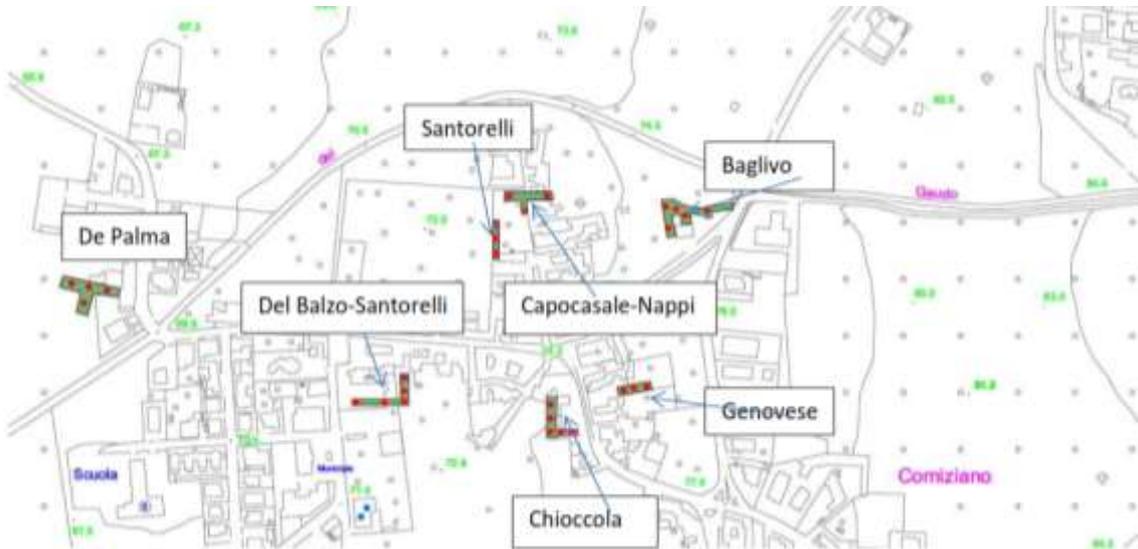
SCHEDA CENSIMENTO 0850029	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Nazionale delle Puglie, 224
PROPRIETA' DELLA CAVITA' LIPPIELLO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 56' 53.63" N - 14° 34' 28.31" E
INQUADRAMENTO URBANO	DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA
<div data-bbox="183 376 746 616" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="183 645 746 884" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="619 884 721 936" data-label="Text"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="625 936 721 1048" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="145 1305 322 1335" data-label="Section-Header"> <p>DESCRIZIONE</p> </div> <div data-bbox="145 1335 782 1832" data-label="Text"> <p>Si tratta di un ambiente ipogeo molto ampio a servizio di una antica masseria padronale. La costruzione del rustico risale alla prima metà del XIX secolo, periodo nel quale fu certamente iniziato il prelievo in loco delle pietre di tufo dall'annessa cavità. La fabbrica masserizia fu successivamente collegata all'ipogeo da una lunga scalinata con scivoli laterali per rotolarvi le botti. A causa dello stato di degrado in cui versa l'intero complesso non è possibile accedere direttamente agli ambienti ipogei, tuttavia, lo schema planimetrico è stato ricostruito attraverso il posizionamento di superficie e la diversa lunghezza verticale dei pozzi di areazione. Escludendo una grotta laterale, la cavità si sviluppa secondo due rami paralleli per i quali si ipotizza un unico corpo sotterraneo a C invertita (da fine discenderia) con collegamento estremo dei rami realizzato a navata. Questo ipogeo presenta un piano calpestio a - 18.00 metri dal sopraterro, inoltre, lunghi camminamenti che esibiscono altezze non inferiori a 6.00 m e di larghezza 8.00 m circa.</p> </div>	<div data-bbox="842 376 1396 689" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="842 723 1396 936" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="890 969 1396 1249" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="850 1283 1396 1563" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="850 1597 1396 1865" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0850030	COMUNE DI TUFINO (NA) Via Nazionale delle Puglie, 254 - Frazione Schiava
PROPRIETA' DELLA CAVITA' PAGANO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 56' 56.31" N - 14° 34' 47.15" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
 <p style="text-align: center;">Nord ↑</p>	 
<p>DESCRIZIONE</p> <p>La grotta presenta una pianta “a barca” sub-rettangolare [(2,50 *3,00) m²; altezza 6,00 metri; quota del calpestio a -16,00 metri dal sopraterreno] con angoli smussati e pareti irregolari con accesso dal lato corto e scala ad una rampa in asse; una bocca di areazione nel vano scala, occluso con putrelle e tavelloni, e cinque bocche nella cavità, ben visibili nella corte della masseria.</p> <p>Nel primo tratto dell'ipogeo, a causa di sensibili ma evidenti restringimenti, della sagoma, le sezioni trasversali assumono forme a campana meno svasate ed i pozzi sono più ravvicinati. Il secondo tratto, con inizio a metà della cavità e di larghezza più costante, farebbe pensare ad una coltivazione più spinta dello ammasso tufaceo con pozzi di accesso più distanziati e sezioni trasversali a bottiglia.</p> <p>E' molto probabile che la cavità sia stata realizzata in più momenti e fasi diverse per fornire materiale edilizio alla costruzione del caseggiato.</p> <p>Attualmente, il piano calpestio è ricoperto per uno spessore di 2,00- 2,50 metri dai fanghi rappresi della dell'alluvione del 1974 provocata dalla tracimazione dei torrenti Gaudo ed Avella.</p>	

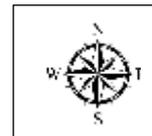


CODICE ISTAT 029 –COMIZIANO (NA)

Indirizzo (*)		Proprietà (*)
Via Capocasale,3		Eredi Napolitano ex Miele-Santorelli
Via Capocasale. 25		Capocasale-Nappi
Via Croce, 7		Santorelli-Genovese
Via Croce, 13		Chioccola
Via Nola, 3		Santorelli
Via Roma, 45 Piazza G. Marconi		Del Balzo-Santorelli
Via Roma, 45 Piazza G. Marconi		De Palma
Via Vignola		Baglivo
Via Raffaele Napolitano, 27-29	Frazione Gallo	Donna Gioconda
Via Raffaele Napolitano, 50	Frazione Gallo	Eredi Napolitano
Via Provinciale per Risigliano, 79-89	Frazione Gallo	Eredi Galasso-Salerno-Allocca
Via Raffaele Napolitano, 125	Frazione Gallo	Eredi Manco
Via Raffaele Napolitano,	Frazione Gallo	Manco N.
Via Raffaele Napolitano, 20	Frazione Gallo	Condominiale



COMIZIANO (NA) – CENTRO ABITATO



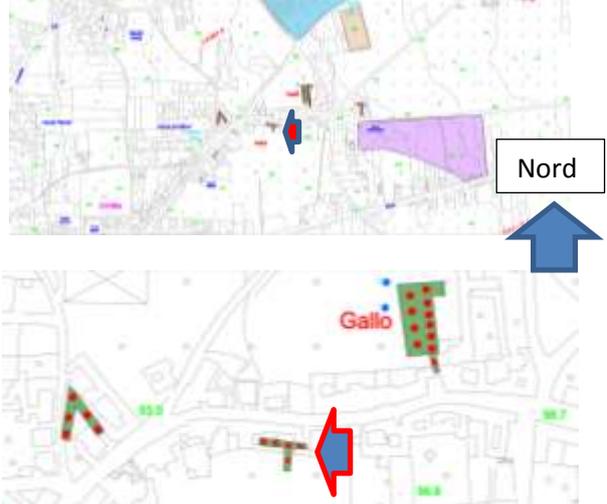
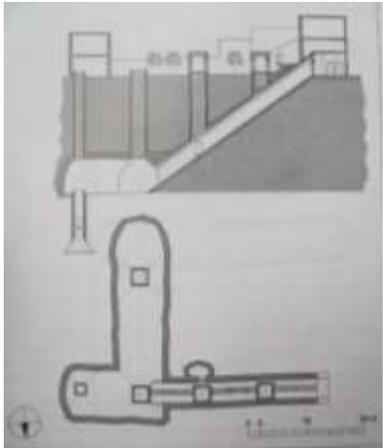
COMIZIANO (NA) – FRAZIONE GALLO

SCHEDA CENSIMENTO 0290001	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Capocasale, 21
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO
Eredi NAPOLITANO ex MIELE-SANTORELLI	40° 57' 14.11" N - 14° 33' 04.69"E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
<div data-bbox="148 443 759 680" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="172 712 751 943" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="639 976 743 1032" data-label="Text"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="643 1039 735 1120" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1191 320 1218">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1220 778 1518"> L'ipogeo ha un andamento S-N estendendosi quasi totalmente al di sotto di una zona agricola, l'accesso è dal lato corto posto su Via Capocasale dove attualmente è sita una falegnameria. Nel Catasto Onciario di Cumignano e Gallo del 1754 [ASN, Atto d'Ordine 937 f. 69v], questa grotta sembrerebbe essere stata annessa ad una "casa palaziata con cortile e giardino", del patrizio napoletano Nicola Testa. Si presenta con una pianta rettangolare [(5.56*22.94)m²; altezza 5.00 metri; quota del calpestio che si estende sino a 16 ÷20 m di profondità dal piano campagna] e scala ad una rampa in asse; due bocche di areazione nella cavità ed una nel vano scala. </p>	<div data-bbox="1066 414 1350 441" data-label="Caption"> <p>Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p> </div> <div data-bbox="874 441 1361 824" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="810 860 1422 1487" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0290002	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Capocasale, 27-29
PROPRIETA' DELLA CAVITA' CAPOCASALE-NAPPI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 15.97" N - 14° 33' 05.34" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
<div data-bbox="156 517 769 752" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="172 786 751 1014" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="619 987 722 1137" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1189 320 1216">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1218 778 1352">Nel Catasto Onciario di Cumignano e Gallo risalente al 1754 [ASN, Atto d'Ordine 936 f.71r], questa grotta sarebbe stata annessa ad una "casa palaziata [di molti membri con] con stalla, rimessa e cisterna che si empie ogni anno dell'acqua di Avella", del patrizio napoletano Donato De Stefano.</p> <p data-bbox="148 1355 778 1411">L'ipogeo ha un andamento E-W con l' accesso dal lato lungo posto su Via Capocasale.</p> <p data-bbox="148 1413 778 1599">Si presenta con una pianta "a barca" (6*42 metri; altezza 3.50 - 4.10 metri; quota del calpestio -14.55/-17.55 metri dal giardino soprastante, più profondo in corrispondenza del pozzo di areazione che è protetto da una struttura in muratura), scala centrale a due rampe disposte a formare una "L"; tre bocche rivestite nella cavità, di cui una sommersa da riempimenti, e una nel vano scala.</p>	<p data-bbox="1075 412 1362 439">Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p> <div data-bbox="858 441 1374 819" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="804 853 1390 1084" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="804 1120 1382 1335" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="809 1364 1377 1583" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="920 1619 1315 1827" data-label="Image"> </div>

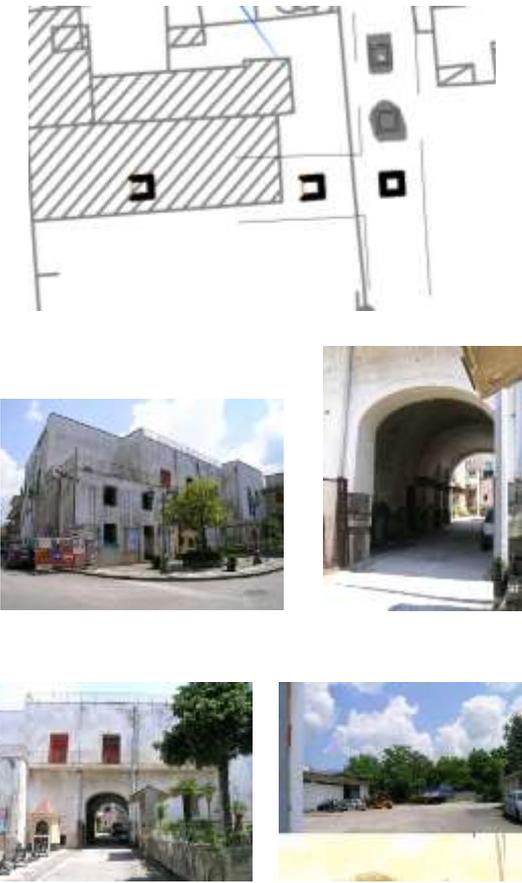
SCHEDA CENSIMENTO 0290003	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Croce, 7
PROPRIETA' DELLA CAVITA' GENOVESE-SANTORELLI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 11.09" N - 14° 33' 08.73" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
<div data-bbox="165 443 778 945" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="193 981 751 1196" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="148 1305 320 1330">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="148 1335 794 1384">Ha un andamento E- W con accesso dal lato corto a mezzo di un locale di un'abitazione privata di Via Croce.</p> <p data-bbox="148 1388 794 1525">La pianta della cantina è rettangolare [(6.77 * 22.30) m²; altezza 4.50 m; la quota del calpestio -18.50 m. dal sopratterra) con angoli smussati e pareti regolari, inoltre, la scala ad una rampa in asse, realizzata con il tufo autoctono ed a collo d'oca nel tratto finale, risulta cavata al di sotto con spessore massimo di 30÷40 cm.</p> <p data-bbox="148 1529 794 1579">La grotta presenta tre bocche di areazione, due nella cavità ed una nel vano scala.</p>	<p data-bbox="1098 416 1378 441">Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p> <div data-bbox="871 443 1394 833" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="842 869 1426 1084" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="823 1120 1439 1317" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="836 1352 1436 1554" data-label="Image"> </div>

