

Pericolosità geomorfologica nel territorio di Roma Capitale. Analisi critica di due casi di studio: la Valle dell'Inferno e la Valle dell'Almone

*Geomorphological hazard in the Roma Municipality. Critical analysis of two
case studies: Inferno Valley and Almone Valley*

AMANTI M. (*), TROCCOLI A. (*), VITALE V. (*)

RIASSUNTO - Il Servizio Geologico d'Italia di ISPRA prosegue con questo lavoro uno studio in corso da tempo sui dissesti del territorio di Roma Capitale. Nella prima parte vengono proposte alcune statistiche sulla distribuzione dei fenomeni franosi, aggiornate e affinate rispetto alla prima pubblicazione (AMANTI *et alii*, 2008). L'aggiornamento ha riguardato l'inserimento di eventi recenti, mentre l'affinamento si è ottenuto grazie alla disponibilità di dati di maggior dettaglio sulla litologia e sulla topografia dell'area romana. Nella seconda parte vengono presentati due casi di studio riguardanti le valli di due affluenti del Tevere: la Valle dell'Inferno e la Valle dell'Almone. La metodologia è stata caratterizzata da un approccio multi-disciplinare, associando il recupero di informazioni da fonti storiche alle operazioni di calcolo in ambiente GIS, l'inquadramento geolitologico e geomorfologico di area vasta a proposte di lettura organica e 'applicata' dei singoli dissesti. Dai risultati di questa analisi emerge che i fenomeni di instabilità avvenuti nei due settori in esame, pur nel diverso contesto geologico, hanno in comune alcune cause 'predisponenti' di natura antropica, riassumibili negli enormi volumi di materiali movimentati e nella completa obliterazione delle valli fluviali.

PAROLE CHIAVE - frana, statistica, banca dati, cartografia, GIS, urbanizzazione, sbancamento, terreni di riporto, sprofondamento, geologia ambientale, geomorfologia, Roma.

ABSTRACT - The Geological Survey of Italy (ISPRA) continues with this paper the study on instability of the territory of the Municipality of Rome. The first part of this article shows some statistics on the distribution of landslides, updated and refined since the their first publication. The update consists in including more recent events, while the refining is achieved by providing more detailed data on the lithology and the topography of the urban area. The second part of the article shows two case studies relating to the valleys of two tributaries of the Tiber river: Inferno Valley and Almone Valley. The methodology is based on a multi-disciplinary approach, which involves the concurrent use of historical sources and GIS tools, the analysis of the geological and geomorphological setting of large areas and the proposal of geotechnical explanations of singular episodes of geological instability. The results of this study show that, in spite of the different geological settings, the instability occurred in both the studied sites has common predisposing causes, mostly of anthropogenic nature, due to the huge amount of diggings and backfills in the two rivers' valleys.

KEYWORDS - landslides, anthropogenic sinkhole, statistics, database, cartography, GIS, urbanization, diggings, backfill, environmental geology, geomorphology, Rome.

(*) ISPRA, Geological Survey of Italy

1. - INTRODUZIONE

Lo sviluppo delle aree urbane, in continuo e veloce accrescimento, suggerisce di indirizzare verso questi territori gli studi sulle pericolosità geologiche. Si registra infatti proprio in queste aree un alto valore esposto, dovuto anche ad una scarsa attenzione ai fenomeni naturali in sede di pianificazione e gestione del territorio. I recenti processi naturali di evoluzione geomorfologica, alcuni dei quali rappresentano evidenti cause predisponenti dei fenomeni di dissesto, sono associati, e spesso interferiti, dai processi antropici, che insistono da secoli sul territorio, e che hanno provocato variazioni sia positive che negative della pericolosità.

Le numerose informazioni storiche disponibili per le città italiane rappresentano un patrimonio fondamentale non solo per segnalare punti di sensibilità “dimenticati”, ma anche come set “statistico” di dati utili nella validazione dei modelli di pericolosità, anche al fine di valutare correttamente, all’interno dei modelli stessi, gli elementi peculiari di un territorio fortemente antropizzato.

A tal proposito risulta di notevole interesse l’area romana in cui, ad una ragguardevole dimensione del territorio comunale, con differenti situazioni geologiche e geomorfologiche, nonché una complessa storia urbanistica, si unisce un set di dati sufficientemente numeroso. In questo articolo, attraverso due casi di studio, estrapolati tra i tanti presenti nell’*Inventario delle frane del territorio di Roma Capitale*, si propongono alcuni spunti sulla pericolosità geomorfologica della città.

Con la valutazione di differenti situazioni geologiche e di acclività, anche in considerazione dell’ampliarsi delle conoscenze geologiche sulla zona, si cerca di indagare sulle relazioni tra urbanizzazione e fenomeni di dissesto, al fine di indirizzare correttamente gli interventi per mitigare il rischio.

2. - INVENTARIO DELLE FRANE DEL TERRITORIO DI ROMA CAPITALE

Il Servizio Geologico Nazionale di ISPRA porta avanti da anni un progetto di recupero, validazione e classificazione di informazioni sui feno-

meni di instabilità dei versanti nel territorio di Roma Capitale (AMANTI *et alii*, 1995, 2008). La grandezza del territorio comunale (circa 1285 km²), la variabilità geologica e geomorfologica dell’area, la complessità dell’evoluzione storica della città di Roma, la disponibilità di dati, a partire dai dati storici dell’archivio del Servizio Geologico d’Italia di ISPRA, ne fanno un interessante campionario di dissesti in area urbana.

2.1. - FONTI E CRITERI DI VALIDAZIONE

La serie storica dei dati comprende segnalazioni di dissesti che vanno da fine ’800 ad oggi, con l’eccezione del versante più acclive del colle Capitolino, la Rupe Tarpea, per la quale esistono segnalazioni di crolli fin dal 1722. L’attività è *in fieri*, non solo per il continuo aggiornamento rispetto a nuovi eventi franosi, ma anche per le ricerche bibliografiche, effettuate dal SGN anche per fini diversi, che potrebbero in futuro far estendere la serie indietro nel tempo. Una recente revisione ha portato a 325 il numero dei siti inseriti nell’Inventario. Il totale delle segnalazioni risulta maggiore del numero dei siti in quanto alcuni siti sono segnalati contemporaneamente su più fonti.

A tal proposito è interessante sottolineare come i tre maggiori e più autorevoli archivi italiani, il *Censimento delle aree italiane storicamente vulnerate da calamità geologiche ed idrauliche* – AVI, l’*Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia* – IFFI (APAT, 2007), e i *Piani stralcio di Assetto Idrogeologico* - PAI dell’Autorità di Bacino del fiume Tevere e dell’Autorità dei Bacini Regionali del Lazio, abbiano un bassissimo numero di sovrapposizioni in riferimento all’area romana, testimoniando come siano stati redatti indipendentemente l’uno dall’altro e considerando a loro volta fonti differenti.

La differente qualità e completezza delle informazioni presenti nelle fonti originarie ha suggerito di adottare una classificazione dei dati basata su una valutazione dell’affidabilità. Le tre classi di affidabilità sono state assegnate in funzione delle notizie sull’evento, della presenza su più fonti dell’evento franoso, della presenza di una data di accadimento, della corretta ubicazione sul territorio e della attribuzione certa ad una determinata tipologia di mo-

vimento (AMANTI *et alii*, 1996). Non disponendo in molti casi dell'area, è stato scelto di rappresentare i siti con uno strato informativo di punti.

2.2. - INTERSEZIONI CON DATI DI BASE IN AMBIENTE GIS

Un'analisi preliminare dei dati è stata effettuata rispetto a due variabili fondamentali negli studi sulla pericolosità per frana: le caratteristiche litologiche e l'acclività (BALZERANO *et alii*, 2008). Rispetto alla prima pubblicazione dell'Inventario (AMANTI *et alii*, 2008) sono stati utilizzati dati di maggior dettaglio. La base utilizzata per questo studio è una Carta Litologica vettoriale, derivata per semplificazione (AMANTI *et alii*, 2007) dagli originali in scala 1:10.000, realizzati per il rilevamento geologico, nell'ambito del Progetto CARG, della nuova *Carta Geologica del Comune di Roma* in scala 1:50.000 (FUNICIELLO & GIORDANO, 2008; FUNICIELLO *et alii*, 2008). La Carta dell'Acclività invece è stata derivata direttamente dal DEM (10x10m), ottenuto grazie a nuove elaborazioni ISPRA di dati in scala 1:2.000 (AMANTI *et alii*, 1995a; COMUNE DI ROMA, 2003). Entrambe le cartografie sono state riproiettate in WGS84 UTM fuso 33. Le statistiche riportate nel successivo paragrafo sono state ottenute attraverso intersezioni di strati informativi in ambiente GIS, perfezionate da successive elaborazioni per tenere conto dell'errore medio nella localizzazione dei siti.

