

## **Il rischio Sinkhole: gli sprofondamenti di natura antropica nel centro storico di Velletri (RM)**

Valentino D'Aniello

AGAT, Associazione Geografica per l'Ambiente e il Territorio, Via Guattari 60, 00144 Roma,  
Tel: 00393391166924, e-mail: info@agatweb.it, valentino.daniello@libero.it

### **Introduzione**

Velletri (RM), abitata da millenni, così prossima a Roma, all'odierna pianura pontina e al Lazio meridionale è stata da sempre crocevia di popoli e di eserciti.

Il centro storico veliterno ha subito negli ultimi sessanta anni un diffuso spopolamento, dalla seconda metà del Secolo scorso si è registrato un progressivo abbandono delle abitazioni e ciò ha avuto una significativa influenza sulla perdita dell'utilizzo di grotte, cunicoli e gallerie in passato impiegate sia per la conservazione del vino che come vie di comunicazione sotterranee ed ora pressoché sconosciute ai più.

In questo scenario si inserisce l'analisi mirata a focalizzare l'attenzione sugli sprofondamenti antropici che negli ultimi anni colpiscono ripetutamente Velletri.

Una prima fase di ricerca è stata eseguita utilizzando molteplici fonti di informazione, tra le quali archivi storici, emeroteche, testi antichi e moderne immagini rilevate da satelliti ambientali.

Nella seconda fase del lavoro si è proceduto alla creazione di un GIS per l'inserimento e la gestione di tutti i dati raccolti. Si è creato un database dei casi di sprofondamento avvenuti dal 1967 ad oggi. Sono state individuate le aree del centro abitato più colpite da questo fenomeno. Si è proceduto alla suddivisione dei casi di sprofondamento per tipologie. Un'ulteriore fase del lavoro è stata l'individuazione delle zone della città che, in base ai dati raccolti, si trovano a maggiore rischio di sprofondamento.

L'analisi svolta e la creazione del GIS vuole essere la base di un programma di gestione del Comune di Velletri con l'obiettivo di porre un freno al fenomeno degli sprofondamenti antropici.

### **Abstract**

Velletri is populated from thousand years, in the proximity of Rome, of the current pontina valley and of the southern Latium, Velletri has always been crossroads of peoples, armies.

Velletri's historic centre suffered, in the last sixty years, a widespread depopulation, from the second half of the last century it has been registered a gradual abandonment of the habitation located in the most ancient part of the city. This had a significant influence upon the loss of the utilization of caves, underground passages and galleries, used in the past both for preserving wine and as an underground system of communication, today almost unknown to people.

In this scenario takes part the analysis led up to keep one's mind on anthropic sinkhole that, in the last years, affects Velletri time and time again.

The first stage of this study is based on the use of multifarious sources of information, among the others historical records, newspaper libraries, ancient texts and modern images surveyed by environmental satellites. In the second stage of the study we proceeded to the creation of a GIS, to insert and handle all the recorded data. It has been created a rich database of sinkholes occurred in the district of Velletri from 1967 to nowadays. All the events that have been identified have been georeferenced, can be distinguished the zones of the built-up area most affected by the phenomenon. Afterwards, we proceeded to the subdivision by typology of the sinkholes events. A further stage if

the study has been the location of the city zones that, in conformity with the recorded data, in theory are exposed to the higher risk of subsidence.

The developed analysis and the creation of the Geographic Information System tend to be the starting point of a program of territorial management for the local government of Velletri with the purpose to clamp down the phenomenon of sinkholes.

### **Inquadramento dell'area di studio**

Il Comune di Velletri è situato nell'entroterra laziale al limite del comprensorio conosciuto ai più come Castelli Romani di cui ne fa parte geograficamente e storicamente. La città rappresenta inoltre la cerniera di contatto tra tutti i comuni che gravitano nell'area dei Colli Albani e i territori a Sud.

Velletri e il territorio circostante corrispondono alla regione geologica cosiddetta del Vulcano Laziale. La città è situata nell'area esterna della possente cinta calderica, meglio definita come Tuscolano – Artemisio e il suo territorio viene geologicamente descritto con una presenza di coltri di piroclastiti e tufi le quali costituiscono una piattaforma continua spessa dai 150 ai 250 metri.