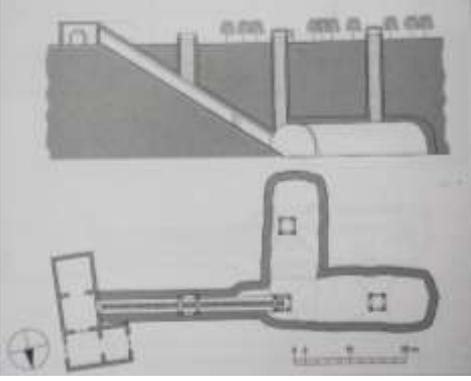
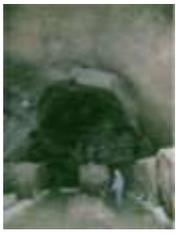
SCHEDA CENSIMENTO 0290008	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Raffaele Napolitano, 27
PROPRIETA' DELLA CAVITA' DELL'ANNO-DONNA GIOCONDA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 39.26" N - 14° 32' 20.12" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
  	<p style="text-align: center;">Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p>   
<p>DESCRIZIONE</p> <p>Trattasi di una piccola cantina che si diparte da Via Raffaele Napolitano, con conformazione quasi a "C" con andamento N-S. La pianta è a "barca" irregolare (7.40 * 37.40 metri; altezza 5.50 m; quota del calpestio a -19.00 m dal sopraterra) con accesso dal lato lungo e scala laterale obliqua, in rapporto verosimilmente alla presenza del preesistente fabbricato.</p> <p>L'illuminazione e l'arieggiamento sono assicurate da n. 5 bocche, tre sono poste nella cavità e due nel vano scala, che sono tutte completamente rivestite e delimitate in superficie da strutture in muratura a sezione quadrata.</p>	

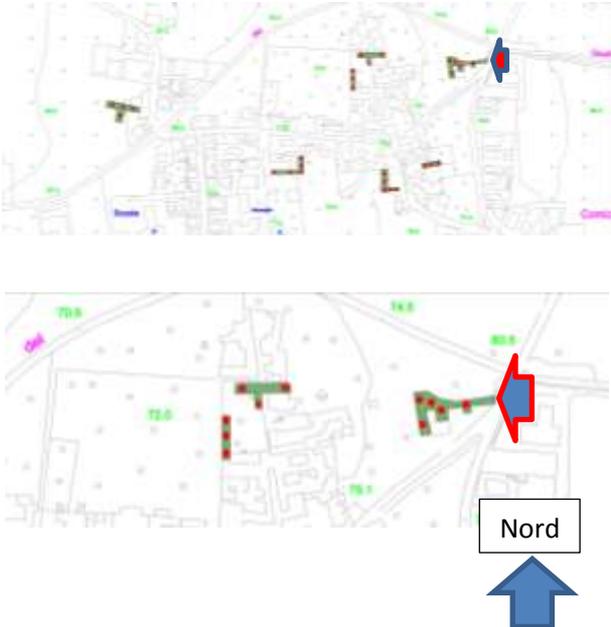
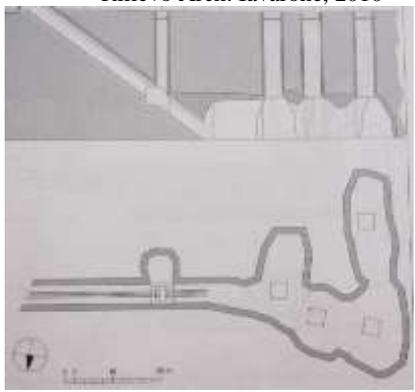
SCHEDA CENSIMENTO 0290009	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Raffaele Napolitano, 50
PROPRIETA' DELLA CAVITA' Eredi NAPOLITANO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 39.59" N - 14° 32' 24.54" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
 	<p>Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p>  
<p>DESCRIZIONE</p> <p>Presenta uno sviluppo planimetrico ad "L" e nel giardino, dove si sviluppa la galleria principale, ha degli splendidi elementi architettonici, infatti, a copertura dei pozzi di luce principali si ritrovano quattro pilastri angolari in tufo che concludono la loro ascesa in una volta a vela anch'essa in tufo.</p> <p>L'ipogeo [(7.40 m * 33.50) m²; altezza 6.00 m; quota del calpestio -20.40 metri dal sopraterro] ha due pozzi di areazione (uno dei quali giunge sino alla falda freatica, in modo da consentire il prelievo dell'acqua direttamente dalla superficie) nella cavità principale e uno nell'ambiente laterale (8.00 m * 9.00 m) che si sviluppa sul lato destro; nel vano scala sono presenti le altre due bocche di areazione.</p>	

SCHEDA CENSIMENTO 0290004	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Croce, 13
PROPRIETA' DELLA CAVITA' CHIOCCOLA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 09.84" N - 14° 33' 08.15" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
<div data-bbox="156 371 769 607" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="156 674 769 909" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="619 931 719 1070" data-label="Image"> <p style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">Nord</p> </div> <p data-bbox="146 1408 320 1435">DESCRIZIONE</p> <p data-bbox="146 1438 778 1489">Ha un andamento N-S con accesso da una abitazione privata di Via Croce.</p> <p data-bbox="146 1491 778 1599">La pianta della cantina è “a barca” (7.10*34.50 m; altezza 6.00 metri; quota del calpestio -19.50 metri dal giardino soprastante), con cinque bocche di areazione (tre nella cavità e due nella scala), di cui una non rivestita.</p> <p data-bbox="146 1601 778 1794">Nel corso dei rilevamenti eseguiti nell’ipogeo, è stata appurata la fratturazione del tufo in un solo punto della volta, al di là della quale si palesano le ghiaie calcaree in matrice sabbiosa poste immediatamente a tetto, inoltre, sulla volta tra la prima e la seconda bocca si denota un rettangolo di soffitto, dove il tufo è praticamente assente e si rinvencono nuovamente le breccie e le ghiaie calcaree (Ferraro, 2010)</p>	<p data-bbox="1018 376 1302 403" style="text-align: center;">Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p> <div data-bbox="919 405 1321 909" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="804 1014 1385 1249" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="804 1279 1414 1514" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="903 1547 1329 1783" data-label="Image"> </div>

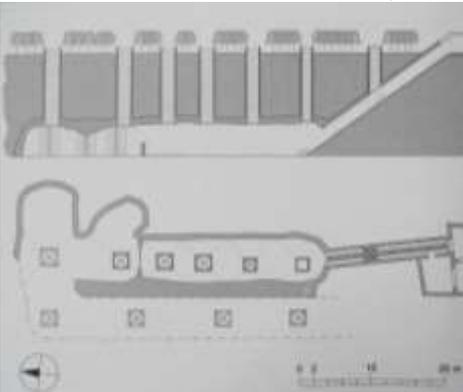
SCHEDA CENSIMENTO 0290005	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Nola, 3
PROPRIETA' DELLA CAVITA' SANTORELLI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 12.24" N - 14° 32' 59.70" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
<div data-bbox="148 443 762 689" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="164 712 762 952" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="619 969 740 1025" data-label="Text"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="627 1032 730 1115" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="148 1171 320 1196" data-label="Section-Header"> <p>DESCRIZIONE</p> </div> <div data-bbox="148 1200 782 1391" data-label="Text"> <p>Trattasi un'area cavata non accessibile estesa al di sotto del palazzo Santorelli, ubicato all'altezza Piazza Municipio-Via Nola. Da informazioni attinte dallo stesso proprietario, essa sarebbe costituita da due - tre occhi di monte in cui si cavava il tufo per l'uso privato, oggi ormai occlusa dai riempimenti e dai pali su cui si sarebbe fondato il fabbricato esistente da anni che tra l'altro ha resistito anche al forte terremoto del 23-11-1980.</p> </div>	<div data-bbox="874 481 1362 792" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="842 824 1394 1126" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="866 1160 1382 1261" data-label="Text"> <p>CAVITA' NON ISPEZIONABILE. DESCRITTA DAL PROPRIETARIO. INDICATA, SOMMARIAMENTE, CON IL RETINO DI COLORE ROSSO</p> </div> <div data-bbox="818 1301 1418 1704" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0290006	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Roma, 45 Angolo Piazza G. Marconi
PROPRIETA' DELLA CAVITA' DEL BALZO-SANTORELLI	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 12.24" N - 14° 32' 59.92" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
 <p>DESCRIZIONE</p> <p>Quest'area, interessata da alcune cisterne e da una cantina non accessibile, meglio ubicata anche all'interno dell' ex-fabbrica Santorelli, si estende all'altezza dell'incrocio di Via Nola con Via Provinciale per Cicciano.</p> <p>Da notizie storiche e dall'acquisizione di sondaggi geognostici si è appreso che in loco si estende una cavità collocata tra i 13.00 m ed i 19.00 metri di profondità, tuttavia, sino ad almeno 25.00 m di profondità si sono rinvenuti terreni di riempimento. Non si sono rinvenuti ne' identificati accessi, anche se è probabile che, storicamente, l'entrata all'ipogeo poteva essere posta su Via Roma.</p> <p>Inoltre, la zona cavata al di sotto degli edifici, all'altezza della piazzetta G. Marconi e dove è collocato un affresco della Madonna dell'Arco, sarebbe costituita da antiche cisterne per l'accumulo dell'acqua.</p>	

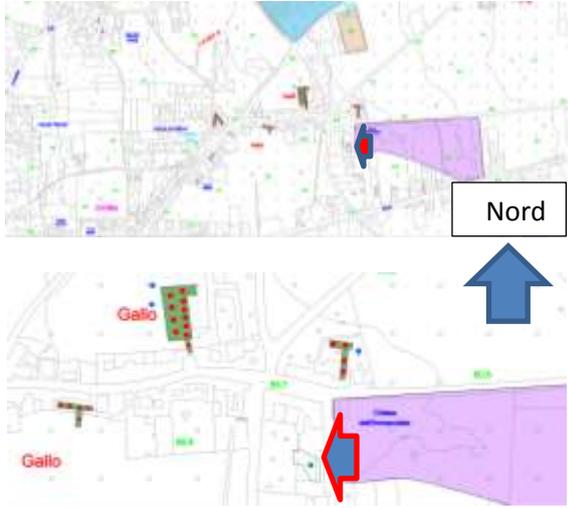
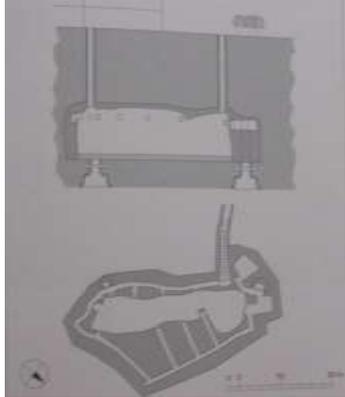
SCHEMA CENSIMENTO 0290007	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Provinciale per Cicciano, 5
PROPRIETA' DELLA CAVITA' DE PALMA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 57' 13.72" N - 14° 32' 51.132 E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
      	<p style="text-align: center;">Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p>           
<p>DESCRIZIONE</p> <p>La cavità, interamente scavata nel tufo, si sviluppa in direzione ovest, sulla strada provinciale che conduce a Cicciano.</p> <p>Lo sviluppo planimetrico, come riportato a lato, è a forma di "L" ed il fondo del pavimento è costituito da uno strato di ghiaia, terriccio pressato e dallo stesso tufo.</p> <p>Vi si accede attraverso una lunga rampa posta in asse sul lato corto e costituita da circa 120 scalini</p> <p>L' ipogeo [(8.30 * 29.00) m²; altezza 6.00 metri; quota del calpestio -21.00 metri dal sopraterro], il cui vano scala ha un pozzo di areazione, presenta due bocche nella cavità principale ed una in quella laterale (8.30*18.00 metri) che si sviluppa sul lato sinistro.</p> <p>La cavità-cantina, fondata nel 1892 dall'antenato Nicola, è stata utilizzata per la vinificazione ed il deposito del vino in grandi botti di legno, visto che in passato parte delle campagne adiacenti venivano coltivate a viti.</p> <p>Questa grotta, ancora oggi perfettamente funzionante, beneficia di una temperatura quasi costante (10°-15° C) durante l'anno che permette di conservare il prezioso liquido in condizioni ottimali, evitando di esporlo a temperature troppo rigide (causa di precipitazioni conosciute con il nome di "fondo" o "deposito") o troppo elevate (dilatazione con "fuoriuscita del tappo" o "l'ossidazione" del vino dovuta ad una aspirazione di aria per effetto della sua contrazione nella fase di raffreddamento).</p>	