2.3. - CONSIDERAZIONI STATISTICHE SULLA DISTRIBUZIONE DELLE FRANE

In figura 1 sono rappresentati i siti presenti nell'Inventario dei fenomeni franosi, avendo adottato come base il DEM-ISPRA. Come si può notare la maggior parte dei dissesti si trovano nel settore ovest, in destra idrografica della Valle del Tevere. Questa distribuzione è da mettere in relazione con i più alti valori dell'energia di rilievo e con la presenza di affioramenti di argille plio-pleistoceniche. Nelle tabelle 1 e 2 si riporta la distribuzione dei fenomeni franosi rispetto al tipo di movimento (AMANTI *et alii*, 1996; APAT, 2007) e ai termini affioranti, raggruppati o separati secondo criteri li-

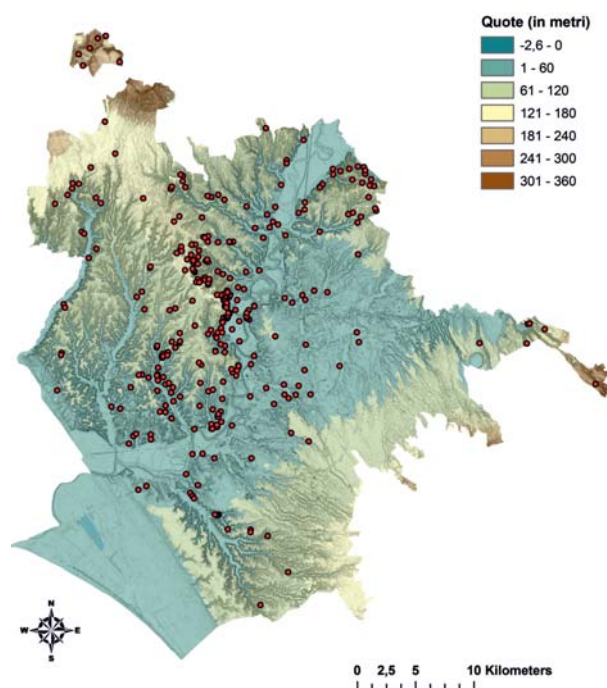


Fig. 1 – Distribuzione delle frane sul DEM del territorio di Roma Capitale.
– Digital Elevation Model of the Roma municipality area; red points: landslides.

Tab. 1 – *Distribuzione dei fenomeni franosi secondo il tipo di movimento.*

– Landslides distribution, according to type of movement.

Tipologia frane	N	%
scivolamento	36	11.1
area soggetta a frane superficiali	69	21.2
colamento	30	9.2
complesso	70	21.5
crollo	61	18.8
nd	59	18.2
TOTALE	325	100

tologici (AMANTI *et alii*, 2007). In figura 2 viene proposto un diagramma con la distribuzione dei fenomeni franosi rispetto alle litologie più diffuse. Nello stesso diagramma viene rappresentato, per ogni *tipo litologico*, il relativo indice di franosità, inteso come numero di frane (N) rispetto alla superficie di affioramento (in km²).

Dal confronto con la prima pubblicazione dell'Inventario (AMANTI *et alii*, 2008) emergono alcune conferme ma anche alcune differenze che è interessante sottolineare.

Tab. 2 – *Distribuzione dei fenomeni franosi rispetto alle litologie affioranti.*

– Landslides distribution, according to their occurrence in the lithological units.

Tipo litologico	N	%
Terreni a gran. media	88	27.1
Terreni misti e/o indifferenziati	32	9.8
Argille plio-pleist.	32	9.8
Tufi incoerenti	97	29.8
Tufi misti (alternanze di liv. litoidi e incoerenti, liv. semicoerenti)	25	7.7
Tufi litoidi	16	4.9
Terreni a gran. grossolana	15	4.6
Travertini	12	3.7
Riperti e discariche	5	1.5
Lave	3	0.9
TOTALE	325	100

In primo luogo è stato escluso nella presente analisi il territorio del Comune di Fiumicino, storicamente appartenente al Comune di Roma.

L'adozione di una base litologica a una scala di maggior dettaglio ha permesso di differenziare i termini piroclastici tra loro e di cartografare meglio alcune formazioni che non hanno una grande estensione areale in affioramento; tra questi ultimi emergono i travertini, il cui indice di franosità è il secondo più alto nel diagramma di figura 2. Nonostante il numero di frane che ricadono sui travertini non sia un campione sufficientemente rappresentativo (12 frane censite), si ritiene significativa l'indicazione di propensione al dissesto rappresentata dall'indice di franosità. Infatti questa litologia è caratterizzata, all'interno della città di Roma, da

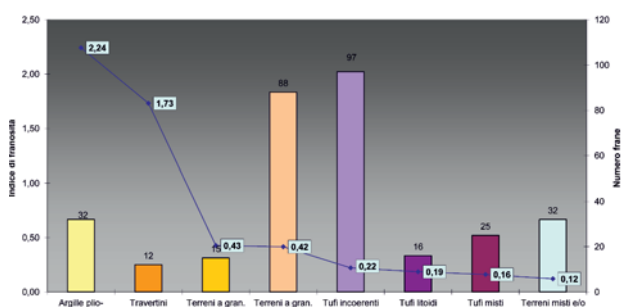


Fig. 2 – *Distribuzione dei fenomeni franosi per le litologie più diffuse e relativo indice di franosità (numero di frane/superficie di affioramento).*
– *Landslides distribution in the study area, according to their occurrence in the lithological units, and landslide index (number of landslides/outcropping area).*

un'estrema variabilità nelle caratteristiche geotecniche, che possono variare da termini estremamente litoidi a terreni sciolti nella distanza di pochi metri (AMANTI *et alii*, 2012). Per quel che riguarda le piroclastiti, sono state suddivise in tre sottoclassi litologiche: Tufi litoidi, Tufi incoerenti (pozzolane) e Tufi misti, intendendo con questi ultimi alternanze ripetute di livelli litoidi e livelli incoerenti. Dal punto di vista della distribuzione totale dei dissesti, la suddivisione non ha prodotto differenze di rilievo. Se si analizza però la distribuzione delle frane in funzione della tipologia di movimento, si scopre che le frane che interessano i tufi litoidi sono soprattutto *crolli* (37,5 %) mentre per le piroclastiti incoerenti sono le *frane complesse* ad avere la maggioranza relativa (25,8 %). Vengono invece confermati i principali trend, già evidenziati nella prima pubblicazione. Le piroclastiti nel loro complesso, pur ospitando il maggior numero di fenomeni in valore assoluto (138 su 325 totali) in virtù della vasta superficie di affioramento nell'area romana, hanno un indice di franosità medio-basso. Si conferma invece, e anzi ne viene fuori incrementato, l'indice di franosità delle argille plio-pleistoceniche, confermando la propensione al dissesto di questa unità litologica. Si tratta in particolare della formazione pliocenica delle argille di Monte Vaticano, di cui si parlerà ampiamente nel prossimo capitolo.

3. - CASO DI STUDIO N. 1: LA VALLE DELL'INFERNO

Questo capitolo ha come oggetto la bassa Valle dell'Inferno, nella quale sono presenti una serie di dissesti correlabili alle profonde trasformazioni morfologiche avvenute in tempi storici (fig. 3).

3.1. - INQUADRAMENTO GEO-LITOLOGICO

L'area di studio è sita all'interno dell'alto strutturale di Monte Mario, una struttura tettonica orientata in direzione NO-SE, in destra idrografica del fiume Tevere, all'interno del territorio di Roma. È costituito da una zona centrale rialzata e da una serie di faglie parallele che ribassano, a nord e a sud, i vari settori dell'alto strutturale, con rigetti progres-

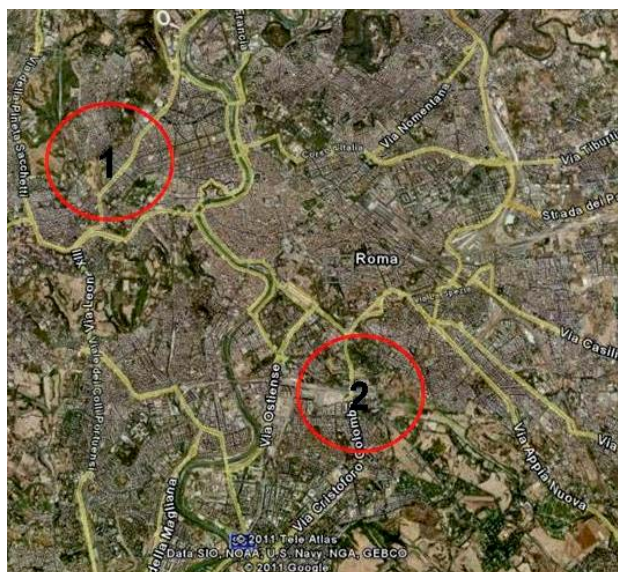


Fig. 3 – Inquadramento geografico dei casi di studio: 1) Valle dell'Inferno, 2) Valle dell'Almone.

– Geographic sketch of the two case studies: 1) Valle dell'Inferno, 2) Valle dell'Almone.

sivamente crescenti. La geologia dell'area è stata oggetto di numerosi studi specifici, i più antichi dei quali si sono potuti avvalere di osservazioni sui fronti delle numerose cave in attività e, in generale, sugli affioramenti in zone non ancora raggiunte dall'urbanizzazione (PONZI, 1875; TELLINI, 1893; VERRI, 1915a, 1915b; DE ANGELIS D'OSSAT 1934, 1953). Molti altri studi si sono succeduti, contribuendo ad approfondire lo studio della successione stratigrafica locale (AMBROSETTI & BONADONNA, 1967; CONATO *et alii*, 1980; MARRA, 1993). Una buona sintesi delle conoscenze acquisite sulla litostratigrafia e sull'assetto geologico dell'area romana è riportata nelle Note illustrative della *Carta Geologica del Comune di Roma* (FUNICIELLO & GIORDANO, 2008; FUNICIELLO *et alii*, 2008), a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti.