Il suo sottosuolo, a causa della particolare conformazione, è stato sfruttato nei secoli dalla popolazione veliterna che ha dato vita ad una rete intricata di gallerie, cunicoli e grotte.



*Figura 1. Grotte che si diramano nel sottosuolo del centro storico veliterno. Archivio fotografico V. D'Aniello.*

La popolazione veliterna dal 1871 ad oggi è cresciuta continuamente, fino a superare le 53 mila unità, però a partire dagli anni '60 il centro storico è stato progressivamente abbandonato e questo ha portato da un lato all'aumento esponenziale del traffico veicolare verso questa zona dove tuttora sono ubicate la maggior parte delle attività commerciali e degli uffici pubblici con il forte aumento dello stress dinamico sui sottoservizi. Dall'altro ha portato alla perdita dell'uso di grotte e gallerie, parte delle quali sono state murate dai vecchi proprietari al momento di lasciare le abitazioni.

### **Sprofondamenti naturali e antropici**

Gli sprofondamenti catastrofici, chiamati anche sinkhole, sono voragini di forma sub-circolare, con diametro e profondità variabili da pochi metri a centinaia di metri, che si aprono rapidamente nei terreni nell'arco di poche ore, tipiche di aree di pianura, zone carsiche, aree urbane, aree il cui sottosuolo presenti altre cavità anche di origine antropica. La classificazione di questo tipo di fenomeno non è facile perché spesso è legato alla coesistenza di più variabili. Le diverse tipologie di sprofondamenti sono suddivise in alcune grandi classi in relazione ai processi genetici che li hanno originati, come l'attività umana, le acque di infiltrazione, i fluidi di risalita.

Si distinguono quindi: sprofondamenti antropici (Antropogenic sinkhole); sprofondamenti causati da fenomeni carsici; sprofondamenti causati da fenomeni di eversione o soffiatura superficiale; sprofondamenti causati da fenomeni di piping profondo. Gli sprofondamenti possono essere originati da scosse sismiche, dall'alternanza di periodi secchi e piovosi con conseguenti rilevanti oscillazioni delle falde acquifere e dalle attività antropiche (Nisio, 2008).

Nel territorio veliterno, soprattutto nel centro storico della città, si verificano in particolare fenomeni di sprofondamento di origine antropica dovuti al collasso di volte originarie dall'attività umana come cave, grotte, cunicoli, condotte fognarie, rete idrica con formazione di cavità con morfologia varia che non necessariamente possono essere di forma sub-circolare.

Sotto Velletri si snoda una ricca rete di gallerie e cunicoli realizzati a vario titolo che mettono in pericolo la sicurezza della città. Nel tempo si è persa la memoria della presenza di una sorta di **Velletri sotterranea**. L'aumento dei casi di sprofondamento negli ultimi anni in corrispondenza di queste cavità determina condizioni di rischio per la cittadinanza e notevoli problemi legati alla interruzione di infrastrutture e servizi.

La situazione è aggravata ulteriormente dalle problematiche relative sia alla rete fognaria che alla rete idrica, le cui condotte, per ampi tratti vecchie di almeno due secoli, sempre più spesso sottoposte a forti sollecitazioni causate dal traffico veicolare in continuo aumento subiscono perdite o rotture improvvise dando luogo alla formazione di voragini anche di grandi dimensioni.

### **Realizzazione di un GIS della Velletri sotterranea e analisi dei dati**

Prima di realizzare un Sistema Informativo Geografico è stata svolta una fase di ricerca attraverso l'utilizzo di molteplici fonti di informazione, tra le quali archivi storici, emeroteche, testi antichi. Inoltre è stato svolto un meticoloso lavoro sul campo, fatto di indagini dirette e di interviste.

L'acquisizione di utili informazioni può avvenire anche utilizzando strumenti di indagine tecnologicamente avanzati. Il Georadar ad esempio è una tecnica che consente di rivelare in modo non distruttivo e non invasivo la presenza e la posizione di oggetti sepolti, manufatti, sottoservizi, cavità utilizzando il fenomeno della riflessione delle onde elettromagnetiche.