SCHEDA CENSIMENTO 0290008	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Vignola, Angolo Via Verdi
PROPRIETA' DELLA CAVITA' BAGLIVO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 57' 16.57" N - 14° 33' 13.42" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
 <p style="text-align: center;">Nord ↑</p> <p>DESCRIZIONE Si rinviene sulla direzione est, all'angolo tra la Via Vignola e la Via Giuseppe Verdi. Si tratta di una cantina con pianta complessa costituita da una sala principale [(9.70 *31.00) m²; altezza 8 metri; quota del calpestio -21.00 metri dal giardino soprastante] e da due ambienti laterali con accesso sul lato corto (6.00 m*19.00 m*8.00 m) e la scala ad una rampa in asse; tre condotti di areazione nella cavità principale ed uno in una delle due laterali; una sola bocca nel vano scala. La cavità "Baglivo" presenta molti elementi di degrado come l'occlusione dei pozzi di luce avvenuta con la predisposizione di solai in putrelle e tavelloni e con un ulteriore riempimento di terreno vegetale per alloggiarvi piante di nocciolo; ancora, sulla rampa d'accesso vi è la presenza di materiale di diversa natura e, a metà del percorso, si riscontra un'interruzione dei gradini con un salto di quota di circa 1.40 metri; inoltre l'ultima galleria risulta quasi completamente riempita con rifiuti e terreno e in molti parti si nota la presenza di infiltrazioni d'acqua. In alcuni punti della cavità lo spessore di tufo invece sembra adeguato. Un occhio, in particolare, fa denotare significative cadute di materiale incoerente e condizioni statiche non rassicuranti. il sistema sotterraneo, pertanto, necessiterebbe di interventi di manutenzione per ristabilire quanto meno le sue condizioni originarie e l'equilibrio statico-dinamico.</p>	<p style="text-align: center;">Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p>     

SCHEDA CENSIMENTO 0290009	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Raffaele Napolitano, 27-29
PROPRIETA' DELLA CAVITA' DELL'ANNO-DONNA GIOCONDA	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 39.26" N - 14° 32' 20.12" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
<div data-bbox="188 376 753 613" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="178 680 762 963" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="150 990 782 1249" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="150 1384 798 1720"> DESCRIZIONE Si tratta di una piccola cantina che si diparte da Via Raffaele Napolitano, con conformazione quasi a "C" con andamento Nord-Sud. La pianta è a "barca" irregolare [(7.40 * 37.40) m²; altezza 5.50 metri; la quota del calpestio è a -19.00 metri dal sopratterra) con l'accesso dal lato lungo ed una scala laterale obliqua, in rapporto verosimilmente alla presenza del preesistente fabbricato. L'illuminazione e l'arieggiamento sono assicurati da cinque bocche, tre collocate nella cavità e due nel vano scala, che sono completamente rivestite e delimitate in superficie da strutture in muratura a sezione quadrata. </p>	<div data-bbox="963 367 1302 752" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="823 788 1439 1756" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0290010	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Provinciale per Risigliano, 79-89- Frazione Gallo
PROPRIETA' DELLA CAVITA'	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO
GALASSO-SALERNO-ALLOCCA	40° 56' 40.70" N - 14° 32' 30.67" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
 <p>DESCRIZIONE</p> <p>L'ipogeo presenta una pianta a due gallerie parallele con orientamento nord-sud [(8.00* 55.40) m²; altezza 6.00 metri; quota del calpestio -19.00 metri dal sopratterra] con due vani laterali (9.00 *9.30 m; 5.50 *7,00 m) ed ingressi indipendenti dal lato corto con scale ad una rampa in asse, che si congiungono sul lato nord attraverso una galleria ortogonale a queste ultime.</p> <p>La galleria più occidentale non è ispezionabile, ma si ipotizza un percorso sotterraneo con un occhio di monte ubicato più ad ovest. Le bocche presenti sulle gallerie sono dieci (6 più 4) con una nel vano scala (parzialmente esplorata).</p> <p>Inoltre, è stato notato che la prima galleria, quella dove è stato possibile eseguire il rilievo, ad una lunghezza di circa 25 m, presenta un elemento divisorio della proprietà avente un' altezza di circa 2.20 metri e sormontato da una ringhiera in ferro che segue l'andamento della volta.</p> <p>La rappresentazione grafica che si è data di questa cantina è frutto del rilievo eseguito in superficie e nel sottosuolo, dell'esame visivo e fotografico avvenuto attraverso la grata del muro divisorio e dai racconti di alcune persone che la ricordano.</p> <p>Sull'attuale stato di conservazione della grotta, si è osservato che i locali antistanti la rampa hanno tutti il tetto crollato e sono infestati da piante.</p> <p>I gradini della rampa sono tutti ricoperti dalle macerie dei crolli passati. Inoltre all'interno della galleria, in corrispondenza degli occhi di luce troviamo sempre materiale di diversa natura e sterpaglia.</p>	<p>Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p>   

SCHEDA CENSIMENTO 0290011	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Raffaele Napolitano, 131-133 - Frazione Gallo
PROPRIETA' DELLA CAVITA' Eredi MANCO	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL'ACCESSO 40° 56' 40.15" N - 14° 32' 37.07" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
<div data-bbox="188 517 751 763" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="188 786 751 1010" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="148 1043 727 1245" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="148 1563 798 1776" data-label="Text"> <p>DESCRIZIONE La cantina di proprietà Manco è una piccola cavità con andamento E-W. L'ipogeo presenta una pianta "a barca" [(7.70 *21.00) m², altezza 5.50 metri; quota del calpestio a -20.60 metri), con accesso dal lato lungo e scala laterale ad una rampa, risulta dotato di quattro pozzi di ventilazione, due bocche nella cavità e due nel vano scala.</p> </div>	<div data-bbox="1062 376 1350 405" data-label="Caption"> Rilievo Arch. Iavarone, 2010 </div> <div data-bbox="908 405 1353 887" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="823 920 1422 1155" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="895 1189 1369 1361" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="911 1379 1353 1608" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="895 1641 1369 1899" data-label="Image"> </div>

SCHEDA CENSIMENTO 0290012	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Via Raffaele Napolitano, 122- Frazione Gallo
PROPRIETA' DELLA CAVITA' MANCO N.	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 56' 36.77" N-14° 32' 33.60" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
 <p>DESCRIZIONE</p> <p>Dalla morfologia di questa cavità emerge l'ipotesi che essa abbia sempre avuto la mansione di cisterna e cioè la funzione di accumulare acqua piovana per il fabbisogno dei cittadini di questa piccola frazione.</p> <p>In origine, il suo ingresso era posizionato sulla strada di via Macello; successivamente ai lavori di sistemazione di detta strada, l'ingresso venne spostato e posizionato all'interno del giardino di proprietà della famiglia Manco.</p> <p>La pianta è rettangolare [(18.00* 5.00) m²; altezza 8.75 m] con una estremità pressappoco circolare (circa 8.00 * 8.00 m²) e due pozzi per il prelievo dell'acqua dal soprastante cortile del complesso architettonico corrispondente nel passato alla Taverna di Gallo; le pareti dell'invaso (con un fondo a -23.00 metri dal sopraterra) sono impermeabilizzate, nella parte inferiore, con un rivestimento di colore rosso. Alle estremità del serbatoio sono presenti due pozzi con funzione di troppo pieno, il cui imbocco corrisponde al piano della galleria. Tutto intorno alla cisterna, all'altezza del punto di arrivo (quota -17.00 m) della scala a due rampe che presenta un solo condotto di areazione, corre una lunga galleria (ampia 70-80 cm ed alta 2.00 m; quota -18.50 metri) collegata all'invaso da stretti cunicoli a da finestre. Dal lato ovest della galleria si accede a due ambienti; quello più vicino alla scala ha la pianta trapezoidale (4.24 *4.43) m² e la volta a vela, mentre l'alto, di forma quadrangolare (2.06-2.87 *5.45 m), presenta un affaccio panoramico sullo invaso circolare della cisterna con parapetto scavato nel costone tufaceo.</p> <p>Allo stato attuale, la cisterna gode di discreta salute. Tuttavia, vi è la presenza di rifiuti e materiale di riporto in prossimità dei due pozzi di luce che, peraltro, sono state occluse. La base dei due pozzi raggiunge il livello della falda acquifera.</p>	<p style="text-align: center;">Rilievo Arch. Iavarone, 2010</p>   

SCHEDA CENSIMENTO 0290013	COMUNE DI COMIZIANO (NA) Viale Amerigo Crispo - Frazione Gallo
PROPRIETA' DELLA CAVITA'-POZZI CONDOMINIALE	COORDINATE GEOGRAFICHE DELL' ACCESSO 40° 56' 36.58" N - 14° 32' 18.13" E
INQUADRAMENTO URBANO	SVILUPPO PLANIMETRICO CON SEZIONE E FOTO
<div data-bbox="178 412 746 647" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="269 678 715 1021" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="612 969 715 1021" data-label="Text"> <p>Nord</p> </div> <div data-bbox="612 1032 715 1122" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="145 1406 322 1433" data-label="Section-Header"> <p>DESCRIZIONE</p> </div> <div data-bbox="145 1435 782 1738" data-label="Text"> <p>Si tratta di due occhi comunicanti dove la cavità sottostante svolge una funzione di invaso e che, facendo intravedere il pelo della falda acquifera, i primi sono utilizzati come pozzi. La geometria è ipotizzata sulla base di notizie storiche. Per queste due cavità-pozzi che si rinvengono nell'edificio di Viale Amerigo Crispo a Gallo, vista l'impossibilità di discesa negli stessi, si è avanzata un' ipotesi di rappresentazione grafica della loro consistenza, che è sopportata dalla descrizione storica di alcuni proprietari del cortile e da tipologie analoghe di simili pozzi ispezionati, descritti e catalogati in zone vicine (Cicciano, presso Santuario della Madonna degli Angeli).</p> </div>	<div data-bbox="943 376 1294 403" data-label="Caption"> <p>Ricostruzione Arch. Iavarone, 2010</p> </div> <div data-bbox="951 412 1302 853" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="804 920 1422 1149" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="871 1180 1366 1357" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="844 1391 1382 1585" data-label="Image"> </div>



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
C.I.R.A.M. – Centro Interdipartimentale di Ricerca Ambiente

Dottorato di Ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali
XXV Ciclo

***ANALISI SISTEMICA PER UNA VALUTAZIONE
DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO
DI TERRITORI DELL'AGRO NOLANO
CON PRESENZA DI CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO***

Il Coordinatore
Prof. Maurizio Fedi

Il Tutor
Prof. Ing. Massimo Ramondini

Co-Tutor
Prof. Geol. Domenico Calcaterra

Il Dottorando
Dott. Geol. Gianfranco Caccavale

DOCUMENTAZIONE N. 5



REPERTORIO FOTOGRAFICO DI BOCCHE DI CAVA E DISSESTI

COMUNE DI CASAMARCIANO (Na)

Strada Provinciale per Schiava Parco Tortora

Sistema di cavità sottostante un complesso residenziale munito di fondazioni profonde

Long. da 2482056 a 2482150 Lat. da 4531416 a 4531416



Particolare dell'ambiente interno



Pali di fondazione incamiciati e volta tufacea



Pali di fondazione con evidenziata una camera della cavità e residui di lavorazione



Pali di fondazione che attraversano le volte tufacee



Camere contigue del sistema di cavità e palo di fondazione incamiciato



Pali di fondazione incamiciati che attraversano la volta tufacea sovrastante

Strada Provinciale per Schiava, Parco Giordano Bruno, Rilassamento dei solarini nel pozzo di accesso ad una cavità, causa della voragine nell'anno 2011



Long. 2482473 Lat. 4531774

Corso Italia e Via Nola
Bocche di cava abbandonate e subsidenza centrale



Long. 2482153 Lat. 4531437

Contrada Starza
Bocche di cava abbandonate



Long. 2482131 Lat. 4531688

Prolungamento Via Sidon

Bocche di cava, voragini e subsidenze



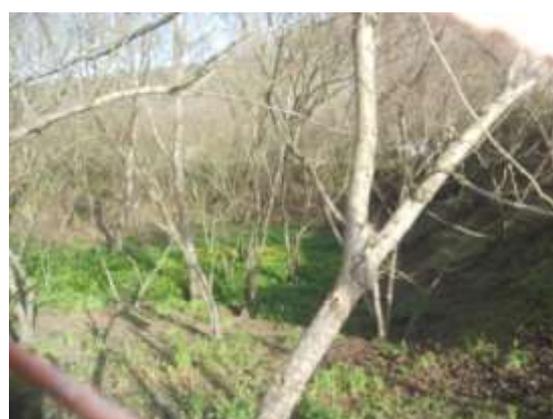
Long. 2482608 Lat. 4531632



Long. 2482595 Lat.4531678



Long. 2482600 Lat. 4531514



Via Pizzone

Voragine sotto un fabbricato anno 2011 – Ripristino dello stato dei luoghi con azioni di consolidamento



Long. 2482360 Lat. 4531645



Via S. Maria direzione Castello lato sx

Bocca di cave relitte e subsidenze



Strada Provinciale per Schiava
Bocche di cava in area agricola



Long. 2482685 Lat. 4532008

Long. 2482698 Lat. 4532003

Strada Provinciale per Schiava, inizio di via Olivella lato sx

Bocca di cava chiusa in aderenza a subsidenza



Long. 2482496 Lat. 4531822

Località Campocavallo

Sistema di cavità, Long. 2482831-2482931 - Lat. 4532431-4532484



Anfratto di accesso



Profilo stratigrafico



Particolare della volta all'ingresso



Panoramica del primo ambiente



Panoramica dell'ambiente dall'interno



Bocca di cava vista dall'interno



Solarino di chiusura con evidenti segni di infiltrazioni idriche nelle ghiaie



Ambiente interno all'ingresso della cavità



Camera con taglieme



Particolare dell'anfratto lato dx



Particolare dell'ammasso tufaceo



Interno della cavità



Bocca della cavità

Strada Provinciale per Schiava, voragini anno 2008 e 2010



Long. 2482492 Lat. 4532038



Long. 2482541 Lat. 4532005

Strada Provinciale per Schiava

Bocche di cava aperte o recintate



Long. 2482785 Lat. 4532287



Long. 2482727 Lat. 4532269

Strada Provinciale Nola-Schiava

Sistema di cavità in una proprietà lato dx

Le foto degli ambienti interni, per gentile concessione di G. Minin & E. De Luzio