Alla base della successione locale affiora la “formazione di Monte Vaticano” (MVA), la formazione più antica dell'area romana, costituita da sedimenti pliocenici di mare aperto. La quota di tetto raggiunge i 110 m s.l.m in affioramento proprio a Monte Mario (fig. 4). Da dati indiretti e da sondaggi è noto che la formazione è presente nel sottosuolo di tutto il settore cittadino al di sopra del substrato meso-cenozoico, sebbene con spessori diversi. La presenza diffusa, unita agli spessori notevoli, che in alcuni casi raggiungono gli 800 m,

alla scarsa permeabilità e alle ottime caratteristiche geotecniche, ne fanno un vero e proprio *bedrock* a livello regionale, nonché l'*aquiclude* delle unità idrogeologiche del territorio romano. È costituita da argille marnose stratificate, grigie e grigio-azzurre, da consolidate a molto consolidate, alternate a sabbie fini, in strati per lo più sottili, da sciolte a poco consolidate. L'immersione complessiva degli strati è di circa 10° verso NNE. Dalle analisi micropaleontologiche deriva l'attribuzione dei sedimenti ad un ambiente batiale con profondità comprese tra -200 e -350 m. Pliocene inferiore *p.p.* – superiore *p.p.*

Al di sopra affiora la “formazione di Monte Mario” (MTM). Le due sono separate da una superficie discordante di importanza regionale, erosiva, che segna il passaggio ad una facies costiera, da infralitorale esterno a transizionale, testimoniando un significativo sollevamento avvenuto tra il Pliocene superiore ed il Pleistocene inferiore basale. Il primo membro è costituito da argille grigie sabbiose, alternate a limi sabbiosi e sabbie poco argillose, ricche in foraminiferi bentonici, deposte tra -40 e -80 m (Membro di Farneto). Al di sopra sono presenti sabbie grossolane grigie quarzose micacee ad *Arctica islandica*, con un'associazione faunistica che indica una paleo-profondità di circa -40 m. I primi due membri non affiorano nella Valle dell'Inferno. Seguono sabbie gialle quarzose, a tratti ce-



Fig. 4 – Stralcio della Carta Geologica raffigurante l'area di studio della Valle dell'Inferno (FUNICIELLO *et alii*, 2008).

– Geological sketch of the case study number one (FUNICIELLO *et alii*, 2008).

mentate, alternate a panchina arenacea bioclastica, a laminazione incrociata, in strati di spessore tra 1 e 2 m, caratteristico di ambiente infralitorale poco profondo. Queste passano verso l'alto ad alternanze di sabbie gialle molto fini, livelli di conglomerato di battigia e argille azzurro verdognole sottilmente stratificate, testimoni nel complesso di un ambiente di transizione. La giacitura della formazione è sub-orizzontale e la potenza ricostruita è di 140 m. Pleistocene inferiore *p.p.* (Santerniano superiore).

Sopra la formazione di Monte Mario affiora la "formazione di Ponte Galeria" (PGLa). Anche queste due formazioni sono separate da una superficie erosiva, paraconforme, sub-orizzontale, che segna il passaggio definitivo nell'area romana ad ambienti continentali. Essa è caratterizzata da un'alternanza di ghiaie, sabbie e argille, con notevoli variazioni di facies sia in orizzontale che in verticale, ascrivibili ad ambienti fluviali, lagunari, di spiaggia, di duna e di retroduna, nel complesso attribuiti al paleodelta del fiume Tevere. Nell'area di studio prevale la lito-facies conglomeratica, costituita da ghiaie eterometriche con clasti molto evoluti, embriciati, attribuibili alla Serie Sabina meso-cenozoica, intercalate a livelli di sabbie grossolane a laminazione incrociata. L'ambiente è di spiaggia. Lo spessore massimo è di 30 m. Essa si esaurisce bruscamente verso est contro la zona più rilevata dell'alto di Monte Mario, lungo una direttrice NNO-SSE (fig. 4), suggerendo che si tratti di un solco di battigia dell'epoca su una zona maggiormente sollevata (FUNICIELLO & GIORDANO, 2008). Pleistocene inferiore *p.p.* - Pleistocene medio *p.p.*

Le formazioni più recenti dell'area romana sono dominate dal vulcanismo dei centri eruttivi dei Sabatini e del Vulcano Laziale, che mettono in posto, direttamente e indirettamente, notevoli spessori di vulcaniti e di sedimenti vulcano-clastici. Si rimanda agli studi presenti in bibliografia per la descrizione delle relative formazioni le quali, pur affiorando con spessori esigui nella zona di spartiacque nord e ovest della Valle dell'Inferno, non sono ritenute di interesse ai fini del presente studio. Un cenno merita la "formazione di Vitinia" (VTN), che affiora alle pendici del Monte Vaticano, in destra idrografica del Fosso della Valle dell'Inferno. È formata da conglomerati, sabbie e limi,

con clasti di origine calcarea, silicea e vulcanica. Interessante notare inoltre come in letteratura siano presenti riferimenti ad una unità con travertini e calcari terrosi, affiorante alle pendici di Monte Ciocchi in sinistra idrografica del Fosso della Valle dell'Inferno, di cui attualmente non c'è più alcuna traccia (TELLINI, 1893; VERRI, 1915a, 1915b).

Chiude la successione locale la "formazione del Deposito Alluvionale" (SFTba) del fiume Tevere e dei suoi affluenti. È costituita da depositi siltoso-sabbiosi e siltoso-argillosi, alternati a livelli di torbe, con alla base frequenti livelli ghiaiosi e sabbiosi. Questi sono stati depositi tra il Pleistocene superiore e l'Olocene, per progressivo riempimento del reticolo fluviale wurmiano con sedimenti fluviali e colluviali relativi all'innalzamento del livello marino. Esistono diverse differenze a livello locale tra le alluvioni della valle principale del Tevere e le valli secondarie degli affluenti, nonché tra queste ultime. Nella Valle dell'Inferno, all'altezza della Fornace Veschi, è stata recentemente descritta la successione presente (CAMPOLUNGI *et alii*, 2008). Sopra le argille della formazione di Monte Vaticano seguono, dal basso verso l'alto, le seguenti unità litologiche: ghiaie, limi sabbiosi, limi argillosi in eteropia con sabbie limose con ghiaie. Sono presenti sottili livelli di argille organiche, distribuiti in modo disomogeneo all'interno del corpo alluvionale. I limi argillosi sono mediamente impermeabili e tamponano localmente la circolazione di subalveo, che è comunque assicurata dai termini sabbioso-ghiaiosi. Lo spessore massimo è di circa 25 m. Pleistocene superiore *p.p.* - Olocene.

Il "Deposito Antropico" (h) costituito da depositi eterogenei di riporto ricopre quasi ininterrottamente tutti i settori urbanizzati della città di Roma. Nella recente cartografia geologica (FUNICIELLO *et alii*, 2008; APAT, 2008) è stato riportato solamente per quelle aree dove siano disposti i maggiori spessori o dove le morfologie siano determinate dal loro ammassamento (FUNICIELLO & GIORDANO, 2008). Nella Valle dell'Inferno questi depositi sono poco eterogenei, costituiti da argille e/o sabbie rimaneggiate, costituiti prevalentemente dall'ammassamento dei materiali di risulta delle cave nelle argille plioceniche e in parte da paleofrane (VERRI, 1915). Essi presentano moltissime analogie con i

sedimenti contenuti nelle formazioni in posto, a letto o contigue, differenziandosi ovviamente per alcune caratteristiche geotecniche, a cominciare dal diverso grado di costipazione e dal contenuto in acqua (VENTRIGLIA, 1971, 2002; AMANTI *et alii*, 1995). Sono sede di una circolazione idrica di sub-alveo. Olocene.

Molte sono le sorgenti riportate in letteratura al limite tra le argille di Monte Vaticano e le sabbie di Monte Mario (TELLINI, 1893; DE ANGELIS D'OSSAT, 1906; CORAZZA & LOMBARDI, 1995), alcune delle quali potrebbero essere ancora in parte attive, nascoste sotto la coltre di riporti (GISOTTI & ZARLENGA, 1998).

3.2. - EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA E URBANA

La Valle dell'Inferno delimita ad ovest e a sud il rilievo di Monte Mario. Il *Fosso della Valle dell'Inferno*, affluente secondario di destra del fiume Tevere, ha un andamento NNW-SSE, che devia bruscamente in direzione E-W, nel tratto in cui attraversa l'alto strutturale Monte Mario – Monte Vaticano, definendo con la sua valle la separazione morfologica tra i due colli. Il gomito fluviale, che segna il brusco cambio di direzione nell'asta, insieme ad altri indizi morfotettonici, evidenziano la presenza di un probabile controllo strutturale sulla genesi morfologica della valle fluviale (DELLA SETA *et alii*, 2002).

L'ultima fase erosiva di rilievo corrisponde alla fase glaciale wurmiana, durante la quale il livello di base locale si approfondì fino a -120 m rispetto all'attuale, generando in tutta la bassa Valle del Tevere e dei suoi affluenti una fase erosiva importante. La successiva risalita del livello di base ha prodotto la deposizione di notevoli spessori di sedimenti. Nell'area romana quest'ultima fase geologica erosivo-deposizionale è responsabile di un tratto caratteristico del paesaggio romano, con i versanti piuttosto acclivi dei "colli" che si raccordano bruscamente con le piane alluvionali.

Nell'olocene si può ipotizzare che il corso d'acqua abbia avuto una scarsa capacità erosiva, in funzione delle dimensioni contenute del bacino idrografico e delle scarsa pendenza del profilo longitudinale. Attivi sono stati invece i fenomeni sui versanti dovuti al dilavamento, al ruscellamento

concentrato e soprattutto ai fenomeni gravitativi. Questi hanno interessato in particolare gli acclivi versanti del rilievo di Monte Mario, sia ad ovest (in sinistra idrografica del Fosso della Valle dell'Inferno), sia ad est verso il fiume Tevere.