La seconda fase del lavoro è stata quella della creazione del GIS, per l'inserimento e la gestione di tutti i dati raccolti. L'uso di questa applicazione si è rilevato il modo più esaustivo possibile per esaminare e cercare di proporre delle soluzioni al fenomeno degli sprofondamenti improvvisi che sono avvenuti e tuttora avvengono nel centro storico di Velletri.

Si sono creati vari livelli informativi (layer) nei quali sono stati suddivisi tutti gli elementi oggetto di studio. Il layer ingressi cunicoli e grotte con il quale identificare tutti questi accessi. Nel layer identificato come rete cunicoli e grotte sono riportati tutti quei percorsi di grotte e cunicoli di cui si ha la certezza dell'esistenza. Nel layer rete fognaria si è inserita la rete di condotte fognarie che attraversano la città di Velletri. Il layer identificato come rete idrica è costituito da tutti gli acquedotti che portano l'acqua comunale negli edifici della città.

Uno dei layer basilari per l'analisi compiuta è quello relativo agli sprofondamenti. Tutte le notizie riguardanti l'apertura improvvisa di voragini sono state archiviate e georiferite. Inoltre è stato creato un database nel quale sono stati inseriti i dati relativi ad ogni singolo evento.

La creazione di un GIS dedicato ha garantito un'approfondita analisi e comparazione dei dati raccolti, si è cercato di costruire un primo archivio e la relativa **Carta degli sprofondamenti del Comune di Velletri**.

Dalla fine degli anni 60 i casi documentati sono risultati essere poco più di 70, un numero elevato indicativo di una certa instabilità del sottosuolo veliterno. Da una prima osservazione si evince che la maggior parte degli eventi di sprofondamento si verifica in un'area limitata del territorio comunale corrispondente alla parte più antica della città. Infatti circa il 65% dei casi totali, 47 su 72, ha avuto luogo proprio in questa area.

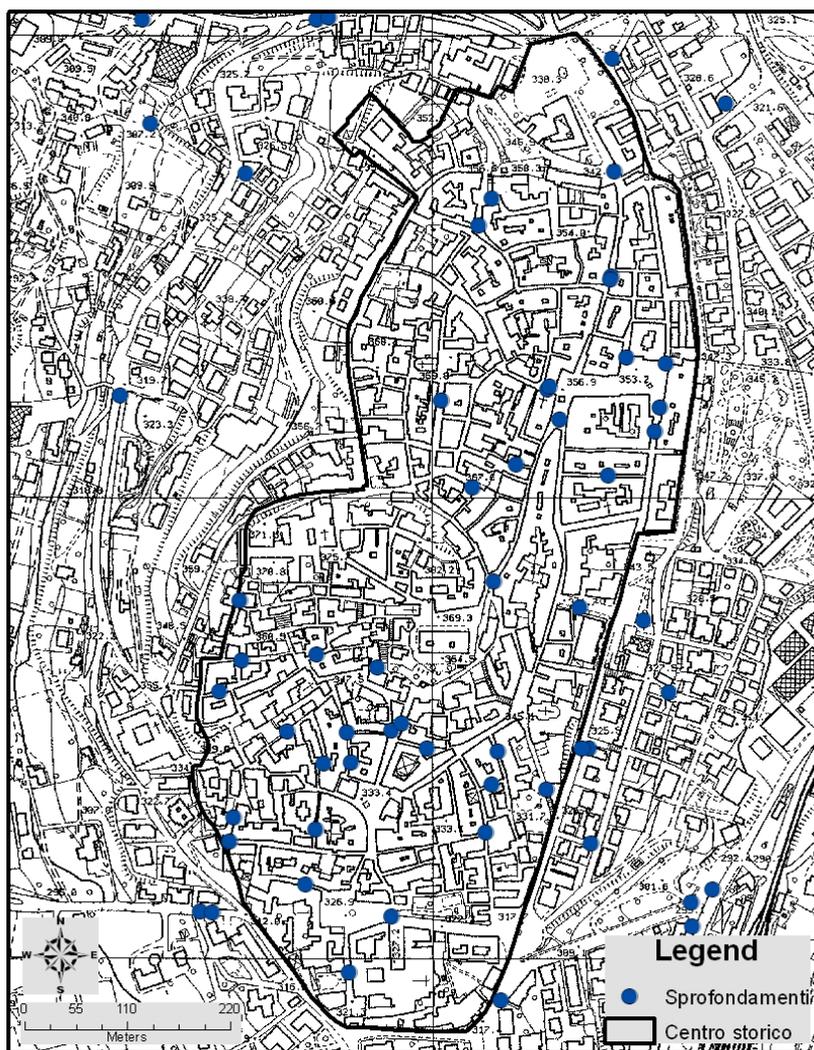


Figura 2. Distribuzione degli sprofondamenti verificatisi nel centro abitato di Velletri, in particolare nella zona del centro storico. Fonte: elaborato ArcGIS V.D'Aniello.