Veduta del cratere di collasso



Anfratto di accesso alla cavità



Altro anfratto ricoperto da vegetazione



Pozzo di accesso con botola



Apertura del pozzo



Particolare del rivestimento del pozzo



Protezione esterna di un pozzo



Particolare della sezione e del rivestimento



Sgrottamento di un occhio di cavità



Trascinamento di una struttura abitativa



Lesioni nella pavimentazione esterna



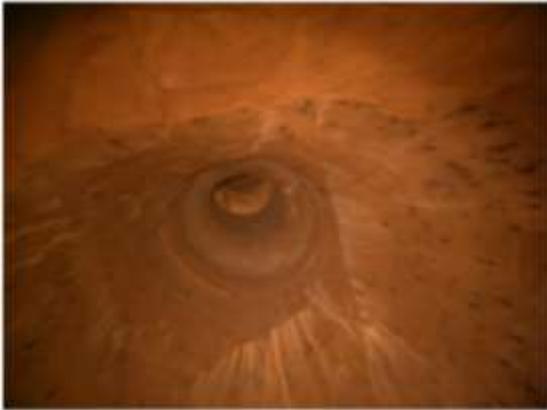
Crolli e franamenti nel cratere



Massi in bilico sotto la volta all'ingresso



Volta della cavità all'accesso



Pozzo e tracce di fumo da lanterne ad olio



Pozzo a sezione circolare non rivestito nelle piroclastiti



Crollo dei pilastri e delle volte



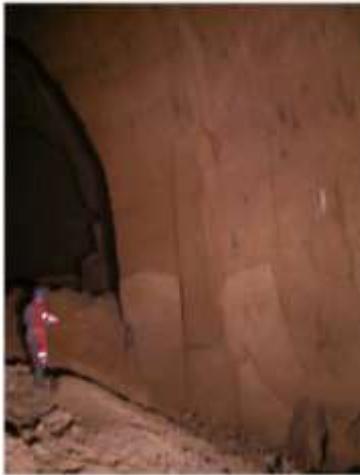
Blocchi di vari metri cubi



Pozzo non rivestito nella porzione piroclastica



Infiltrazioni all'interno dei pozzi



Pilastro fratturato vicino all'ingresso



Pilastro fratturato



Camera ostruita



Cumuli e blocchi



Pilastro interessato da diverse fratture



Pilastro fratturato nella zona a NNE



Cumuli detritici sul piano di calpestio.



Frattura laterale al pilastro



Pareti intensamente fratturate



Ramo 2 della cavità



Cumulo alla base del pozzo 10



Cumulo sversato dal pozzo 10



Ambienti ostruiti dai cumuli detritici



Cumulo detritico formato da clasti calcarei



Blocchi calcarei che ostruiscono il passaggio



Camera ostruita da un cumulo



Cumulo con grossi blocchi



Ramo 3 della cavità.



Ambiente ostruito dal cumulo detritico e da blocchi calcarei

Località “Astolelle”

Bocche di cava sezionate dalle pareti della cava a fossa su via Cimitero



Long. 2482879 Lat. 4532319

da sx verso dx

Long. 2482909 Lat. 4532379

Long. 2482891 Lat. 4532363

Long. 2482872 Lat. 4532345

Località “Campocavallo”
Bocche di cava aperte



Long. 2482806 Lat. 4532415 Long. 2482811 Lat. 4532412

Località “Campocavallo”
Subsidenze



Località “Campocavallo”
Bocche di cava in proprietà privata



Long. 2482360 Lat. 4532514



Long. 2482381 Lat. 4532449

SS7bis lato destro direzione Schiava

Sistema di cavità con bocche aperte



Long. 2482360 Lat. 4532514



Long. 2482381 Lat. 4532449



Long . 2482305 Lat. 4532424



Long. 2482327 Lat. 4532509



Long. 2482444 Lat. 4532578



Long. 2482448 Lat. 4532547

Bocche di cava alla località Monaciello



Long. 2482477 Lat. 4532755

Long. 2482354 Lat. 4532750

COMUNE DI TUFINO (Na)

Via dell'Epitaffio



Long. 2483262 Lat. 4533063

Long. 2483320 Lat. 4533074

Long. 2483312 Lat. 4533052

Bocche di cava in aderenza alla Cava Valle



Long. 2482985 Lat. 4533460



Long. 2482984 Lat. 4533492



Long. 2482985 Lat. 4533460



Long. 2482921 Lat. 4533440

Long. 2482927 Lat. 4533484

Strada Provinciale Tufino- Comiziano



Long. 2483083 Lat. 4533005

Long. 2483045 Lat. 4533008



Long. 2483065 Lat. 4533021

A destra della Cava Valle



Long. 2489927 Lat. 4533484



Long. 2482927 Lat. 4533512 Long. 2482909 Lat. 4533509 Long. 2482876 Lat. 4533510



Long. 2482872 Lat. 4533497 Long. 2482869 Lat. 4533516 Long. 2482871 Lat. 4533453



Long. 2482835 Lat. 4533453 Long. 2483083 Lat. 4533005

SS.7bis- località “Vico Friddu”



Long. 2484301 Lat. 4533063

Long. 3484298 Lat. 4533037



Long. 2484279 Lat. 4533046

Long. 2484287 Lat.4533073

SS. 7 bis – bocche di cava a retro cantina Boccieri



Long. 2483996 Lat. 4533119

Long. 2483995 Lat. 4533132

Long. 2484009 Lat. 4533134

SS.7 bis – Masseria Lippiello



Long. 2484622 Lat. 4533197

Long. 2484321 Lat. 4533123

COMUNE DI COMIZIANO (Na)

Bocche di cava dietro la cantina Eredi Galasso Salerno



Long. 2481403 Lat. 4532780

Long. 2481404 Lat. 4532800

Bocche di cava in fondi agricoli su Via Cimitero e Contrada Cesina



Long. 2482138 Lat. 4533268



Long. 2482404 Lat. 4533171



Contrada Cesina

Long. 2482010 Lat. 4533261



Long. 2482404 Lat. 4533171



Long. 2482880 Lat. 4533177



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI "FEDERICO II"
C.I.R.A.M. – Centro Interdipartimentale di Ricerca Ambiente

Dottorato di Ricerca in Analisi dei Sistemi Ambientali
XXV Ciclo

***ANALISI SISTEMICA PER UNA VALUTAZIONE
DELLA SUSCETTIBILITA' AL DISSESTO
DI TERRITORI DELL'AGRO NOLANO
CON PRESENZA DI CAVITA' ANTROPICHE IN TUFO***

Il Coordinatore
Prof. Maurizio Fedi

Il Tutor
Prof. Ing. Massimo Ramondini

Co-Tutor
Prof. Geol. Domenico Calcaterra

Il Dottorando
Dott. Geol. Gianfranco Caccavale

DOCUMENTAZIONE N. 5



CAVE E CAVAMONTI

(Appunti tratti da "IL TUFO COME PRESENZA DEL PASSATO")

di Gaetano Mascolo & Giovanni Petrillo)

CAVE E CAVAMONTI

Nella pratica comune dei cavamonti, erano tre i sistemi eseguiti nel napoletano per tagliare il tufo dalla sua sede, distinti come la cava in falda, la cava in galleria e la cava a fossa ; le prime due erano sempre a cielo scoperto, a differenza del terzo che poteva essere aperto o sottoterra.

I due sistemi in falda ed in galleria potevano restare isolati ma, non raramente, venivano accoppiati: più spesso da un taglio in falda si poteva passare a quello in galleria, meno frequentemente si invertivano.

Il primo veniva attuato quando, sfruttato con taglio a cielo aperto una zona destinata a quell'unico impiego, ne seguiva un'altra in cui occorreva serbare il soprassuolo, ed allora si proseguiva con il taglio in galleria; oppure quando, resosi troppo potente il ricoprimento sovrastante alla massa tufacea, si riscontrava più convenienza a proseguire la coltivazione a cielo scoperto. Inoltre, il passaggio dalla coltivazione in galleria a quella in falda poteva presentarsi quando, per mezzo di taglio sotterraneo, si raggiungeva una zona più sfruttabile a cielo aperto. La scelta del sistema di cava per sfruttare un giacimento tufaceo nella pianura napoletana non era arbitrario, ma vincolato da cause diverse, quali il rispetto o meno del soprassuolo, la profondità del materiale rispetto alla superficie esterna, i mezzi disponibili, etc....

1- CAVA IN FALDA (a cielo aperto): questo sistema veniva adottato quando la roccia si trovava a breve distanza dal cielo, i mezzi erano scarsi ed il valore del giacimento superava quello di molto quello del fondo sovrastante. Esso prende il nome di cava in falda (*o' scuperto*), perché si iniziava il taglio nella falda di un rilievo fino a farlo scomparire a lavoro compiuto. La prima operazione era quella di aprire la cava eliminando tutto ciò che copriva la massa tufacea (la scoperta), in genere, bastava una superficie del fondo di poche centinaia di metri quadrati per aver garantito lavoro di parecchi mesi, inoltre, riducendo anche lo spazio dove accumulare i terreni di ricoprimento minore sarebbe stata la perdita di rendita sul terreno

La configurazione locale del suolo poteva limitare le dimensioni e la forma della “scoperta” che, tuttavia, veniva fatta quanto più regolare possibile per evitare il grosso sciupio nel taglio dei grossi bocchi ai quali soleva darsi una sezione orizzontale prossima al quadrato o al rettangolo. Espletato il taglio della roccia in una prima zona, si iniziava a scoprire una zona adiacente, e così di seguito. Quando si richiedeva una forte produzione di materiale, si eseguivano due ed anche tre tagli simultanei, aprendo due fronti di attacco, a destra ed a sinistra del primo, non normali ma paralleli ad esso e perché il lavoro dell'uno non intralciasse quello dell'altro. Maggiori zone di attacco potevano essere stabilite anche dall'inizio della cava ma, dovendo queste essere indipendenti per la libertà delle manovre di lavoro, si sceglievano a debita e reciproca distanza se il rilievo aveva una falda rettilinea; al contrario, se questa falda era curvilinea o angolosa, le zone di attacco potevano essere più ravvicinate, giacché restavano sotto angoli differenti. Inoltre, in un sito mai coltivato a cava, a pendio non ripido, dove la roccia non affiorava se non saltuariamente, venivano eseguiti altri lavori, come rimuovere il ricoprimento **M** (figura 1) lungo la falda, smussare le sporgenze della roccia ed iniziando dal piano caricatoio **PR** della cava, tagliare, a zone **A, B, C, D** successive, il tufo, fino a formare un fronte **ED** di sufficiente altezza, abbastanza largo per potervi sviluppare un lavoro più o meno lungo. Quando a questo ripiano seguiva altro rilievo dal suolo simile al precedente, venivano ripetute in esso le stesse operazioni; quindi il primo fronte poteva spingersi con i tagli fino al secondo, formandone uno solo. Se però questo risultava di eccessiva altezza non era più consigliabile proseguire il taglio in falda, dal momento che i massi di tufo tagliati che si facevano cadere dall'alto, si sarebbero frantumati, il taglio allora proseguiva in galleria, aperta alla base del fronte. Il ricoprimento, rimosso dalla sede con zappa e piccone, veniva riversato dall'alto nella piattaforma della cava, sia direttamente verso il ciglio del fronte, come avveniva all'inizio del lavoro, sia paleggiandolo dalla parte interna, sia trasportandolo in coffe a spalla, o carriole, fino al ciglio stesso; questo si accumulava piede di detto fronte disponendosi a piano inclinato nella

parte esterna e vi formava un soffice ravaneto, sul quale cadevano i massi buttati dall'alto. Quando il taglio raggiungeva il livello di quel cumulo, tutto il materiale sciolto veniva portato via altrove, se poi il trasporto definitivo del ricoprimento era a breve distanza poteva farsi uso delle coffe (*cofani*), in caso opposto si adoperavano speciali carrelli (*tummarelle*). Il ricoprimento veniva tagliato a forma di tramoggia, aperta nella parte anteriore corrispondente al fronte, di modo che le altre pareti laterali lasciate dal taglio risultassero inclinate o, come si diceva, a scarpa, in genere, l'inclinazione doveva essere inferiore all'angolo di attrito del materiale costituente il ricoprimento stesso nel suo stato naturale, ammassato ed umido, e ciò per evitare che, nel dissecarsi, potesse franare. Quando la scarpa era molto alta veniva suddivisa con una serie di gradini larghi non meno di un metro ed alta non oltre gli otto metri, se poi nella massa da sterrare si incontrava uno strato di sabbia, non solo bisognava interrompere ad esso la scarpa per mezzo di un gradino e suddividerla con altri gradini anche nella parte superiore ma, nelle pareti dove il detto strato inclinava verso l'interno della fossa **F** di scavo, bisognava provvedere per evitare una facile frana determinata o dalle acque di infiltrazione o dal disseccamento. Nei casi di lieve importanza gli sterratori solevano riparare ponendo sul gradino **m** delle pozzolane bagnate, pistonandole bene; in casi di maggiore importanza, invece, muravano lo strato di sabbia, cominciando la muratura **M** un poco al di sotto di esso e poggiandola su gradino a piano leggermente inclinato verso la parete dello sterro.