Quest'ultimo ha avuto un ruolo importante fino a tempi recenti contribuendo, in occasione dei numerosi eventi alluvionali, ad alzare il livello di base del corso d'acqua suddetto, come testimoniato dalla presenza in tempi storici di un'area paludosa, in seguito progressivamente bonificata (CORAZZA & LOMBARDI, 1995; BRANCALEONI *et alii*, 2003). Il Fosso della Valle dell'Inferno, in parte regolarizzato, scorreva con bassa energia verso est sulla piana alluvionale del fiume Tevere, che in questo punto prendeva il nome di Prati di Castello. Non è noto se l'ultimo tratto del corso d'acqua, che sfociava nel Tevere nei pressi dell'attuale Piazza della Libertà (LANCIANI, 1988), fu tombinato o semplicemente coperto da riporti (CAMPOLUNGH *et alii*, 2008). Esso fu progressivamente eliminato tra la fine dell'800 e i primi del '900, coerentemente con le scelte urbanistiche dell'epoca (figg. 5, 6).

La Valle dell'Inferno costituisce ancora, ovviamente, un bacino drenante delle acque piovane (fig. 7). Nel tratto più a monte il thalweg raccoglie, oltre all'afflusso meteorico, le acque di alcune piccole sorgenti, presenti all'interno del *Parco regionale urbano del Pineto*. Verso valle il drenaggio è affidato in parte al flusso di sub-alveo, all'interno della coltre dei riporti e delle alluvioni (CAMPOLUNGH *et alii*, 2008; CORAZZA *et alii*, 2008), in parte al sistema fognario di alcune strade costruite in corrispondenza dell'antico corso d'acqua (Via di Valle Aurelia, Via Angelo Emo) e di impluvi secondari (Via Baldo degli Ubaldi, Via Anastasio II).

Immediatamente a nord è presente la Valle della Balduina, che separa Monte Mario propriamente detto da *Monte Ciocci*, nel passato denominato Monte della Creta. Il versante SO di Monte Ciocci, lungo la Valle dell'Inferno, costituisce il geosito "*Trasgressione medio-pleistocenica a Monte Ciocci*", sebbene l'affioramento più interessante non sia più visibile (FABBRI *et alii*, 2010).

Il *Fosso della Balduina*, anch'esso scomparso, aveva un orientamento del tutto analogo ma minore lunghezza complessiva dell'asta e minore

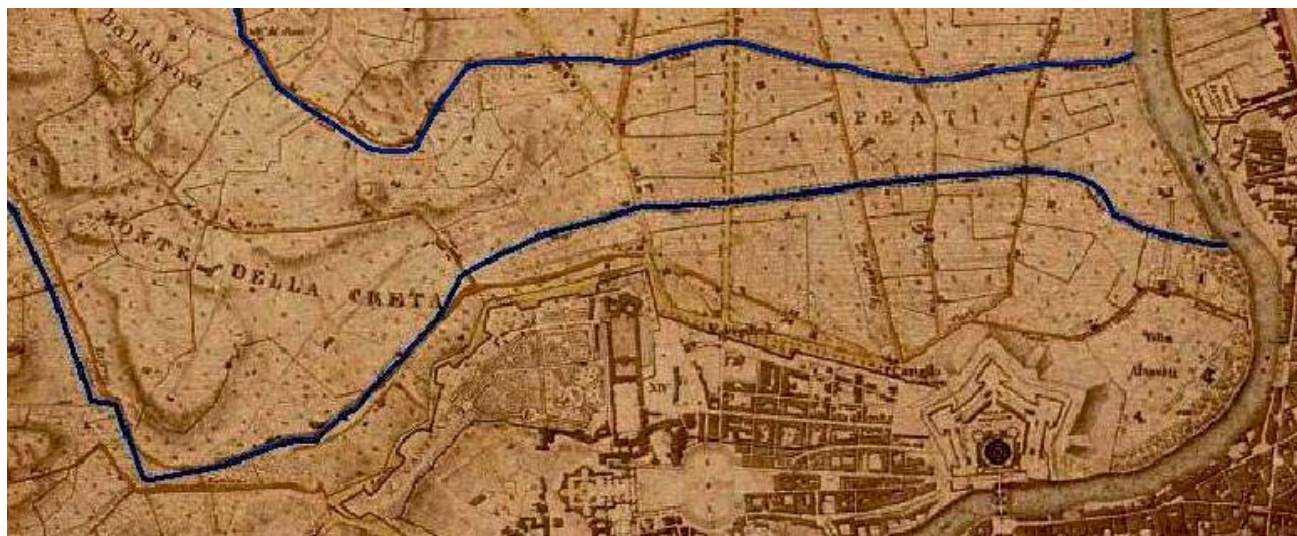


Fig. 5 – Stralcio della “Carta topografica del suburbano di Roma” che rappresenta la zona a nord dei Palazzi Vaticani e di Castel Sant’Angelo (Prati di Castello). Sono evidenziati i tratti terminali del Fosso della Valle dell’Inferno (a sud) e del Fosso della Balduina (a nord), con le relative confluenze nel fiume Tevere. Da notare il nome, Monte della Creta, con cui veniva indicato Monte Ciocci fino a metà XIX sec. (ridisegnato, da Presidenza del Censo dello Stato Pontificio, 1839).

– Topographic sketch of the “Carta topografica del suburbano di Roma”, representing the area that used to be called “Prati di Castello” (north of the Palazzi Vaticani and Castel Sant’Angelo). The end portions of Inferno Valley river and Balduina river (blue lines) were highlighted (modified, Presidenza del Censo dello Stato Pontificio, 1839).



Fig. 6 – Stralcio della “Carta geologica dei dintorni di Roma” che rappresenta la stessa zona di figura 5, con la rappresentazione del piano di sviluppo urbanistico, in parte già realizzato, del “nuovo” rione Prati. Evidenziati (in blu) i punti in cui iniziavano, alla data di realizzazione della carta, i tratti tombati dei corsi d’acqua di figura 5. Da notare la presenza di numerose fornaci e varie sorgenti (cerchietti rossi) lungo la Valle dell’Inferno (ridisegnato, da TELLINI, 1893).

– Topographic and geological sketch of the “Carta geologica dei dintorni di Roma”. The same area of figure 5 is shown, with the representation of the Urban Development Plan of Prati District, in part already built at that time. The end of Inferno Valley river and Balduina river at that time (blue points) are highlighted (modified, TELLINI, 1893).

area del bacino idrografico (fig. 5).

È importante sottolineare come i processi antropici siano stati assolutamente predominanti rispetto agli altri processi geomorfologici nell’evoluzione recente di tutta l’area di studio. Nel corso degli ultimi due millenni infatti i versanti della Valle dell’Inferno e della Valle della Balduina sono stati

interessati da intensa attività di cava per l’estrazione delle argille (formazione di Monte Vaticano). Nel primo secolo dopo Cristo i Romani cominciarono ad utilizzare in modo intensivo le argille, oltre che per le ceramiche, per la produzione di laterizi. Nel corso dei secoli l’estrazione ha vissuto fasi alterne, senza mai fermarsi troppo a lungo. Per es. durante

il XVI sec. la “Fabbrica di San Pietro” ha indotto un’intensa attività estrattiva di materiali dalle valli suddette e dalla contigua Valle del Gelsomino, a sud del colle Vaticano (GIAMPAOLO *et alii*, 2008).

Una fase di escavazione particolarmente intensa si è poi avuta a cavallo tra XIX e XX sec., quando il ritmo sostenuto con cui si costruivano i nuovi quartieri di “Roma Capitale” generava una forte

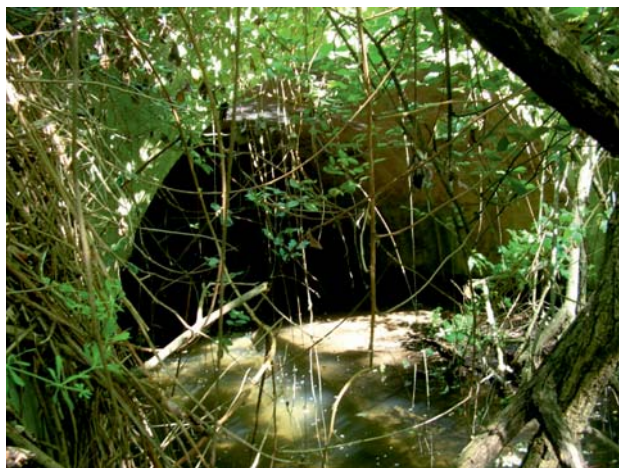


Fig. 7 – Tombinatura del Fosso della Valle dell’Inferno all’interno del Parco urbano del Pineto (2012).

– Beginning of the underground artificial channel of Inferno Valley river, in the middle of Parco urbano del Pineto (2012).

domanda di mattoni. In quel periodo a ridosso del rilievo di Monte Mario nacquero ben 13 nuove fornaci per la produzione di laterizi.

Varie sono le ipotesi sull’etimologia del nome della valle. La più famosa e sicuramente quella di maggior suggestione lo fa derivare dal calore sprigionato dalle numerose fornaci presenti lungo la stretta valle, nonché dai fumi che uscivano dalle stesse, i quali, complice la nebbia di alcune giornate invernali, le facevano assumere un aspetto “infernale” (figg. 7, 8, 9). Attualmente gli sbancamenti dei versanti e l’urbanizzazione intensiva hanno quasi completamente obliterato l’andamento morfologico della bassa Valle dell’Inferno. Il tratto medio-alto ha preso il nome di Valle Aurelia.

Dall’analisi delle cartografie storiche si può notare come l’evoluzione morfologica dei versanti è stata caratterizzata da veloci cambiamenti. Interessante a tal proposito il caso della propaggine NE di Monte Ciocchi che separava la bassa Valle dell’Inferno da quella del Fosso della Balduina, completamente eliminata in pochi anni, come verrà evidenziato nei prossimi paragrafi. Non meno eclatanti degli sbancamenti furono i volumi dei riporti accumulati nell’area.



Fig. 8 – Foto della Valle dell’Inferno da Monte Ciocchi. Si scorgono in mezzo alla nebbia numerose ciminiere di fornaci (1938, foto di: A. Tibere).