Di fondamentale importanza si è rivelata l'individuazione delle varie tipologie di formazione di sprofondamenti.

Sono state individuate 4 tipologie predominanti nelle quali si sono suddivisi tutti i casi di sprofondamento registrati.

La classi sono state divise in:

- Fognatura: cedimento improvviso di una parte del condotto fognario o, nella zone della città dove la rete è più antica, della fogna realizzata con copertura a cappuccina meno resistente al passaggio continuo di veicoli.
- Grotta o cunicolo: crollo improvviso delle volte di grotte o cunicoli che si diramano per larghi tratti al di sotto del piano stradale, la maggior parte delle quali sono in stato di abbandono da decenni.

- Rete idrica: voragini causate dalla rottura delle condotte idriche vetuste che producono un imponente dilavamento in tempi brevi nel sottosuolo.
- Fognatura-Grotta: concatenarsi di più cause dovute spesso a rottura di condotte fognarie che riversano i fluidi in grotte limitrofe fino a causarne il crollo improvviso.

Questa suddivisione ha permesso di evidenziare le cause principali nella formazione delle voragini. Come si nota dal grafico successivo, la causa predominante è quella relativa alla rottura delle condotte fognarie, che raggiunge il 60% circa dei casi registrati. Questo avviene soprattutto perché la rete è molto antica, la maggior parte della quale è stata costruita più di due secoli fa con tecniche ormai obsolete. Con il passare degli anni ed anche con l'aumento del traffico veicolare si è amplificato lo stress di queste strutture che sempre di più rischiano di crollare su se stesse portando alla formazione di voragini.

Il crollo di grotte e cunicoli è la seconda causa di sprofondamenti per numero di casi, il 23% circa, un dato questo che non deve essere sottovalutato perché, mentre gli eventi che interessano le fognature avvengono soprattutto in corrispondenza della rete viaria, questi si verificano in corrispondenza o in aree molto prossime ad edifici di varia natura. Questa tipologia di sprofondamento può ritenersi quella da tenere maggiormente sotto controllo, perché è quella che negli anni ha messo di più a rischio la sicurezza dei cittadini.

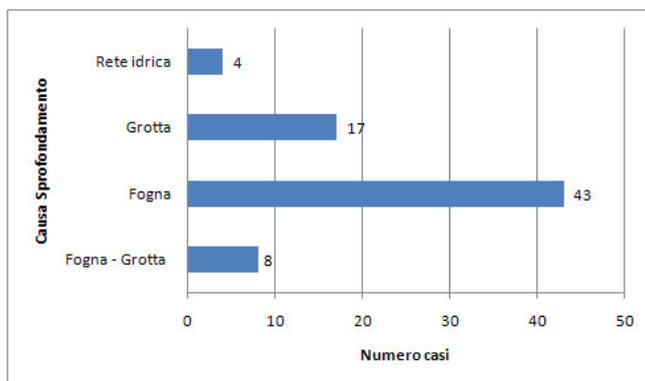


Tabella 1. Numero di sprofondamenti nel Comune di Velletri e cause che hanno portato all'evento.  
Fonte: elaborazione dati V.D'Aniello.

Avendo quindi identificato e classificato tutti gli sprofondamenti si è deciso di costruire nel Sistema Informativo Geografico una tabella degli attributi nella quale oltre all'ubicazione e alla data sono state inserite anche le cause che hanno portato alla formazione dello stesso.