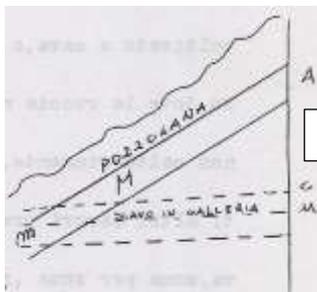


Figura 1

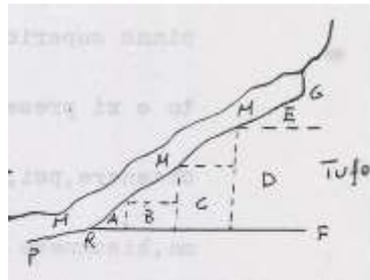
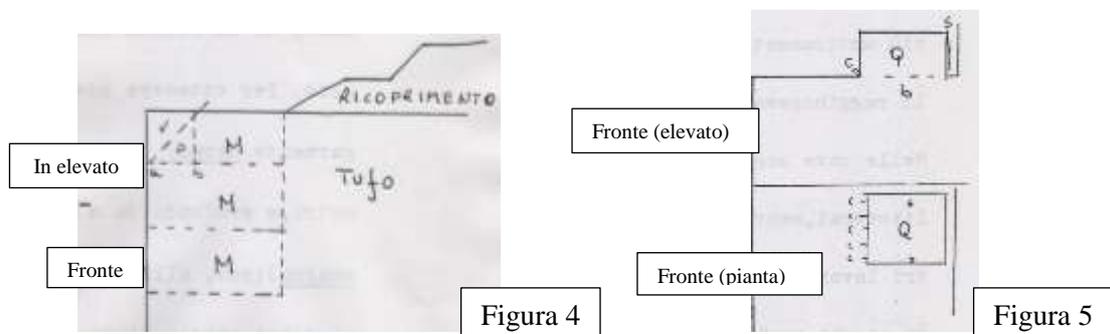


Figura 2

Completata la scoperta non poteva dirsi aperta la cava, che veniva definita tale quando si avevano due superfici libere, cioè il piano superiore ed il fronte. Il primo si otteneva con la scoperta e si presentava variamente corrugata per le erosioni subite, poi, la seconda superficie libera (fronte), normale alla prima, bisognava ricercarla in qualche prominenza del tufo, spianando le facce di posizione vantaggiosa., oppure procurarsele per mezzo di speciali operazioni, solo in quel momento, la cava cominciava a dare materiale utile, tranne gli eventuali frammenti inservibili che costituivano lo sfrido. Aperte la cava, si procedeva al taglio della roccia che veniva fatto per zone successive **M** (figura 2), dall'alto in basso chiamato volgarmente *mancante*. il taglio doveva iniziare sempre dalla parte esterna **A** della massa da cavarsi e, propriamente del suo ciglio **m**, per avere avanti lo spazio necessario al maneggio dei blocchi cavati, come anche il loro distacco che partiva dalla base, non era conveniente fare all'esterno un palco di manovra (volgarmente *andito*) sul quale poggiare gli operai, bisognava ricavare questo appoggio **ab** nel piano superiore della massa tufacea **e**, cominciando generalmente da un estremo, si cercava di formare un vuoto **V** lungo il ciglio. Per ottenere questo vuoto venivano fatti da operai specializzati (*stagliaiuoli*) e con l'impiego di un particolare piccone (*smarra*), due solchi **s** (*caraci*), normali al fronte, alla distanza di un paio di metri, e profondi da 0,70 m a 0,80 m.; poi, alla distanza dal ciglio di 1,50 m, dove si arrestavano detti solchi si praticavano dei fori **h** (*scassature*), distanti fra loro circa 0,20 m, su una linea parallela al ciglio stesso o linea di base del fronte; in questi fori si battevano dei cunei **c** (*cugnuoli*) in ferro (*mazza*) o di legno (*maglio*) un po' inclinati in basso fino a quando, affondati nel mezzo tufaceo con suono sordo, non veniva sfettata la roccia da dentro verso fuori ("il d'into e fore") nella parte isolata tra i due solchi. La parte di roccia distaccata (scapolo) veniva rimossa e quella rimasta in sede, a piano inclinato, si spianava in modo da ottenersi lo spazio per poggarsi gli operai; tali massi venivano distaccati con tagli longitudinali, paralleli al fronte e con altri trasversali procedendo verso il fondo della scoperta. In ogni zona di taglio veniva suddiviso in grossi massi **Q** (figura 3), di forma pressoché regolari, chiamati *quadroni*, ognuno di questi con la faccia superiore e quella anteriore libera veniva isolato per mezzo di solchi e nelle altre facce posteriore e laterali, per cui

restavano attaccate al giacimento soltanto nella parte inferiore, ivi si battevano dei cunei c fino ad averne il distacco, con il metodo detto “*della puntata*” o nel gergo “*zeppiatura*”: rimosso il primo masso si riduceva soltanto il solco laterale, restando libero il masso successivo nel lato donde era rimosso il precedente. Spesso si iniziava il lavoro di scavo nella zona facendo il solco in giro ad essa e poi si facevano le suddivisioni in quadroni, altre volte i due lavori procedevano insieme. Il quadrone da tagliarsi riceveva prima una certa preparazione, con lo spianare alquanto la superficie superiore e più accuratamente quella anteriore, detta faccia. Questo lavoro andava fatto sempre quando era stato rimosso un quadrone precedente, soprattutto alla base del fronte, dove risultavano delle superfici irregolari. Il lavoro per ricacciare il fronte era detto *sfrontatura* o *arriccettatura*, con operai specializzati in questa mansione (*arriccettatore*). Non sempre, quando si tagliavano due massi l’uno dietro l’altro, quello posteriore presentava già il suo fronte, giacché non di rado il piano di distacco, provocato dalla battitura dei cunei alla base del fronte del masso anteriore, andava ad incontrare nell’interno di questa fenditura ab (figura 4) inclinata (*scarpina*) dal cui piano il masso Q si staccava. Allora restava non distaccata una parte m del quadrone che bisognava rimuovere per liberare il fronte del masso successivo Q, a questa parte non distaccata si dava il nome volgare di “*punta di sciulia*” per la superficie inclinata che presentava. Le dimensioni che si potevano dare ad un quadrone variavano secondo la varietà di tufo, nei casi più difficoltosi la lunghezza raggiungeva i 3.00 m, in quelli più agevoli restava tra i 5.00 m ed i 6.00 metri, ed in circostanze più agevoli ci si spingeva fino a 10.00 metri. La larghezza, per le medesime ragioni, andava da 2.00 m a 4.00 metri, infine, l’altezza oscillava tra 0.70 m a 0.80 metri, ed anche più anticamente, raggiungeva 0.80 m - 0.90 m, solo in casi eccezionali si poteva raggiungere 1.00 m -1.20 m. Nelle cave organizzate gli stagliaiuoli, chiamati così per il loro lavoro pagato a cottimo (a staglio), si distinguevano in dritto e mancino, secondo che sapessero fare la caraca a destra o a sinistra rispetto a chi guardava la faccia del quadrone, i siti dove venivano fatte le caraci laterali costituivano i capi del quadrone distinti pure in dritto e mancino, e la medesima distinzione avevano le cosiddette teste, cioè le rivolte angolari delle caraci laterali e quella posteriore. Altra operazione compiuta su un quadrone che fosse stato isolato in giro, era, prima di scapolarlo, la stroncatura che consisteva nel suddividerlo in due porzioni con un altro solco nel mezzo e che attraversasse l’intera altezza.



L’attrezzo adoperato all’inizio del ‘900 per fare le caraci era la “*smarra a zappone*”, un piccone in acciaio a taglio dritto, mentre fino alla fine dell’800 era adoperata la “*smarra a zenna*” che aveva all’estremità due denti (*le zanne*), ma che fu abbandonata quando lo spezzare il tufo nelle breccie calcaree, provocava la rottura dei denti; il taglio del tufo fatto con la smarra a zenna è riconoscibile nelle cave dalle incisioni quasi a punte, come vere e proprie unghiate, la smarra a zappone lasciava delle linee di suddivisione dell’ammasso tufaceo visibili anche a distanza.

a) suddivisione dei blocchi in pietre di muratura: Il quadrone, dopo essere stato staccato, doveva subire varie operazioni eseguite da speciali lavoratori: la prima era fatta dallo spartitore, il quale, a mezzo di cunei, lo divideva in pezzi di grosse dimensioni, subentrava il *voltatore* di pezzo, il quale per mezzo del palo di ferro li movimentava buttandoli nel piano sottostante, qui ciascun pezzo veniva suddiviso in altri più piccoli dallo *spaccatore* mediante l’uso di uno o due cunei, per quest’ultima operazione, qualora il tufo fosse disseccato per lunga esposizione all’aria, si bagnavano i fori in cui applicare i cunei, o vi si conficcava un po’

di erba fresca, al fine di non far sgranare la roccia. Infine, interveniva il **rompitore** che riduceva questi pezzi alle dimensioni volute per le costruzioni, servendosi del martello, un utensile di acciaio simile ad una grossa scure. Ciascun pezzo da ridurre veniva prima aperto al centro di due parti, pressoché uguali, quindi, ogni metà si divideva in altre due porzioni e così di seguito: per la prima fenditura di facevano due o tre intaccature sulla pietra con lo stesso martello, battendo finché la pietra non si fendeva, per la seconda bastava una sola intaccatura e, per le successive nessuna, ma solo il colpo si martello. Per una cava in pieno esercizio si potevano estrarre 2 o 3 quadroni al giorno, ricavando da essi circa 2000 pietre, corrispondenti a circa 20 carrette giornaliere, l'operaio addetto a caricare i conci sulle carrette prendeva il nome di **alzatore**. Da quanto si è detto sul taglio del tufo nelle cave, si deduce che, per il ricavo del fronte e lo spianamento dei quadroni, per la divisione a pietre di costruzione delle pietre dai massi cavati, per lo scarto e le varietà difettose, o per altre cause, ne risultavano pochi detriti (*asche*) sino a della polvere più o meno grossolana (*taglime di cava*), detriti che venivano trasportati in luoghi appartati e, in genere, utilizzati per riempimento delle murature.

b) grappiata: man mano che si scendeva con il taglio delle pietre dall'alto al basso, i cavapietre erano soliti incidere il nuovo fronte con dei fori A speciali (figura 6) lungo una linea verticale, distanti fra loro 0.15 m - 0.20 metri esternamente di forma rettangolare avevano l'altezza di circa 0.20 m, la larghezza di 0.08- 0.10 metri e la profondità che, iniziando da circa 0.10 m nella parte inferiore, finiva a zero in quella superiore. Inoltre, la sezione dei fori medesimi, normalmente al fronte, presentava la forma di un uncino, col gambo in alto ed alquanto inclinato verso l'esterno, sino a raggiungere superiormente la parete del fronte stesso, e con la rivolta inferiore che discendeva sotto al tratto orizzontale del foro, veniva a costituire come un parapetto al vuoto: questa rivolta permetteva una facile presa della mano, mentre al suo apice si appiava per dare appoggio al piede. Un tale insieme di fori prendeva il nome di grappiata, dandosi ai detti fori il nome di grappe e serviva da scala agli operai per salire e scendere lungo il fronte. Veramente i regolamenti delle cave vietavano l'uso della grappiata, perché estremamente pericolose per i principianti, prescrivendo l'uso di scale di legno, ma questo regolamenti non venivano sempre rispettati nelle cave nel napoletano.

c) ripristino del fondo coltivabile: man mano che procedono i tagli nella cava si andava sempre più ingrandendo il suo bacino, nel quale venivano ammonticchiati cumuli di materiali di rifiuti. I proprietari del fondo, portata la cava ad esaurimento, solevano rimettere questo a coltura, spianando i cumuli suddetti, tuttavia, questi fondi presenteranno ancora dopo molti anni vegetazione stentata, un fenomeno che si spiega facilmente con la risistemazione inversa dei terreni, nella quale il terreno vegetale originario era stato anche mescolato con la pozzolane ed i lapilli.