– Photograph showing Inferno (hell) Valley in the middle of fog from Monte Ciocchi, with chimneys of brick-kilns in the background (1938, A. Tibere).



Fig. 9 – Foto della Valle dell’Inferno da Monte Vaticano. Costruzione del ponte della vecchia ferrovia Roma-Viterbo. Sullo sfondo numerose cave di argilla e fornaci (1890, foto di: L. Morpurgo, fonte: ICCD)

– Photograph showing Inferno (hell) Valley from Monte Vaticano, during the construction of the bridge of the old Rome-Viterbo railroad. Clay quarries and brick-kilns are visible in the background (1890, L. Morpurgo, source: ICCD).

3.3. - I MOVIMENTI DELLE TERRE IN AREA URBANA: L'AUSILIO DELLE FONTI STORICHE

I movimenti delle terre in aree urbane sono fenomeni molto comuni. In generale si tende a livellare il terreno per predisporlo nel modo migliore ad accogliere costruzioni ed infrastrutture. Le azioni più comuni sono gli sbancamenti, anche con rimodellamento del profilo topografico, la copertura di antichi impluvi e il generale livellamento di depressioni con accumuli di terreno di riporto. L'entità di questi movimenti e la complessità delle stratificazioni tende ovviamente a crescere in funzione dell'età storica delle città; nel caso dell'Italia quindi il fenomeno è generalizzato. Nella città di Roma questi movimenti di terre hanno assunto talvolta volumi davvero notevoli, con oblitterazione totale non solo degli affioramenti ma anche delle morfologie esistenti, fino ad un passato anche molto recente. A tal proposito si riporta un'analisi delle cartografie storiche riguardante alcuni settori specifici della Valle dell’Inferno. Il primo esempio riguarda un rilievo morfologico che separava la

Valle dell’Inferno dalla *Valle della Balduina*, immediatamente prima dello sbocco nella piana del Tevere, il quale costituiva la propaggine nord-est di Monte Ciocchi (fig. 10 a, b). Dal confronto tra le tre carte di figura 11 si può notare come nell’arco di appena 30 anni il rilievo fu quasi completamente eliminato. Questo fatto fu determinato non solo dalla forte richiesta di materia prima, ma anche da precise scelte urbanistiche dei primi anni di “Roma Capitale”. In figura 12 a è testimoniato il rilievo relitto presente nella Carta topografica del 1924 (fig. 11 c), prima del completo sbancamento per la creazione della Circonvallazione Trionfale (fig. 12 b). È interessante notare come ad oggi, se non si analizzasse la documentazione storica, non si avrebbe alcun elemento che faccia ipotizzare la passata presenza di un rilievo morfologico.

Confrontando la Carta Geologica di figura 4 con quelle di figura 11, si può notare come nell’area ove era presente il rilievo suddetto, è stata cartografata la formazione del Deposito Alluvionale. Si può invece ipotizzare dall’analisi delle cartografie storiche che, in corrispondenza della

collina sbancata, sotto uno spessore di alcuni metri di riporto, siano direttamente presenti i terreni della formazione di Monte Vaticano, come del resto riportato in letteratura (TELLINI, 1893; VERRI, 1915) e confermato da alcuni dati di sondaggio (GEOSONDA, 1983).

A nord della collina suddetta il *Fosso della Balduina*, ostacolato dalla collina stessa, deviava decisamente il suo corso verso NE e, diminuendo il suo gradiente, entrava nella piana alluvionale del Tevere (fig. 5). Il versante sud di Monte Mario, in sinistra idrografica del Fosso della Balduina, aveva

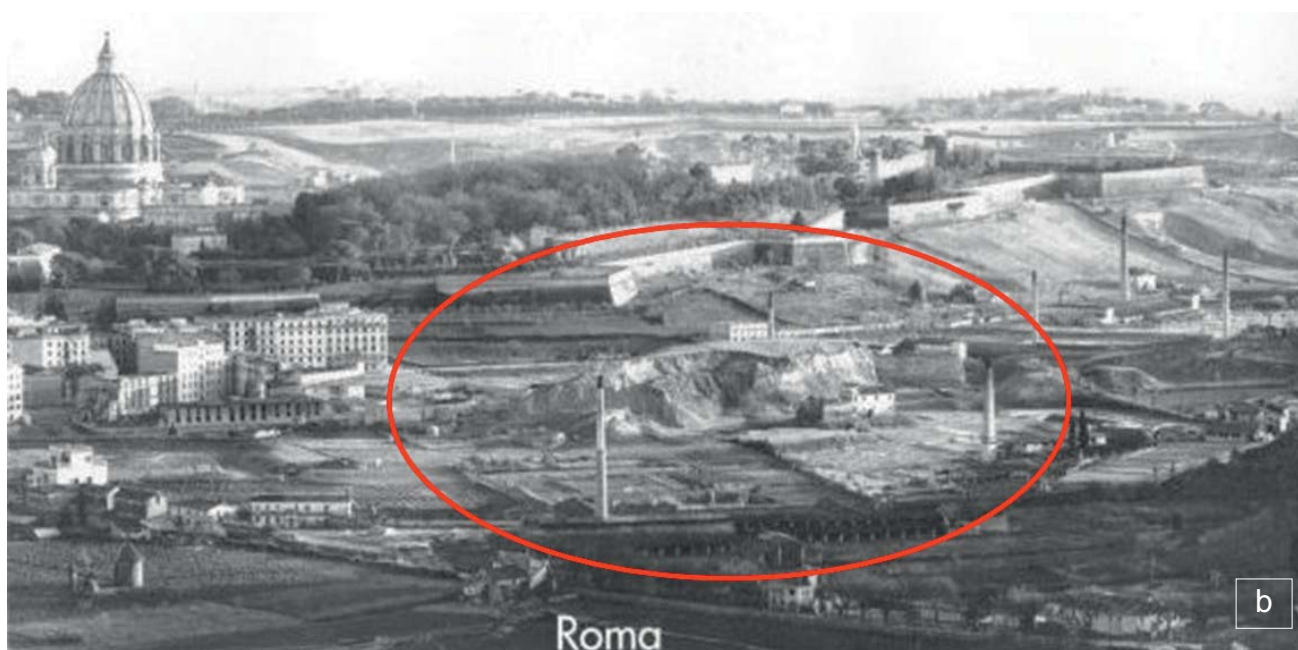
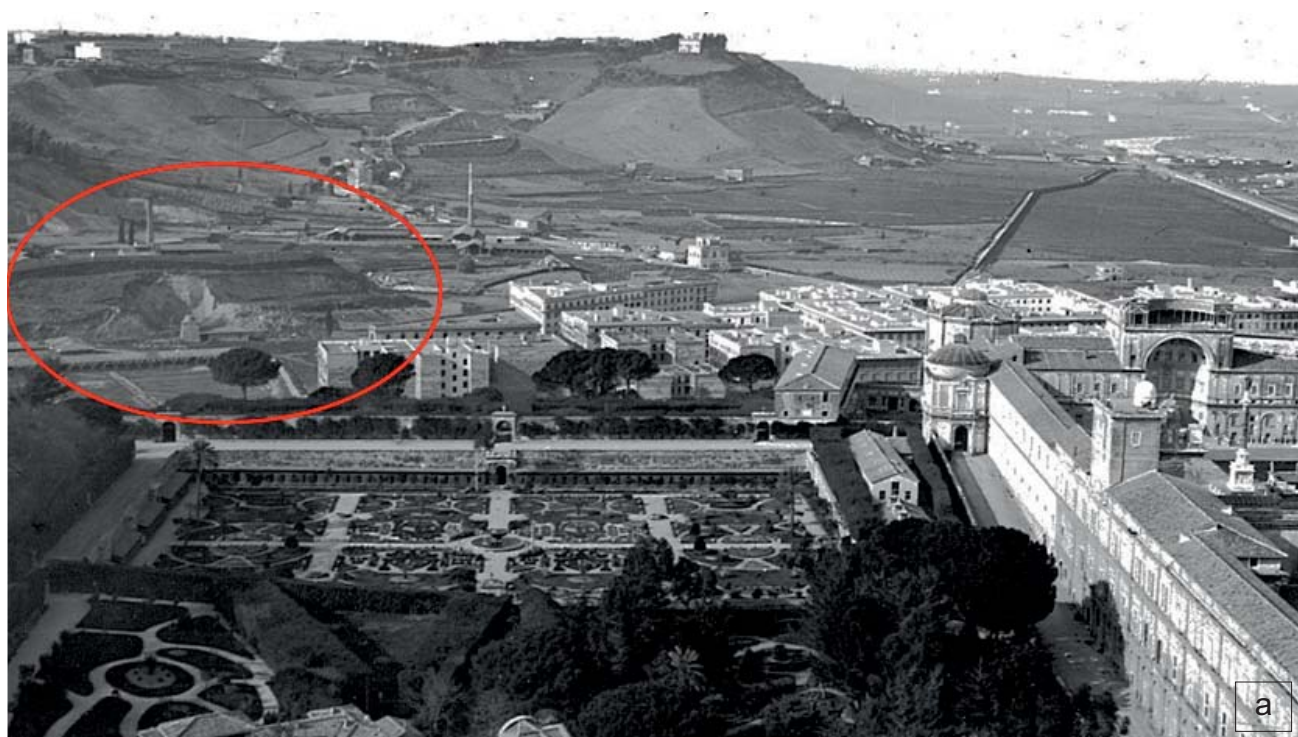


Fig. 10 – a) Veduta su Monte Mario dal Vaticano. All'interno del cerchio rosso si scorge la propaggine NE di Monte Ciocci, con fronti di cava (1900?, foto di: T.H. McAllister, fonte: Brooklyn Museum Archives); b) Veduta su Monte Vaticano da Monte Mario. All'interno del cerchio rosso si scorge la propaggine NE di Monte Ciocci, con fronti di cava e fornaci (1903, foto di: T. Huijzendveld).