Nell'analisi si è posta l'attenzione anche sul numero di persone che hanno subito danni fisici in occasione di uno sprofondamento catastrofico. Nei 72 casi fino ad oggi registrati 2 persone hanno perso la vita, mentre 8 sono rimaste ferite. Significativo è ciò che emerge se viene presa in considerazione la tipologia di evento che ha portato al ferimento o all'uccisione di un cittadino. Infatti delle dieci persone colpite in maniera più o meno grave da un evento di questo tipo, solo per una di esse si è trattato di un ferimento dovuto ad una voragine causata dal cedimento di una condotta fognaria, mentre per quanto riguarda i due morti ed i rimanenti sette feriti, essi sono rimasti vittime di uno sprofondamento dovuto al crollo di una grotta.

Uno dei più drammatici eventi di questo tipo verificatosi a Velletri e che ha sconvolto la cittadina laziale è stato causato proprio dal crollo di un tratto di una di esse. Il 6 luglio 1967 la volta di una galleria, ha ceduto improvvisamente causando uno sprofondamento che ha portato alla morte di due persone e al ferimento di altri due.

Una volta compiuta l'analisi dei dati raccolti nella quale sono state evidenziate delle problematiche riguardanti soprattutto alcune zone del centro abitato e alcune tipologie di sprofondamento si è

proceduto nell'individuazione delle aree della città a maggiore rischio, verso le quali indirizzare gli studi e i progetti che mirino ad una riqualificazione soprattutto del sottosuolo urbano nell'ottica della mitigazione di questa particolare problematica. Come emerso dal lavoro realizzato alcune aree soffrono più delle altre del fenomeno degli sprofondamenti antropici, tra queste è proprio il centro storico che ne è afflitto maggiormente. In particolare l'area meridionale di esso è stata la prima ad essere antropizzata ed è quella nella quale nella fase di acquisizione dei dati sono stati scoperti e censiti un cospicuo numero di ambienti sotterranei ed ingressi di grotte e cunicoli.

All'interno di questa zona è stata identificata un'area di più ridotte dimensioni dove il rischio sprofondamenti è massimo in quanto si è registrata negli anni la maggiore frequenza di eventi, molti dei quali dovuti al crollo di grotte e cunicoli.

L'individuazione di aree a rischio sprofondamento è stata effettuata anche attraverso una accurata ricerca sul campo. In particolare è stata posta l'attenzione su strade ed edifici che potenzialmente potrebbero trovarsi in una situazione di pericolo perché posizionati lungo percorsi di grotte, gallerie, fognature e condotte idriche che mostrano segni di cedimento che possono portare alla formazione di voragini improvvise.