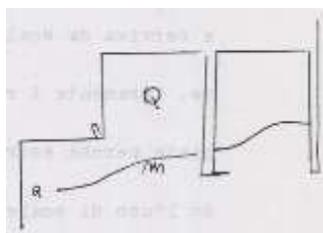


Figura 6

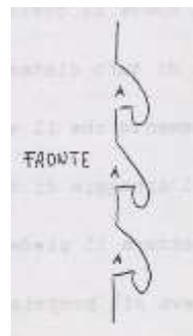
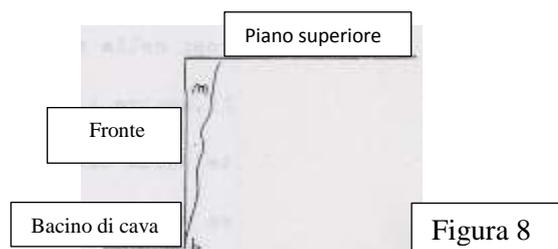


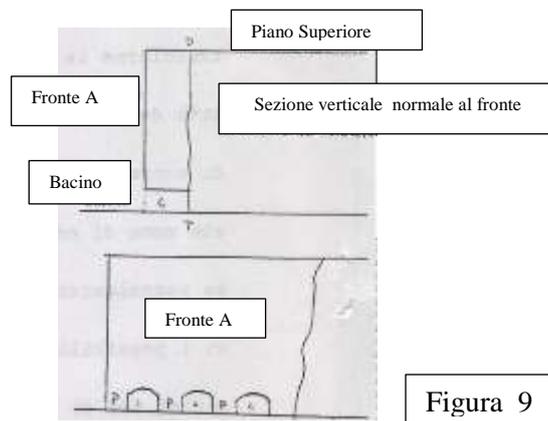
Figura 7

d) l'uso delle mine: il tufo non è adatto a ricevere le mine a causa della sua struttura largamente porosa, infatti, dalle numerose fenditure che si formavano subito nel tufo, si dissipavano gran parte dei gas concomitanti all'esplosione della cava e, quindi, elevato l'evenienza di avere un limitato distacco in pezzi informi, di cui buona parte andava ai rifiuti. Però c'erano casi in cui la mina era indispensabile, così, se in un punto si incontrava una scarpina **ab** (figura 7) che dall'interno inclinava verso l'esterno, tale che il taglio diventava pericoloso, dal momento che il masso **m** tendeva a cadere, minacciando la vita delle maestranze, così nella piattaforma della cava bastava praticare utilizzare una piccola mina dove questa massa si

presentava in precario equilibrio e, con l'esplosione, veniva rimossa facilmente. Questa operazione soleva dirsi spezzata scarpine, sebbene una scarpina veniva spezzata anche con tagli diretti, sia nella base che da un lato del masso distaccatosi, ma anche questo altro metodo non era privo di rischi. Si poteva abbattere in breve tempo una forte quantità di materiale quando una gran massa di roccia si presentava distaccata per scarpina ad una certa distanza dal fronte, l'inclinazione del piano di frattura poteva agevolare o meno la caduta della massa e, in tal caso, si usava il cosiddetto sistema per caduta, perché si faceva cadere la massa di tufo distaccata, sebbene questo appellativo fosse improprio dal momento che il vero sistema per caduta si aveva quando si rimuoveva l'appoggio di terreno su cui giaceva la roccia; invece, quando si spezzava il piede della roccia per mezzo di colpi di mina, allora si aveva più propriamente il sistema della mina di subbissamento, in pratica, alla base del fronte (figura 8) si scavavano dei cunicoli C di dimensioni variabili nella larghezza e nell'altezza, non superiore a 1,50 m, così che gli operai vi potevano lavorare accovacciati, per la profondità dal fronte, bisognava regolarsi secondo la distanza a cui si trovava la scarpina ST. Fra i detti cunicoli, posti a breve distanze tra loro, restavano dei pilastri P di tufo, i quali si assottigliavano con solchi al piede, sino a provocare in essi uno schiacciamento. A volte, però, dopo avere assottigliati questi pilastri, si praticavano a lato dei piccoli fori da mina, tal da contenere ognuno una carica di circa 100 grammi di polvere nera detta pistoletta. Approntate queste piccole mine, una o due, per ogni pilastro, venivano fatte esplodere consecutivamente, calcolate di lunghezza sufficiente, affinché il cavamonte potesse mettersi al riparo prima dell'esplosione. Abbattuti i pilastri con lo scoppio delle mine, la massa di tufo precipitava, suddividendosi in più pezzi e, dal grande cumulo formatosi nella piattaforma della cava, si sceglievano i blocchi utili, mentre i detriti andavano nei rifiuti. Quando poi, nel nuovo fronte della cava rimanevano brandelli di tufo semistaccati occorreva provvedere a rimuoverli subito al fine di scongiurare possibili sinistri.



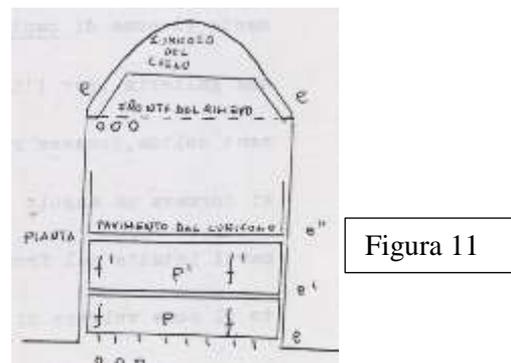
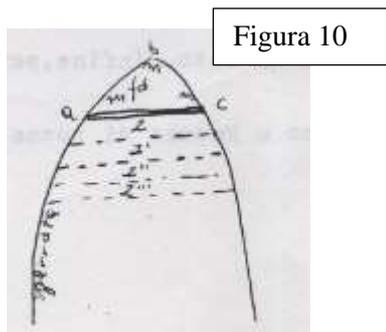
2) CAVA IN GALLERIA : questo sistema era sempre seguito quando si voleva rispettare il soprassuolo e quando l'elevazione del suolo era molto potente, esso, inoltre, era più economico nel caso di un vasto esercizio industriale, dal momento che oltre a non sciupare capitali per l'eventuale acquisto del fondo superiore si evitava la non lieve spesa per la scoperta con il relativo trasporto del materiale risultante, il lavoro di estrazione era sempre di lunga durata e si potevano stabilire più punti di attacco indipendenti tra di loro. A ciò si aggiungeva la continuità del lavoro dal momento che gli operai stavano al coperto e non andavano perdute le giornate di pioggia, ed il risparmio sul minor trasporto dei rifiuti che si accantonavano in buona parte lungo le pareti della galleria o si ammassavano dentro gallerie abbandonate.



a) **apertura della cava:** il miglior posto per aprirvi una galleria era lì dove si aveva un alto fronte verticale ottenuto con un precedente taglio allo scoperto, quando si doveva iniziare una cava in un affioramento del tufo sulla falda di un rilievo, prima si faceva all'esterno un taglio di approccio (figura 9) e non appena si era raggiunta nel tufo una superficie verticale di sufficiente altezza, si apriva in questa una galleria la cui altezza, dal piano del caricatoio variava da 15 metri ad oltre 25 metri ma non mancavano altezze minori, dovute alla sicurezza della cava, alla presenza di scarpine ed altre cause. Talvolta accadeva che, presentandosi di poca l'altezza all'estremo la massa di tufo, a causa della particolare configurazione del suolo prescelto, mentre andava innalzandosi all'interno della montagna, si iniziava la cava con un galleria poco alta, avente come per il suo pavimento inclinato verso il basso nella montagna stessa per andare sempre più guadagnando altezza; la volta della stessa galleria, dove era possibile, si portava alquanto inclinata in alto. Raggiunto un fronte sufficientemente elevato, sia attraverso la stessa galleria sia con l'esecuzione di un pozzo di luce per innalzarlo di più, si eseguiva di norma il taglio sotterraneo. Anche in pieno esercizio di una cava in galleria volendo innalzare i fronti, si ricorreva al sistema di portare inclinati in alto i tagli alla volta oppure, anche se più raramente, di inclinarli in basso alla base, generalmente, se il tufo si presentava migliore nella parte superiore, ovvero si inclinava verso l'alto (nel gergo *"la preta saliva"*), si adottava il primo taglio, nel caso inverso si ricorreva al secondo. Quando, invece, si soleva ottenere altro sbocco in un fondo di livello differente, si ricorreva al ripiegò di inclinare come correva il taglio del pavimento, ma l'inclinazione da dare doveva essere tale da non risultare pendenze troppo stancanti per il passaggio dei carri.

b) **apertura della volta (cielo),** dal quale far partire la prima galleria e, scelto il posto migliore ove praticarla, la prima operazione da farsi era quella di rendere libero il piano superiore della zona da cavarsi. Si cominciava, dunque, nel *"cacciare il cielo"*, ossia cavare la volta o cielo della galleria ma, prima ancora, era necessario stabilire il punto dover aprire il e tracciarne le dimensioni. Per un assegnato sito elementi principali erano la qualità e massa del tufo che, per sorreggere tutto il carico sovrastante, doveva lasciarsi intatta al di sopra del cielo. Questa zona di protezione variava secondo il peso delle masse pozzolaniche, lapillose, breccioso-calcaree e del terreno vegetale, non escludendo i possibili fabbricati, ed anche secondo le proprietà fisiche del tufo, in genere, il minimo era 3 - 4 metri di spessore, più comunemente si portava da 6 a 8 metri, e non rare volte si giungeva a spessori maggiori specie quando il giacimento tufaceo era di considerevole potenza. Per le dimensioni dei cieli dovevano osservarsi le seguenti norme: l'altezza era sempre più quella di un uomo, e propriamente di 1.75 m - 1.80 metri, invece, la larghezza poteva variare da m. 2.50 a m. 3.50. La forma che si dava ai cieli era curva (detta *"a corda"*) perché la più resistente (quasi semicircolare, spesso parabolica e di rado quasi semiellittica o a più centri), più anticamente si faceva piana nella sua parte culminante (volta a cielo piano) ma, poiché dava luogo a facili distacchi di roccia, tale forma fu abbandonata poco dopo il 1850 cedendo il passo alla prima. Per iniziare a cavare il cielo della galleria (figura 10) bisognava costruire poco al disotto del livello del piede stesso, tanto da poter maneggiare la smarra, un comodo ponte di servizio (*l'andito*), formato con due travi m (dette *pedicarlole*) incuneate

saldamente nel tufo, e con due tavole pq sovrapposte ed inchiodate alle travi, oppure, più comunemente legate alle stese con funicelle (*muscielli*). Per arrivare la sito dove costruire il detto ponte, specialmente se molto alto, se ne facevano altri più stretti, in filari sovrapposti, alla distanza sempre dell'altezza di un uomo o poco più, congiunti tra loro con la grappiata o, essendo proibite queste ultime, con scale di legno, approntato l'andito principale, si smontavano gli altri filari o, al massimo, se ne lasciava uno di riposo. In seguito veniva tracciata sul fronte della roccia la sagoma abc della volta (detta a sesto), lungo la quale da due operai stagliaiuoli (il dritto ed il mancino), a cominciare da sopra, si faceva una carace **m**, a destra ed a sinistra, di profondità che poteva raggiungere 0.70 metri - 0.80 metri. Quindi si solcava la parte sottostante **a c** per circa 0.40 m di profondità e, con tali solchi fatti in giro, restava isolato dalla massa un primo blocco, escluso il suo attacco nella parte posteriore. Dopo il lungo centro della parte anteriore del cielo, si facevano dei fori **d** alquanto inclinati verso i laterali, per battervi i cunei **e**, in tal modo il fronte restava suddiviso in due parti alle quali si dava il nome di spalle, con la distinzione di quella dritta **g** e di quella sinistra **l** rispetto a chi guardava il fronte; tale operazione era anche detta *sbattere le spalle*, il tufo per lo più si staccava in frammenti (*asche*), ma quando era di buona qualità si riusciva a rimuovere tutta la spalla **Al** nuovo fronte formatosi nell'interro, restavano attaccate delle sporgenze di tufo che si tagliavano con la smarra, operazione che consisteva nell'*appianare la faccia*. La stessa operazione si attuava nel pavimento **ac**, risultato alla base della volta, che nel gergo comune veniva indicato come *piede di cielo*, ottenuto questo piano di appoggio per gli operai, si smontavano i ponti di legname e la salita proseguiva con la grappiata o con le scale in legno. Il taglio della volta (sbancamento) proseguiva nello stesso modo anzidetto, però, essendosi ottenuto un piano superiore della cava più sicuro e più comodo, era possibile avere migliore materiale seguendo un altro sistema. Se il tufo si presentava agevole ad essere tagliato, dopo aver fatto il solco lungo la sagoma curva, si poteva aprire da un lato un vuoto, in cui potesse entrare un operaio per battere di fianco il masso da staccare, di poi, si potevano battere altri cunei alla base dello stesso in modo da ottenerne il completo distacco. Se, invece, il tufo era meno agevole al taglio, il detto vuoto poteva farsi nel centro del masso che doveva essere staccato, il quale restava così diviso in due parti più facili da rimuovere. Con l'avanzare del lavoro di apertura del cielo si veniva a formare un cunicolo che, dovendo sempre precedere il taglio della massa tufacea sottostante veniva espletato in precedenza su questa, talora interamente, altre volte in modo parziale.