- a) View of Monte Mario from the Vatican. Inside the red circle you can see the NE spur of Monte Ciocci, with clay quarries (1900?, T.H. McAllister, source: Brooklyn Museum Archives); b) View of Monte Vaticano from Monte Mario. Inside the red circle you can see the NE spur of Monte Ciocci, with fronts of a few quarries (1903, T. Huijzendveld).

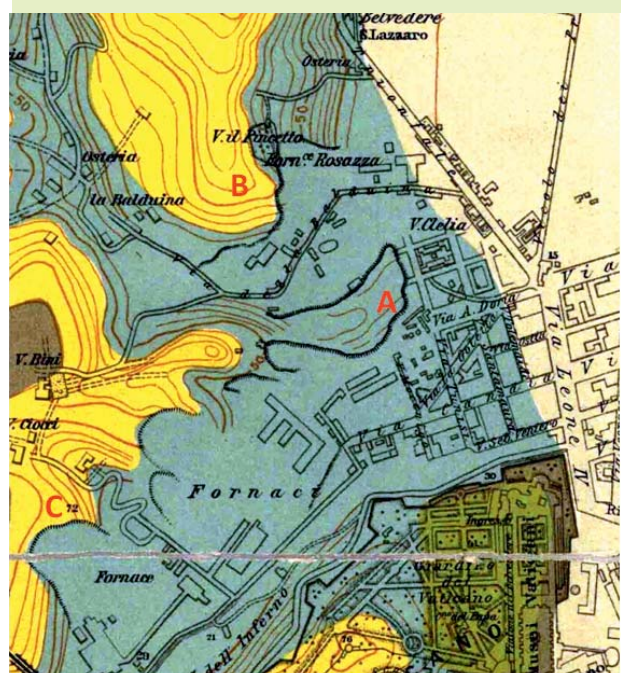


Fig. 11 – Confronto tra tre carte storiche centrate sulla bassa Valle dell’Inferno: ad ovest dell’inizio di via Trionfale fu completamente spianato il colle che costituiva la propaggine NE di Monte Ciocchi, sostituito dai nuovi quartieri (A); evoluzione del versante sud di Monte Mario in corrispondenza delle attuali via Labriola - via S. Tommaso d’Aquino (B); evoluzione del versante SE di Monte Ciocchi, a valle di Villa Ciocchi, “eroso” dalle cave di argilla (C). Evidenziati in rosso i punti di vista ipotizzati per le foto storiche allegate (ridisegnato, da TELLINI, 1893; VERRI, 1915; IGM, 1924).

– Comparison among three historical maps showing the lower Inferno Valley: the NE spur of Monte Ciocchi was completely leveled westward from via Trionfale, replaced by a new district (A); evolution of the southern side of Monte Mario corresponding to the present time via Labriola - via S. Tommaso d’Aquino (B); evolution of the SE side of Monte Ciocchi, downstream of Villa Ciocchi, “eroded” by the clay quarries (C). The points of view assumed for the historical photos (red V) are highlighted (modified, TELLINI, 1893; VERRI, 1915; IGM, 1924).

una evidente forma convessa verso sud (fig. 11a). Dall’analisi delle successive cartografie e della figura 13, si può notare come anche questo versante fu interessato dalle scarpate di cava, che ne provocarono un arretramento progressivo. Attualmente è caratterizzato da una conformazione concava verso sud, a maggiore acclività, ed è interessato da fenomeni di instabilità che interferiscono con Via Labriola (cfr. par. 3.5). Analizzando la Carta delle iso-variazioni di

spessore si può vedere chiaramente come proprio su questo versante siano registrati i maggiori volumi sbancati (30 m circa) e come siano stati accumulati lungo la Valle della Balduina i maggiori spessori di riporto, che hanno obliterato l’impluvio e ridotto l’acclività del fondovalle (fig. 14).

Risalendo la Valle dell’Inferno è interessante notare i notevoli spessori di riporti accumulati in meno di un secolo in quest’area (fig. 4). Lungo il

versante SE di Monte Ciocchi, interessato come già visto da notevoli sbancamenti, il fenomeno è da correlare con il riempimento di fosse di cava, anche al fine di realizzare un generale livellamento morfologico necessario alla successiva fase di urbanizzazione intensiva. Interessante il caso di Villa Ciocchi, villa rinascimentale appartenuta a Blosio

Palladio (fonte: RomaNatura), il cui collegamento con la Valle dell'Inferno fu eliminato dall'avanzamento progressivo delle scarpate di cava (fig. 19).

Verso sud-ovest un rilievo taglia trasversalmente la valle e ne interrompe il naturale andamento morfologico, isolando a monte una depressione antropica, in cui il drenaggio è evidente-

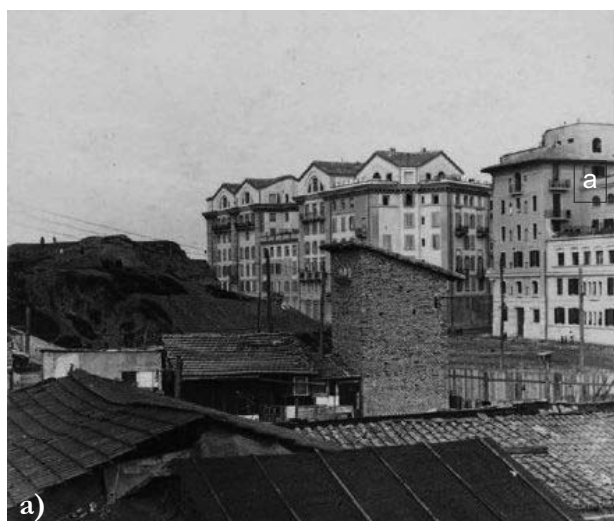


Fig. 12 – a) Rilievo morfologico relitto in corrispondenza di Via Tommaso Campanella, prima della realizzazione della Circonvallazione Trionfale (1938, fonte: Archivio Storico Capitolino); b) Circonvallazione Trionfale angolo con Via Tommaso Campanella (2011).

– a) *Photograph showing the residual relief in front of Via Tommaso Campanella, before construction of Circonvallazione Trionfale (1938, source: Archivio Storico Capitolino);*
b) *Circonvallazione Trionfale corner with Via Tommaso Campanella (2011).*

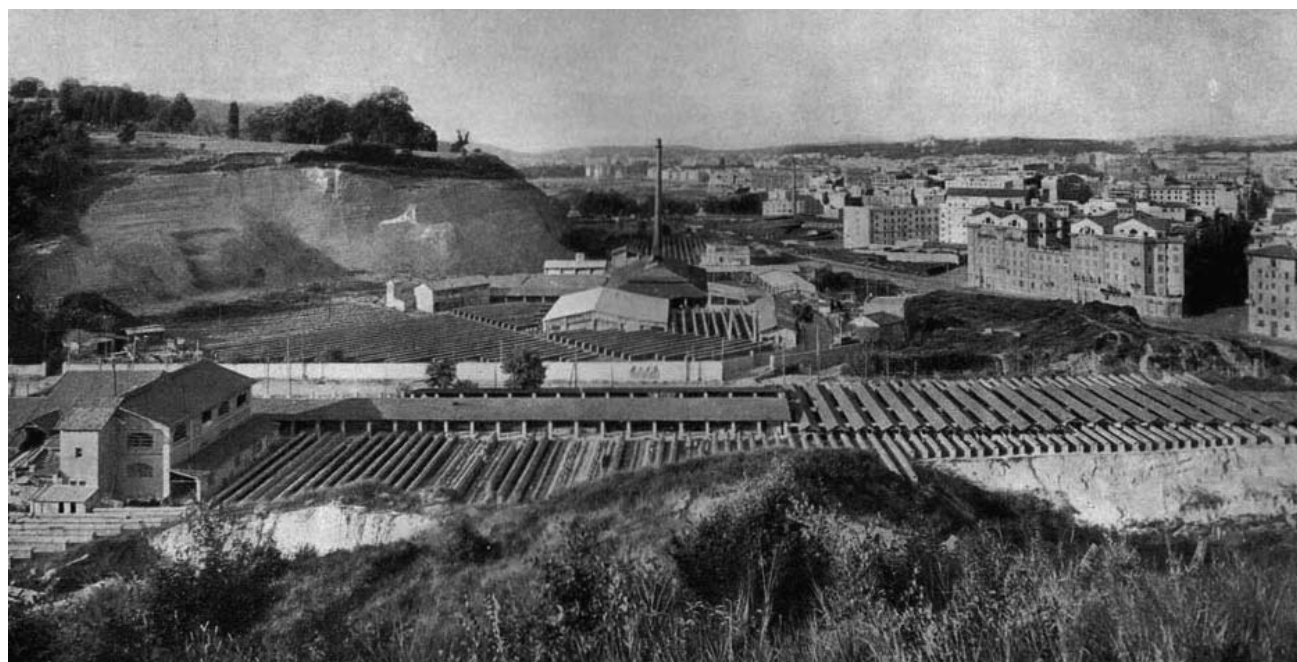


Fig. 13 – Veduta da Monte Ciocchi sul versante sud di Monte Mario, ove erano presenti cave di argilla. Il sito, erroneamente localizzato nella Valle Aurelia sulla fonte originale, corrisponde in realtà all'attuale versante in frana a monte di Via Labriola – Via S. Tommaso D'Aquino (1930?, FATTORI & MANCINELLA, 2010).
– *Photograph showing a view from Monte Ciocchi on the southern slopes of Monte Mario, where there were clay quarries. The site, located incorrectly on the original source, is actually located upstream of the present Via Labriola – Via S. Tommaso D'Aquino (1930?, FATTORI & MANCINELLA, 2010).*