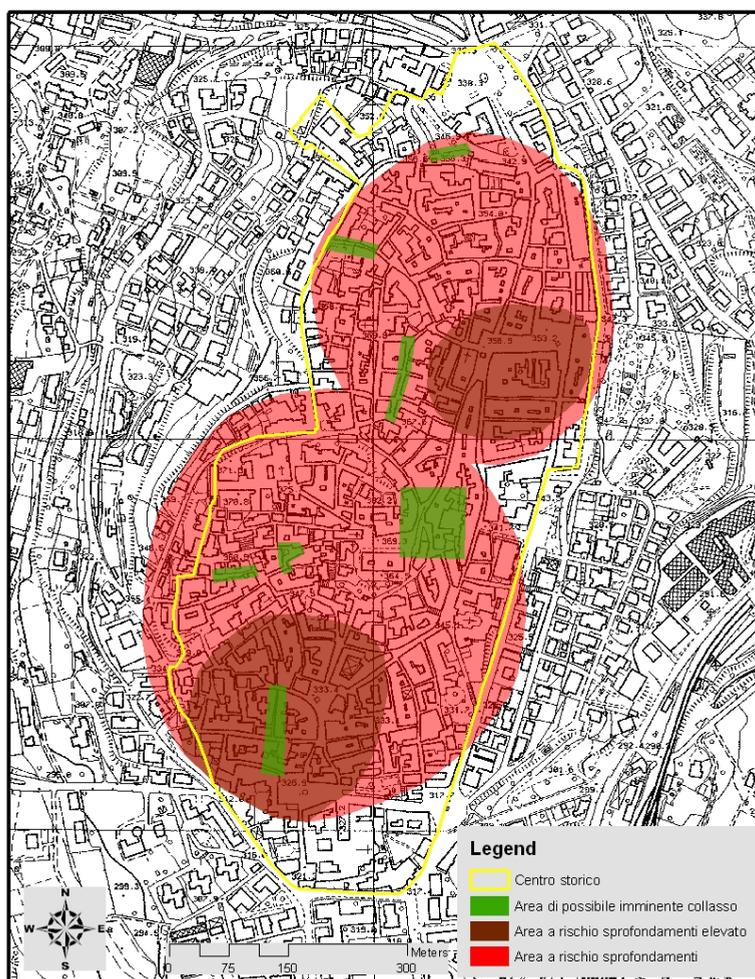


Figura 3. Classificazione delle diverse aree del centro storico viterbano a rischio di sprofondamento per le quali si devono programmare urgenti interventi di messa in sicurezza. Fonte: elaborato ArcGIS V. D'Aniello.

### **Conclusioni e prospettive**

L'analisi compiuta nel territorio di Velletri, iniziata con lo scopo di studiare l'evoluzione storica, ambientale e demografica della città messa in relazione soprattutto al fenomeno degli sprofondamenti di natura antropica ha portato, attraverso la raccolta e l'utilizzo di numerose fonti di informazione, nonché di un attento lavoro di ricerca sul campo, all'individuazione di aree del centro abitato veliterno che devono essere considerate ad elevato rischio.

Aree per le quali l'Amministrazione Pubblica dovrebbe attuare quanto prima un piano di gestione e riqualificazione nell'ottica di un programma volto alla mitigazione del rischio di sprofondamenti.

Si deve quindi proseguire nell'esplorazione delle cavità sotterranee in tutta l'area del centro abitato per giungere al completamento della nascente *Carta della Velletri Sotterranea*, che miri alla valorizzazione della rete caveale, che così importante è stata per gli antichi cittadini veliterni e che ora è pressoché sconosciuta ai più.

Inoltre di concerto con l'Amministrazione Pubblica si deve continuare nella stesura della *Carta degli Sprofondamenti* che possa essere utilizzata nelle future decisioni di pianificazione di campagne che mirino ad una drastica riduzione di questo particolare problema e giungere alla creazione di un archivio comunale degli sprofondamenti.

Un'azione fondamentale nella prevenzione contro questo tipo di eventi da attuare nell'imminente futuro sarà quella dell'individuazione dei movimenti precursori alla formazione di voragini attraverso l'utilizzo di specifiche metodologie moderne, quali, ad esempio, l'uso di dati rilevati da satelliti ambientali e la loro elaborazione con le procedure dell'interferometria differenziale e dei diffusori permanenti.

L'interferometria differenziale si basa su dati satellitari acquisiti da radar ad apertura sintetica (SAR) ed è una tecnica utilizzata per lo studio dei movimenti del terreno che consente di individuare e misurare, attraverso il confronto tra due interferogrammi della stessa scena, eventuali spostamenti avvenuti in un arco temporale.

Un'applicazione relativamente recente di queste metodologie è la tecnica dei diffusori permanenti (permanent scatterers), nella quale viene considerato lo stesso oggetto in una serie temporale di rilevamenti radar e se ne elaborano i segnali retrodiffusi per identificare eventuali movimenti verticali, anche molto piccoli (subcentimetrici). Questa tecnica permette di valutare in particolare la stabilità di un edificio (Gomarasca, 2004).

Alla luce di quanto visto precedentemente, si può ragionevolmente pensare di poter utilizzare a posteriori questa tecnica per cercare di rilevare nei dati SAR pregressi eventuali movimenti precursori degli sprofondamenti avvenuti, almeno dalla seconda metà degli anni Novanta, nel centro storico veliterno.

Nell'ottica della gestione del territorio e della mitigazione del rischio di sprofondamenti si deve quindi prevedere per l'abitato di Velletri, oltre alle opere di investigazione degli ambienti sotterranei, delle indagini da effettuare ad intervalli regolari in superficie sulla stabilità degli edifici e del manto stradale, ad esempio utilizzando la metodologia dei diffusori permanenti.

Questo permetterebbe finalmente di monitorare costantemente le zone a maggior rischio di collasso e procedere con azioni di controllo e manutenzione delle aree nelle quali vengano osservati dei movimenti del suolo troppo ampi che possano far pensare alla formazione imminente di uno sprofondamento.

### **Bibliografia**

APAT (2004), *Stato dell'Arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio*, Atti 1° Seminario sui fenomeni di sinkholes (Roma 20-21 maggio 2004), Iger, Roma, pp. 709.