Il cunicolo poteva avere un andamento rettilineo più o meno tortuoso dipendendo dalla posizione dei punti che si volevano raggiungere e dalla buona qualità della pietra che invitava a seguirla scartando la cattiva che si poteva incontrare e, talvolta, anche dall'incontro di una fenditura, che permetteva di risparmiare il lavoro di una carace da un lato, infine, per rischiarare lo scavo del cunicolo, si faceva uso nell'area napoletana e nolana, di rozze lucerne di argilla con lucignolo alimentato ad olio.

c) il taglio del tufo: la massa di tufo sottostante al cielo della galleria, dal nome volgare di *piliero*, veniva esposto per la cava allo scoperto, cioè a zone successive z.z.z.z. già note come *mancate* (figura 10) dell'altezza di 0.80 metri - 0.90 metri, o anche meno, con l'espressione *scendere il cielo* era appunto indicato questo taglio dall'alto in basso. Dopo aver eseguito il *d'into e fore*, con le caraci laterali e posteriore **ff** (figura 10), venivano isolati i quadroni staccati alla base con il battervi i cunei **o**. Però, mentre i solchi

inferiori cedevano in un piano pressoché verticale, in modo da ricacciare il fronte del successivo piliero, si portavano inclinati nell'interno di questi in modo che larghezza della galleria andava sempre più aumentando dall'alto in basso e la galleria stessa prendeva una forma quasi parabolica per un buon tratto, questa forma di taglio prendeva il nome di *sgarrata* (figura 10). La forma della galleria restava quasi parabolica per un certo tratto, giacché la sgarrata, oltrepassata circa i due terzi dell'altezza del piliero, anziché continuare ad internarsi nella massa tufacea, proseguiva a dolce curva, sino a rendersi quasi verticale alla base della galleria, ciò per conseguire una maggiore solidità nei pilastri che risultavano tra gallerie contigue. Compiuto il taglio di un primo pilastro **P** (figura 10), si passava a fare lo stesso per il secondo P, di cui erano già scoperti il fronte ed il piano superiore, e così per i successivi fino a che si espletava l'intera galleria. Questa prima galleria **A** (figura 11), o *galleria dritta*, che comunicava con l'esterno, restava come galleria di carreggio, ossia per il movimento degli operai, quindi, dopo completata o essersi inoltrata abbastanza, si potevano aprire altre gallerie **B, C, D, E**, nelle pareti a destra ed a sinistra (dette traverse), badando di lasciare in sede, tanto verso l'esterno che tra gallerie contigue, sufficiente spessezza di tufo P per assicurare il sufficiente sostegno a tutte le masse sovrastanti, inoltre, la spessezza verso l'esterno doveva essere sempre maggiore ed andava determinata caso per caso. Le gallerie laterali potevano essere normali alla prima, oppure inclinare variamente o rendersi tortuose per seguire la buona pietra, la loro reciproca distanza poteva variare da 14 metri a 18 metri. Agli spigoli **a** che risultavano dall'incontro delle pareti di due gallerie normali, o variamente inclinate tra loro, si dava il nome di *cantoni*. Talvolta accadeva che la larghezza di una galleria, per l'incontro di una scarpina o di una massa tufacea meno solida dovesse restringersi lungo il suo percorso: in tal modo si formava un angolo **b** tra le pareti della precedente galleria e le parti intatte del fronte di quella seguente, angolo a cui veniva dato il nome di *cornice*, lo stesso si verificava nel fondo con una galleria cieca F, o in corso di esecuzione. Con il taglio delle gallerie che partivano da quella primitiva A, appare chiaro che si veniva ad aumentare di molto la produzione giornaliera della cava. Occorre, tuttavia, ricordare che queste gallerie trasversali o traverse risultavano più basse di quella iniziale o dritta, dal momento che il cielo non poteva invadere quello della galleria principale sia per le difficoltà che si incontravano nel taglio, sia per ragioni di stabilità. Per tale cosa, espletata una traversa, e volendo aumentare ancora i punti di attacco con l'aprire nelle pareti di queste altre gallerie, queste sarebbero risultare di altezza ancora minore, con grande perdita di materiale, per ovviare a questo inconveniente, si cercava di aprire queste nuove gallerie D dall'esterno, esse risultano così parallele, o quasi, alla galleria primitiva, per cui potevano aversi altre gallerie principali, o dritte, tutte molto ampie e più ampie rispetto alle traverse, non di rado poi, si avevano prima le gallerie principali, poi quelle trasversali. Con l'intreccio di tutte le indicate gallerie si venivano ad isolare dei grossi pilastri FP naturali di tufo, i quali erano stati girati intorno con i successivi tagli e si abbandonavano per sostegno a tutto il carico sovrastante, per tale ragione, il metodo esposto prendeva il nome "*per pilastri girati ed abbandonati*". Questi particolari pilastri, chiamati anche *gambe*, generalmente, si trovavano lungo linee più o meno serpeggianti e con diversa sporgenza dell'uno sull'altro, per cui la loro sezione risultava sempre a poligoni irregolari, anche perché spesso andavano soggetti a scantonature.

d) pozzi di luce: nelle cave in galleria di una certa estensione, sia per la ventilazione che per la sicurezza degli operai e dei carri che vi transitavano, si aprivano qua e là dei pozzi di luce chiamati *lustriere*, di preferenza nei maggiori punti di traffico e praticati dall'esterno scegliendo i punti più depressi del suolo per non averli troppo profondi, caso in cui sarebbe passata ben poca luce. La parte dello scavo di questi pozzi, che attraversava le masse incoerenti, veniva garantita con muri di sostegno fondati sul tufo sottostante. Infine, laddove la topografia locale si prestava si otteneva l'immissione della luce nell'interno delle gallerie aprendo nel tufo delle finestre.

e) ordini sovrapposti di gallerie: rarissimamente è stato adottato nel napoletano il taglio a due ordini di gallerie, A, B (figura 12), sovrapposti l'uno dall'altro, in verità, si trattò piuttosto di un tentativo su cui non mancarono infortuni per i fallaci criteri adottati dai tagliapietre. Per procedere ad un secondo scavo per

gallerie al di sotto di quelle già cavate occorre innanzitutto un rilievo planimetrico esatto della coltivazione, da riportarsi, poi, in perfetta verticalità al livello inferiore prescelto, o per i nuovi scavi, in modo da far corrispondere i vuoti, cioè le gallerie A, B, ed i pieni, cioè i pilastri P sovrastanti e P sottostanti, senza pericoli di scalzamento. Il livello inferiore veniva raggiunto con una galleria inclinata (discenderia), a dolce pendenza per il transito dei carri. Tra i due ordini di gallerie bisognava lasciare per protezione una zona C di tufo intatto, dello spessore non mai inferiore ad un metro nella parte centrale; oltre a ciò le gallerie dell'ordine inferiore dovevano avere una larghezza minore di quella delle gallerie superiori, di modo che la pressione dei carichi sovrastanti venivano a distribuirsi sopra una superficie maggiore;

f) scavo con il pozzo: un altro metodo, usato nei casi in cui non si aveva uno sbocco all'esterno, era quello di iniziare lo scavo dalla parte superiore del suolo per mezzo di un pozzo detto *dritto*. Questo pozzo P (figura 13), abbastanza largo per l'estrazione meccanica del materiale, attraversava tutto il ricoprimento R, regolarmente rivestito di muratura, quindi si approfondiva, allargandosi, nella massa tufacea T sino a ricacciare in giro dei fronti, da cui attaccare il taglio della roccia, dopo avere, però, lasciato in sede una sufficiente zona S di protezione al cielo. Eseguito un primo taglio (mancata) si passava ad un secondo inferiore, quindi, ad un terzo, e così di seguito, ne risultava in ultimo un vano più o meno profondo, detto *campana*, dal quale far partire successivamente delle regolari gallerie. Quando, infine, per la configurazione del suolo esisteva all'esterno, un fondo a livello del piano, sui cui si era arrestato lo scavo, ottenuto in esso lo sbocco, si apriva una galleria verso quel fondo e, attraverso di questo, si eseguiva il servizio di cava, abbandonando l'estrazione del materiale (*il tiro*) dal pozzo superiore.

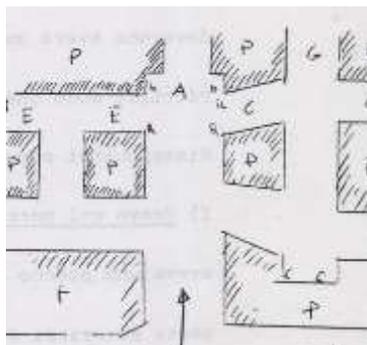


Figura 12

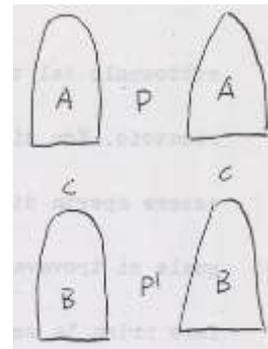


Figura 13

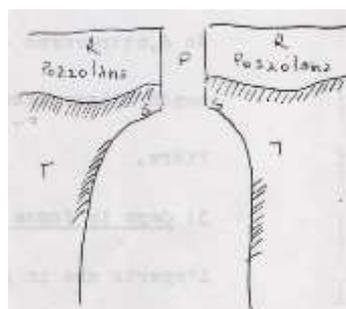


Figura 14

3) CAVE IN FOSSA: questo tipo di cava poteva essere eseguita tanto all'aperto che in galleria e non era altro che il proseguimento nel sottosuolo del taglio già espletato sino al livello del caricatoio. Non si escludeva, pertanto, che una simile cava potesse essere aperta direttamente in un sito pianeggiante, al di quale si trovava un giacimento di tufo ed, in tal senso, occorre fare prima la scoperta, rimuovendo il ricoprimento, comunque, uno scavo non poteva che essere limitato a brevi tagli nell'agro napoletano, per cui da un punto di vista industriale non era eseguito per difficoltà logistiche e di convenienza economica.

a) **scavo nella prima fossa:** trattandosi di un primo scavo in fossa, in seguito a quello effettuato in falda, si aveva libero solamente il piano superiore della roccia, per la qual cosa, rispetto agli altri sistemi, si aggiungeva la fattura di un altro solco lungo un lato, propriamente dalla parte del piano caricatoio. Per iniziare lo scavo veniva fatta la carace *c* (figura 14) nei quattro lati della superficie di coltivazione, si praticava nel centro di essa un largo solco *s*, poco profondo e con la superficie inferiore ed inclinato metà a destra e metà a sinistra nel senso della larghezza, indi, si battevano i cunei o alla base *m* dei fronti *mn* che venivano così ricacciati sino al distacco del tufo, ciò veniva eseguito per ogni zona di taglio successiva. La superficie della fossa, evidentemente, dipendeva da quella del taglio eseguito in falda e, mentre alla fine dell'800 era di grandi dimensioni, all'inizio del '900 anche a causa di un aumento della mano d'opera, si faceva ristretta con lati intorno ai m.10. Dopo il taglio di due zone o mancate, che di facevano risultare di un'altezza di poco inferiore a quella di un uomo, si lasciava in posto un gradino *a* (figura 15), della larghezza media di 0.50 m e dal lato vicino al piano caricatoio, il quale, detto dai cavapietre menatore, serviva per poggiarvi sopra i massi cavati, resi maneggevoli per gli operai e, quindi, riprenderli per salirli al livello del suolo. Dopo altre due cavate veniva lasciato un secondo gradino *b*, poi, un terzo, etc.,, all'inizio del secolo scorso, al massimo un quarto, mentre più anticamente, per il minor costo della mano d'opera si giungeva a farne otto; i blocchi di tufo, passati a braccia da un gradino all'altro, venivano estratti dalla fossa.

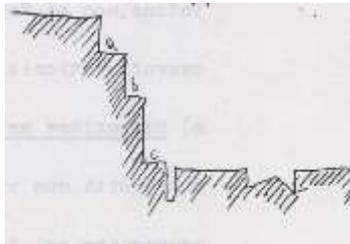


Figura 15

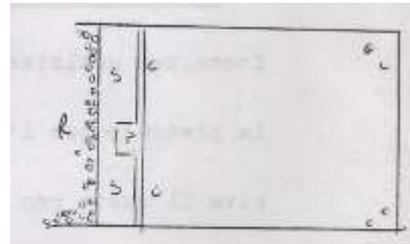


Figura 16

Inoltre, disponendo di molti rifiuti, questi si accumulavano talvolta in modo da formare una gradinata per lo scopo suddetto, sopprimendo, perciò, le menatore lasciate in sede, in ogni caso, questa gradinata diveniva molto movibile e finiva con l'ingombrare troppo la fossa. Altre volte, poi, si formavano, anche da uno o più lati, rampanti di scale con i detriti stessi, per l'uscita del materiale, e simili scale servivano bene anche per il passaggio degli operai. Nel taglio in fossa, infine, non si facevano mai sgarrate nelle pareti, ma queste si portavano sempre verticali.

b) **estrazione meccanica del materiale:** raggiunti i 5 o 6 metri di profondità non vi era generalmente più convenienza economica nel proseguire, con il suddetto metodo, l'estrazione del materiale cavato e, volendo continuare il taglio in profondità per i buoni caratteri della roccia, bisognava sostituire l'estrazione meccanica che nelle cave si otteneva con una ruota a pioli, fissata su solido palco di manovra e munita di lunga corda con cui si estraeva un blocco per volta, nonché i rifiuti raccolti coffe di ferro, per l'uso di questa ruota, la cava prendeva il nome di *cava alla ruota*. Questa ruota aveva il diametro di circa un metro ed il tamburo di avvolgimento della fune di circa 0.20 m, la fune, fatta di canapa, aveva il diametro di circa 0.20 m. l'impalcatura su cui veniva fissata la ruota aveva la larghezza di un paio di metri ed era composta di quattro grosse travi (dette *sostacchini*), su cui si inchiodavano delle tavole, inoltre, era fermata al suolo dal lato del piano caricatoio e sporgeva nel vuoto della fossa con una parte che era sostenuta inferiormente da urtanti di legno saldamente fissati nella parete del tufo, I gradini, i menatore, lasciati in sede, venivano tagliati sino ad aversi un piano a picco e non essere così ostacolata la salita del materiale. Le coffe (o cofani) servivano per la sola estrazione dei detriti, giacché, usano la ruota, i pezzi di tufo, non legati alla fune (o imbracati), venivano tirati su e ridotti alle dimensioni delle pietre da costruzione sul piano caricatoio, Per la misura della manovra bastavano tre operai, uno dei quali tirava vero il suolo il carico giunto nella parte superiore, mentre gli altri due mantenevano ferma la ruota stessa. Con il suddetto metodo si poteva raggiungere una profondità di 25-30 metri, in un'epoca più antica, e massimo di 20 metri, più recentemente

a causa dell'elevato costo della mano d'opera, la discesa e salita degli operai si effettuavano con la fune della ruota e con le grappiate, poi sostituite dalle scale di legno. Quando si cavavano le fosse al di sotto delle gallerie erano pure evitate le sgarrate nelle pareti laterali per non indebolire i pilastri e le gallerie contigue, oltre a ciò, tornavano ancora utili i collegamenti tra pilastro e pilastro per mezzo delle bande di tufo, che restavano in sede tra fosse consecutive. L'ampiezza della fossa in galleria era quanto quella dei piliero tagliato, la profondità poi soleva essere minore di quella delle fosse all'esterno, raggiungendo un massimo di 10 - 12 metri, questo perché, salvo qualche punto dove poteva penetrare la luce, si lavorava sempre con il sistema del menatore e mai, o quasi, con la ruota, impedendo l'oscurità, le facili e sicure manovre, tanto in fondo alla fossa quanto per la ruota superiormente, ambedue siti che restavano fievolmente rischiarati dalle lucerne ad olio.