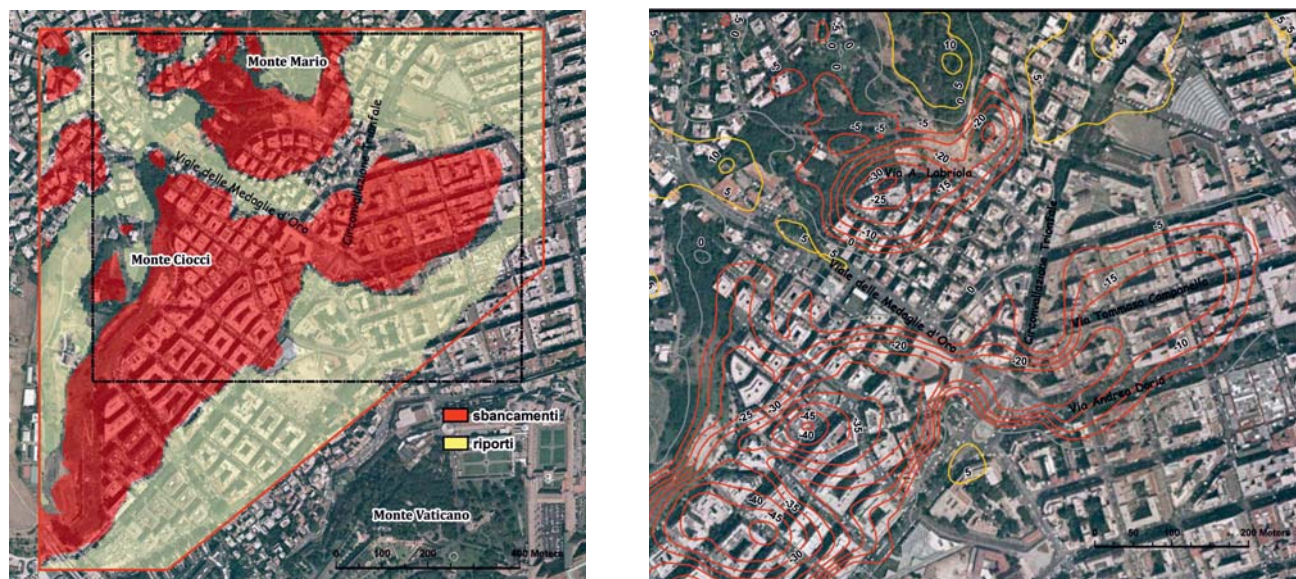


Fig. 14 – a) stralcio di carta tematica in cui sono rappresentate le zone che furono oggetto di sbancamenti (in rosso) e di riporti (in giallo), ottenuta per differenza, in ambiente GIS, tra il DEM-ISPRa e il DEM costruito su dati storici (vedi testo). Sono state escluse le aree con valori assoluti di differenza < 2m; b) focus sulla parte terminale della valle della Balduina (box nero in fig. 14a) su cui sono state riportate le curve di iso-variazione di quota topografica (in metri). Da notare la scomparsa della propaggine NE di Monte Ciocchi e i notevoli volumi sbancati sul versante sud di Monte Mario, in corrispondenza dell'attuale Via Labriola (in trasparenza su Ortofoto GN).

– a) Sketch of thematic map showing the areas where diggings (in red) or landfills (in yellow) are known. The map was obtained by difference, in a GIS environment, between the ISPRa-DEM and the DEM built on historical data (see text); b) focus on the end of Balduina Valley (black box in fig. 14a) with the curves of iso-variation in the height. Note the disappearance of the NE spur of Monte Ciocchi and the significant volumes of diggings on the southern slopes of Monte Mario corresponding to the present time Via Labriola (transparency on GN-Orthophotos).

mente garantito da sottoservizi (fig. 15 a).

Dal confronto proposto in figura 16, pur nella differenza delle scale relative alle due cartografie, si possono fare alcune osservazioni. Nella Carta del 1915 era ancora presente un reticolo idrografico. Nel 1924 il reticolo era stato coperto e cominciava a delinearsi il rilievo trasversale alla valle, adiacente al vecchio ponte della ferrovia, a nord di Poggio Santini (estremità nord-ovest del colle Vaticano). Si notano inoltre accumuli di riporto ad ovest di Poggio Santini, lungo una vallecicola secondaria, che negli anni assumeranno notevoli dimensioni arrivando in alcuni punti a superare i 20 m di spessore (VENTRIGLIA, 1971), obliterando il preesistente impluvio (1). Su questi terreni fu realizzato per le Olimpiadi del 1960 un rilevato stradale di 6 m di altezza, al fine di ospitare una strada a veloce scorrimento con due corsie per senso di marcia (fig. 17). Si ritiene che le trasformazioni morfologiche descritte in questo paragrafo, emerse dal-

l'analisi delle fonti storiche, sono da mettere in relazione con le cause predisponenti di alcuni recenti dissesti di seguito descritti.

3.4. - IL SUPPORTO DEI SISTEMI INFORMATIVI TERRITORIALI NEL BILANCIO DEI MATERIALI

Ai fini del presente studio è stata effettuata una stima dei cambiamenti morfologici del tratto finale della Valle dell'Inferno negli ultimi 150 anni, attraverso l'analisi di cartografie storiche (FUNICIELLO & TESTA, 2008; TESTA *et alii*, 2008; URRU, 2008). Tra le varie consultate ne è stata scelta una in particolare per le successive elaborazioni (TELLINI, 1893), in quanto è stata realizzata con un rilievo topografico ad *hoc*, ad una scala di dettaglio (1:15.000), con equidistanza 5 m per le isoipse e pubblicata nel 1893, data in cui dovevano ancora avvenire in quest'area le trasformazioni più macroscopiche. La carta è stata georiferita nel sistema

(1) Fenomeno del tutto analogo è avvenuto nella vallecicola vicina, più ad ovest (fuori carta), attualmente percorsa da Via Baldo degli Ubaldi (LUNARDI *et alii*, 1998).

UTM-WGS84, sono state digitalizzate le isoipse e le scarpate morfologiche (*breaklines*). È stata poi delimitata un'area di interesse di 1,0 km² (box rosso in figura 14 a) e su questa è stato realizzato un modello digitale del terreno (DEM) con passo

l'operazione suddetta necessita di una stima dell'errore di misura, che deve essere confrontata con l'ordine di grandezza del fenomeno che si vuole descrivere. L'errore è generato da una serie di fattori, dovuti sia ai dati di base che alle elaborazioni.

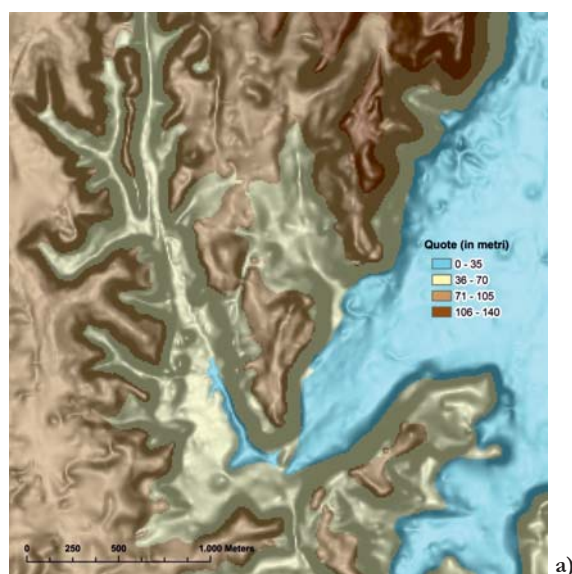


Fig. 15 – a) Stralcio del DEM-ISPRA che rappresenta la Valle dell'Inferno oggi. Da notare la presenza di un rilievo morfologico trasversale alla valle, che isola a monte un "bacino" (in corrispondenza dell'attuale Viale di Valle Aurelia); b) Stralcio della Carta dell'acclività in trasparenza su Ortofoto GN. Le zone più acclivi sono rappresentate con tonalità più scure. In rosso i siti presenti nell'Inventario, con relativo codice. Da notare che i siti in frana ricadono sulle zone più acclivi (quasi tutte sono scarpate di cava abbandonate) mentre le zone immediatamente a valle sono occupate da un tessuto edilizio ad alta densità insediativa. – a) Sketch of the ISPRA-DEM showing the Valle dell'Inferno nowadays. Note the presence of a hill across the valley, which isolates an upstream "basin" (in correspondence with Viale di Valle Aurelia); b) Sketch of the slope map in transparency on GN-Orthophotos. The steeper areas are represented by darker shades. Red points: landslides (with their Inventory code). Note that the landslides fall on steeper areas (nearly all are abandoned quarry fronts) and the areas immediately downstream are occupied by a very dense urbanization.

5x5m, utilizzando l'algoritmo di calcolo ANUDEM (HUTCHINSON & GALLANT, 2000; HUTCHINSON, 2011). Considerando la stessa area e lo stesso passo è stato realizzato un altro modello digitale del terreno su dati vettoriali in scala 1:2000 (COMUNE DI ROMA, 2003). Attraverso operazioni di *map algebra* tra i due DEM, è stata ottenuta una carta delle isovariazioni di quota e quindi delle zone interessate da sbancamenti o da riporti (fig. 14).

Per quel che riguarda i volumi si sono calcolati per l'area di interesse circa 6×10^6 m³ di materiale sbancato e circa 2×10^6 m³ di riporti.

In figura 14 b si può vedere un ingrandimento dell'area tra la Valle dell'Inferno e la Valle del Fosso della Balduina, interessata da ingenti sbancamenti.