Bauco T. (1851), *Storia della città di Velletri*, Tipografia Cappellacci, Velletri, pp. 766.

Campobasso C., Graciotti R., Nisio S., Vita L. (2004), *Il Progetto Sinkhole: le attività svolte dal Dipartimento Difesa del Suolo dell' APAT*, in APAT, *Stato dell'Arte sullo studio dei fenomeni di*

- sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio*, Atti 1° Seminario sui fenomeni di sinkholes (Roma 20-21 maggio 2004), Iger, Roma, cfr. pp. 171-187.
- Caputo C., Funciello R., Lamonica G.B., Lupia Palmieri E., Parotto M. (1974), *Geomorfological features of the Latian Volcano (Alban Hills, Italy)*, in “Geologica Romana”, Roma, vol. XIII, cfr pp. 157-201.
- Catenacci V. (1992), *Il dissesto geologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990*, in Nisio S. (a cura di), *Memorie descrittive della Carta Geologica D’Italia*, vol. XLVII, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma, pp. 301.
- Corazza A. (2010), *Individuazione di movimenti precursori di sprofondamenti nell’area urbana di Roma attraverso l’utilizzo dell’interferometria differenziale*, in ISPRA, *I Sinkhole. Gli sprofondamenti catastrofici nell’ambiente naturale e in quello antropizzato*, Atti 2° Workshop Internazionale (Roma 3-4 dicembre 2009), TipolitoGrafica CSR, Roma, cfr pp. 685-702.
- Corazza A. (2004), *Il rischio di fenomeni di sprofondamento in Italia: le attività del Dipartimento della Protezione Civile*, in APAT, *Stato dell’Arte sullo studio dei fenomeni di sinkholes e ruolo delle amministrazioni statali e locali nel governo del territorio*, Atti 1° Seminario sui fenomeni di sinkholes (Roma 20-21 maggio 2004), IGER, Roma, cfr. pp. 319-330.
- Fornaseri M., Scherillo A., Ventriglia U. (1963), *Regione vulcanica dei Colli Albani. Vulcano Laziale*, Bardi Ed., Roma, pp. 561.
- Funciello R., Parotto M. (1968), *Studio idrogeologico del versante meridionale dell’Artemisio*, in “Geologica Romana”, Roma, vol. VII, pp. 115-122.
- Galli I. (1906), *I terremoti nel Lazio*, Stracca Ed., Velletri, pp. 128.
- Gomarasca M. A. (2004), *Elementi di Geomatica*, Associazione Italiana Telerilevamento, Firenze, pp. 618.
- ISPRA (2010), *I Sinkhole. Gli sprofondamenti catastrofici nell’ambiente naturale e in quello antropizzato*, Atti 2° Workshop Internazionale (Roma 3-4 dicembre 2009), TipolitoGrafica CSR, Roma, pp. 1022.
- Nisio S. (2008), *I sinkholes: problemi terminologici, meccanismi genetici, classificazioni*, in Nisio S. (a cura di), *Memorie descrittive della Carta Geologica d’Italia*, vol. LXXXV: *i fenomeni di sinkholes nelle aree di pianura italiane*, Geda, Torino, cfr pp. 17-32.
- Nisio S. (2010), *Fenomeni di sprofondamento in alcuni centri urbani*, in ISPRA, *I Sinkhole. Gli sprofondamenti catastrofici nell’ambiente naturale e in quello antropizzato*, Atti 2° Workshop Internazionale (Roma 3-4 dicembre 2009), TipolitoGrafica CSR, Roma, cfr pp. 845-864.
- Teoli B. (1644), *Teatro Historico di Velletri insigne città e capo de’ Volsci*, Alfonso dell’Isola, Velletri, pp. 648.
- Venditti A. (1991), *Velletri, Storia di una città millenaria*, Editrice ISTED, Velletri, pp. 360.
- Ventriglia U. (1990), *Idrogeologia della Provincia di Roma. Vol. III. Regione Vulcanica dei Colli Albani*, Abete Grafica, Roma, pp. 547.
- Zanzi L. (2004), *Appunti di sismica di esplorazione e georadar*, CUSL editore, Milano, pp. 181.