c) scavo delle fosse successive: espletato un primo taglio in fossa, per una qualsiasi ragione, spesso per il mutare della bontà della pietra o per l'incontro della falda di acque freatiche, si riempiva il vuoto con i rifiuti della cava, riportando il livello del suolo a quello primitivo. I tagli nelle successive fosse venivano a trovarsi nel loro inizio in condizione più favorevole del primo, ma per breve profondità; ciò perché, oltre il piano superiore, si trovava libero anche il fronte per il precedente taglio e, quindi, si risparmiava il carace, inoltre questo fronte restava ostruito dal riempimento fatto precedentemente il quale, per quanto fosse alquanto compresso, non lo era a sufficienza dal premunirsi da possibili scoscendimenti. Si iniziava, allora, dal togliere una parte del riempimento (asche e terra), formando lungo il fronte della fossa un largo solco (*canale*) in cui entravano gli operai per il lavoro. Si proseguiva così sino a circa due metri di profondità, ma poi gli scoscendimenti del materiale detritico, smosso dalle manovre eseguite, impedivano il lavoro e bisognava ricorrere all'estrazione meccanica. Si lasciava, quindi, in sede lungo il fronte di taglio, uno striscio **S** (figura 16), o banda di tufo (*ristagno*), della larghezza di 0.60 m-1.00 metri, su questa e sul riempimento **R** spianato si poggiava la ruota a pioli e si proseguiva il lavoro nello stesso modo indicato per la prima fossa, facendo cioè la carace **c** in giro a tutta la fossa da cavare, cominciando da oltre il ristagno, in questa si praticava un incavo **P** (*cassonetto*), a guisa di un pozzo attraverso cui si estraeva il materiale cavato. Nelle fosse in galleria, non potendosi adottare le ruote, si tralasciava il cassonetto nei ristagni, che servivano da collegamento ai pilastri tra loro.

d) cava a bavaglione: questo tipo di cava si iniziava sempre là dove corrispondeva al di sotto una galleria la quale, però, sul principio, non doveva essere mai quella di transito dei carri ed operare per non ostruire il passaggio dovendo questo esercitarsi attraverso di essa o si poteva far corrispondere ancora nell'incrocio di due gallerie. Si cominciava dal cavare una gola di pozzo (figura 17), nel gergo *dritto*, perché a pareti verticali, attraverso il terreno vegetale, le pozzolane e le pomice **R**; questa gola, a sezione quadrata o quasi, poteva avere dimensioni sufficienti, al fine di potervi lavorare bene un operaio, ed una robusta armatura chiusa nelle pareti, fatta con travi e cunei, per garantirsi contro frane delle scavate masse incoerenti, in genere, il dritto aveva la sezione di 1 m² e la sua armatura era simile a quella usata nel scavare le fondazioni.

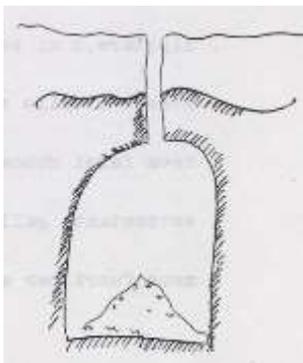


Figura 17

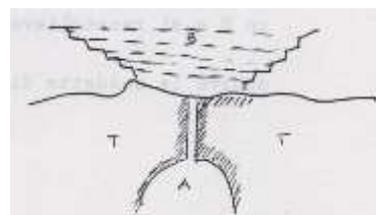


Figura 18

Giunti sul tufo T si proseguiva lo scavo, facendo le caraci intorno alle pareti del pozzo e battendo obliquamente i cunei dalla superficie della massa tufacea, si conseguivano così pochi pezzi utili e molte schegge. Proseguendo per tagli successivi si arrivava a dare il cielo C della galleria G sottoposta e, appena si era vicino a questo punto, l'operaio o veniva affidato a solida fune per non precipitare, o si poggiava a dei buchi laterali, tagliati nel tufo allo stesso livello sia a destra che a sinistra. La gola del pozzo poteva farsi sbucare al centro oppure nei laterali della volta della sottostante galleria G, tutto il materiale cavato veniva tratto man mano fuori per mezzo di coffe. Praticata questa gola di pozzo, si designava intorno, in una forma di quadrilatero più o meno allungato, la zona da doversi scoprire, dopodiché, partendo dal pozzo ed andando verso i lati estremi, si cominciava lo sterro, nel pozzo stesso si riservava il materiale incoerente sterrato M, che andava ad accumularsi nella galleria sottoposta. Dopo un primo taglio su tutta la superficie si passava ad un secondo, e così di seguito, fino a raggiungere la massa tufacea, disfacendo man mano l'armatura del pozzo, che non aveva più ragione di essere, tutte queste operazioni solevano essere indicate con l'espressione di *allargare il dritto*. Espletato l'intero scavo, dunque, risultava un grande vuoto chiuso B (figura 18) in forma di tramoggia, al quale veniva dato il nome di bavaglione, donde l'appellativo speciale di questa cava. Il materiale terroso M (figura 17) in forma grossolanamente conica, si era andato accumulando in fondo alla galleria, poteva talvolta ostruire lo sbocco del pozzo, per cui veniva in buona parte asportato altrove con carrelli (tummarelle), se ne lasciava però un alto cumulo sul posto, sempre di forma conica, sul quale poi andavano a cadere i massi di tufo da tagliarsi che, rotolando lungo le falde, si andavano a fermare sul piano caricatoio della galleria senza danneggiarsi. Quando nella cava si trovavano dei primitivi pozzo di luce, si usufruiva di questi per aprirvi intorno i bavaglioni, e la muratura di sostegno degli stessi veniva demolita man mano che lo scavo discendeva. Scoperto il tufo T (figura 18), questo veniva coltivato come per la cava in fossa, solo che non occorre ne' menatore, ne' ruota, giacché il materiale cavato non doveva essere salito in alto, ma ridotto ad opportune dimensioni, si riversava nella gola del pozzo P e si raccoglieva alla base della galleria A inferiore, qui subiva le suddette divisioni e, con i carri, si trasportava nei cantieri di costruzione, lo stesso fronte veniva fatto per i detriti che andavano a raggiungere i depositi dei rifiuti della cava.

Figura 19

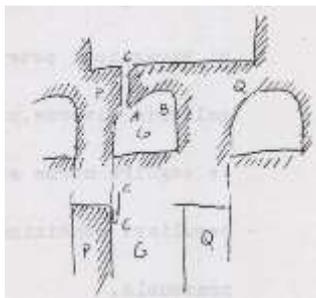
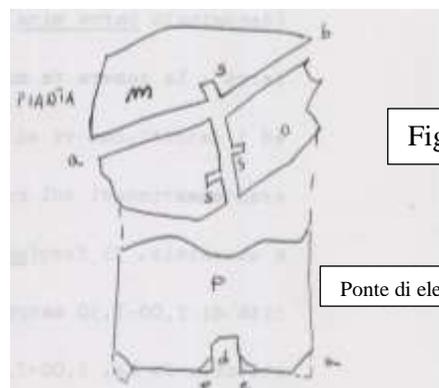


Figura 20



e) **abbattimento del cielo di una galleria:** con i successivi tagli la massa di tufo si andava assottigliando sino a che si giungeva alla spessezza di un'ultima mancata, che costituiva la cosiddetta *cappa di cielo* della galleria. Giunti a questo punto si eseguiva un'operazione delicata, si doveva, *spezzare la cappa del cielo* della galleria nel seguente modo, ci si appoggiava su un pilastro P (figura 19) della galleria G, nel alto del piano caricatoio, quindi, si faceva una carace c ad una imposta del cielo A, nella direzione della galleria, della lunghezza di 1.50 m - 2.00 m, carace che si approfondiva fino a sfondare l'imposta stessa. Allora la massa di tufo, che abbracciava tutta la larghezza della volta della galleria, perduto l'appoggio, cominciava a muoversi e finiva con il precipitare tutta la cappa in quella zona, tirando con sé anche una piccola parte dell'imposta R sul pilastro opposto Q, il che si diceva che si stracciava il pilastro, occorrendo invece per possibili resistenze, dopo aver fatto la carace, si facevano esplodere delle mine. Talvolta, per aumentare la produzione, si potevano aprire due o più bavaglioni, distanziati convenientemente tra loro, i medesimi potevano trovarsi lungo la stessa galleria o su gallerie diverse, più o meno attigue, a tale riguardo.

Non era possibile seguire norme stabili, ma era necessario provvedere secondo le peculiari condizioni della primitiva galleria e del soprassuolo.

f) abbattimento di un pilastro di galleria: girando con i tagli introno ai pilastri naturali, conosciute già' come gambe, questi restavano isolati ed allora, dopo, rimosse le materie sovrastanti, potevano essere abbattuti, ma l'operazione si sarebbe potuta conseguire dall'alto con i tagli a zone orizzontali successive ma, per guadagnare tempo e spese, si preferiva ricorrere alla mina di subissamento e quest'ultimo metodo si indicava con l'espressione *spezzare le gambe*. Il pilastro **P** (figura 20) da abbattersi dalla parte inferiore doveva essere sempre isolato in giro, alla base di questo si aprivano (*cacciavano*) due cunicoli **ab, cd**, per antomasia *cieli*, in posizioni opposte, in modo da lasciare tre piccoli pilastri m, n, o, di appoggio alla massa sovrastante. Se nel pilastro da abbattere esistevano delle scarpine, allora i cunicoli si arrestavano ad esse. I piccoli pilastri venivano assottigliati anche nella base con caraci e poi si facevano in essi delle mine regolari s per ottenerne l'abbattimento con la loro esplosione. Le mine venivano fatte brillare dagli stessi tagliamonti, scegliendo i più addestrati, e se ne praticava una per ogni piccolo pilastro. Si impiegavano due operai, uno dei quali manteneva il fioretto (barra mina), mentre l'altro batteva con la mazza di ferro, la camera da mina prendeva il nome di pertuso ed i detriti che vi si venivano a formare con la perforazione erano rimossi con il netta-mina, detto anche cucchiaronone per la caratteristica forma a cucchiaino. Il foro della mina (camera) si portava alla profondità di 1.00 m-1.50 m., quindi, si introduceva la carica costituita da 1.00-1.50 Kg di polvere nera entro la quale si intrometteva la miccia comune (corda-miccia). Quando le mine erano pronte si facevano esplodere separatamente per essere sicuri che tutte fossero esplose, ciò si conseguiva con l'accendere, le micce una dopo l'altra prima dello scoppio della prima mina che, per calcolata lunghezza della miccia, doveva avvenire quando gli operai si erano messi al riparo. La massa abbattuta, ridotta in più pezzi, veniva attaccata nel suo fronte, quindi si sceglievano dai detriti i massi utili, che erano preponderanti.

g) frane nel tufo: se nel tufo erano rare le frane molto voluminose non lo erano affatto quelle più modeste, spesso si trattava soltanto di sezione di distacco e caduta di pochi pezzi ma che, qualche volta, hanno portato la morte ad uno o più operai. I franamenti del tufo potevano avvenire sia da affioramenti naturali che artificiali e, talvolta, le loro cause restavano nascoste, talvolta, si verificavano dove non era prevedibile, possono essere suddivise in due grosse categorie: a) *frane all'aperto* che dipendono generalmente da cause naturali, sia di natura fisica che organica, ma talora, erano anche provocate dalla mano dell'uomo, b) *frane in galleria*, tra le quali vanno particolarmente menzionate quelle che potevano derivare dalla coltivazione per mezzo del bavaglione, ossia le frane potevano avverarsi durante il taglio della massa tufacea che restava al di sopra delle gallerie sottostanti e quelle che potevano intervenire nel taglio del cielo e dei pilastri delle gallerie stesse.

Da testimonianze orali di Allocca Pasquale, Cafarelli Domenico, Costante Luigi, Vitale Felice, Vitale Saverio inProgetto “Impariamo dal tempo”..... sulle tracce del nostro passato, Amministrazione Comunale di Comiziano, Agenzia di Sviluppo dei Comuni dell’ Area Nolana, 2010

L’estrazione del tufo in sotterraneo era una pratica alquanto pericolosa, si ha notizia di diversi incidenti, anche mortali, una volta mentre si cercava di riportare in superficie gli operai a causa di un temporale, la forte pioggia fece cadere un operaio dalla corda che lo stava tirando fuori dalla cava.

In un’altra occasione, durante l’estrazione di un blocco di tufo, si ruppe la *sdanga* la quale, non essendo più ancorata al cavallo, iniziò a ruotare velocemente colpendo un montaiolo alla schiena che, comunque, pur avendo subito gravi danni, ebbe salva la vita.

Si ricorda che una donna, addetta al controllo della corda d’acciaio, essendosi quest’ultima accavallata, cadde giù in una cava in Via Nazionale delle Puglie e morì.

L’attività estrattiva entrò in crisi nel dopoguerra man mano che, nella costruzione degli edifici, il tufo venne sostituito dal cemento armato.