Si registra spesso una certa perplessità tra gli addetti ai lavori nell'utilizzare cartografie che non siano native in formato digitale e in sistema di riferimento diversi dal UTM-WGS84. Certamente

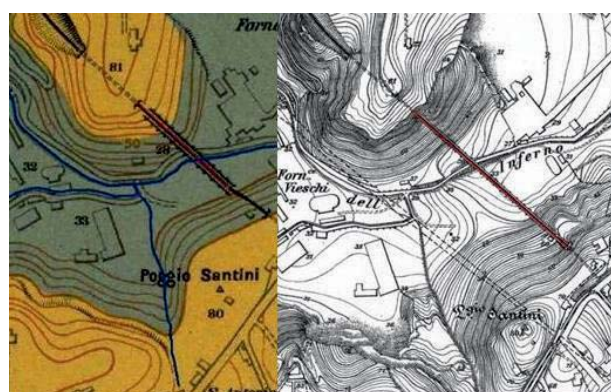


Fig. 16 – Confronto tra due carte storiche, in corrispondenza del vecchio ponte della ferrovia Roma – Viterbo sulla Valle dell'Inferno (linea rossa). Nonostante la differente scala di rappresentazione, si possono fare alcune osservazioni. In particolare si nota sulla carta del 1924 (a destra) la scomparsa degli impluvi (in blu nella carta del 1915) e la presenza di nuovi rilievi morfologici, immediatamente a SO del ponte e ad ovest di Poggio Santini, formati per accumulo di residui di cava (ridisegnato, da VERRI, 1915; IGM, 1924). – Comparison between two historical maps, at the old railway bridge Roma-Viterbo on the (red line). Despite the different scale of representation, you can note the disappearance of the rivers (in blue on the left map) and, on the other hand, the presence of new morphological reliefs (on the right map), one just SW of the bridge and another one at west of Poggio Santini. They were formed by accumulation of quarry debris (modified, VERRI, 1915; IGM, 1924).



Fig. 17 – Costruzione della “Via Olimpica”, nel tratto di attraversamento della Valle dell’Inferno che prenderà il nome di Via Anastasio II (1959, foto di: C. Riccardi).
 - Construction of the “Olympic Avenue”, in the section crossing the which will be called Via Anastasio II (1959, C. Riccardi).

Per quel che riguarda la cartografia storica, questo è dovuto alle metodologie di rilevamento topografico utilizzate, all'utilizzo di un sistema di riferimento e di una proiezione diversi da quelli che si utilizzano attualmente, all'acquisizione digitale dell'originale (in formato cartaceo), agli errori dovuti alla georeferen-

ziazione del *file* raster (impossibilità di trovare per l'area di studio un *set* di punti omologhi spazialmente ben distribuiti), all'errore introdotto dall'operatore nella digitalizzazione delle isoipse, nonché alle interpolazioni generate in automatico dall'algoritmo di calcolo nella creazione del DEM.

3.5. - SINTESI DEI DISSESTI DELL'AREA

In figura 15 b sono riportati, in forma puntuale, i siti all'interno dell'area di studio, tra quelli presenti nell'Inventario delle frane del territorio di Roma Capitale. Per ogni sito si sono succeduti vari eventi negli ultimi 50 anni, alternati tra frane superficiali e scivolamenti veri e propri, sebbene di volumi contenuti.

Il sito più significativo è il P137 (Via Labriola e Via S. Tommaso d'Aquino) l'unico classificato R4 nel PAI dell'AdB del Tevere. L'evento più importante che lo ha riguardato è stato quello del 14 marzo 1960. Circa 700 m³ di terra finì contro due palazzi, provocando l'evacuazione di 60 persone e l'intervento dei VV.F. per la rimozione dei materiali che ostruivano l'accesso alle abitazioni (IL PAESE SERA, 1960). Successivamente sono stati realizzati vari interventi sul versante. Questi non hanno evitato il ripetersi di vari eventi, in particolare nel 1998 e nel 2008 (fig. 18). Si è trattato di scivolamenti roto-traslazionali con evoluzione in colata. A questi eventi maggiori si sono alternati negli anni fenomeni minori di soil-slip e sul versante verso Via S. Tommaso d'Aquino (verso est) anche di crolli in terra. La pendenza di quest'ultimo versante è di 55 gradi nel tratto sommitale, su un dislivello complessivo di circa 40 m. Per quanto riguarda gli altri siti, sono stati interessati soprattutto da scivolamenti superficiali che hanno coinvolto poche decine di m³ di materiale.



Fig. 18 – Via Labriola, fase post-disgaggio dell'evento franoso del dicembre 2008 (F137 in figura 15 b).

– Via Labriola, barring post-event landslide of December 2008 (F137 in figure 15 b).

Per gli eventi principali, in particolare quelli del 1960 e del 2008, è dimostrato che la causa scatenante sia stata un afflusso meteorico consistente (AMANTI *et alii*, 2008). Di interesse qualche riflessione sulle cause predisponenti. Come già detto la bassa valle del Tevere e le valli degli affluenti secondari hanno subito un notevole abbassamento del livello di base conseguentemente all'ultima glaciazione, fenomeno che ha determinato un'accelerazione dei fenomeni erosivi. I versanti si sono modellati proprio in conseguenza di questa fase di incisione dei relativi corsi d'acqua. La successiva risalita del livello di base ha prodotto una fase di deposizione nei fondovalle, come si può notare dalla brusca variazione di pendenza nel profilo topografico. È ragionevole credere che i versanti che delimitano Monte Mario, Monte Ciocchi, Monte Vaticano e in generale tutta la Valle dell'Inferno non avessero raggiunto un profilo di equilibrio durante l'Olocene. È altrettanto ragionevole però credere che l'attività praticamente ininterrotta di escavazione delle argille abbia aggravato non poco la stabilità dei pendii. Questo non solo ovviamente per l'aumento del gradiente di pendio, ma anche perché all'abbandono dell'attività di cava non è seguita una riprofilatura del versante unita ad interventi per la formazione e il mantenimento del suolo. Da notare che il versante sud di Monte Ciocchi, al contrario del versante sud di Monte Mario (Via Labriola) presenta in affioramento vari termini della successione locale (fig. 4). Diversi sono i fenomeni franosi che si sono succeduti anche su questo versante negli ultimi 30 anni (CATENACCI, 1992). L'evento del 2008 ha dimostrato come i recenti interventi alla base del versante, a margine della realizzazione di parcheggi sotterranei, non possono considerarsi risolutivi (fig. 19 a).

Per concludere, bisogna ricordare come l'aumentata pericolosità per instabilità dei versanti di Monte Mario e di Monte Ciocchi sia stata fatta seguire da un aumento del valore esposto dell'area ai piedi dei versanti stessi, oggetto negli anni '50 – '70 di uno sviluppo urbanistico ad alta densità insediativa (figg. 15b, 18).

Interessante il caso di una voragine 5 m x 3 m, profonda 12 m (sic), che si è aperta il 19 marzo



Fig. 19 – a) Versante su Via P. De Cristofaro, a SE di Villa Ciocci, interessato da un soil-slip nel dicembre 2008 (F237 in figura 15 b); b) Foto aerea sopra Piazza San Pietro e i Palazzi Vaticani. Sullo sfondo la strada che dalla Valle dell'Inferno saliva a Villa Ciocci (cerchio blu), isolata tra le cave di argilla (1908, foto di: F. Spicciarello); c) Villa Ciocci (2012).

– a) *Slope of Via P. De Cristofaro, SE Villa Ciocci, affected by a soil-slip in December 2008 (F237 in figure 15 b); b) Aerial photograph above S. Peter's Square and Vatican Palaces. In the background it's possible to see a street rising from the to Villa Ciocci (blue circle), isolated among clay pits (1908, F. Spicciarello); c) Villa Ciocci (2012).*

2010 in Via Anastasio II (fig. 20). Lo sprofondamento, di tipo *anthropogenic sinkhole* (NISIO, 2008), ha avuto come causa scatenante la rottura di una fognatura. Da quanto emerso nel Par. 3.3 è possibile fare delle considerazioni sulle cause predisponenti. Il dissesto si è verificato sul rilevato stradale della “Via Olimpica” (circa 6 m di altezza), costruito sopra terreni di riporto che in questo punto hanno uno spessore di circa 10 m (VENTRIGLIA, 1971) e che a loro volta ricoprono un antico impluvio (fig. 16). Questi terreni, come già visto nel par. 2.1, hanno caratteristiche granulometriche molto simili ai termini contigui in quanto per lo più derivanti da residui di cava (formazione di Monte Vaticano e successive) ma con diverse caratteristiche geotecniche, per quel che riguarda in particolare la coesione e la permeabilità. Essi sono infatti sede di circolazione idrica anche nei termini più fini. Attualmente, in corrispondenza del punto



Fig. 20 – Voragine profonda 12 m, apertasi il 19 marzo 2010, Via Anastasio II (Fonte: la Repubblica).

– *12 m deep anthropogenic sinkhole, which opened March 19 2010, Via Anastasio II (source: la Repubblica.it).*

in cui la vallecchia in oggetto incontrava il Fosso della Valle dell'Inferno, passa la linea della metropolitana, la quale può aver esercitato un drenaggio preferenziale (2). Da questi elementi emerge la vulnerabilità dell'area. In casi come questo la rottura del sottoservizio, che va ovviamente riparato nel più breve tempo possibile, dovrebbe essere seguito da una fase conoscitiva per indagare tutte le ulteriori possibili cause predisponenti, in modo da attuare interventi che siano davvero efficaci nella mitigazione del rischio, e quindi, nel lungo periodo, anche "economici".

4. - CASO DI STUDIO N. 2: LA VALLE DELL'ALMONE

Questo capitolo ha come oggetto la bassa Valle dell'Almone e le trasformazioni morfologiche avvenute nell'area (fig. 3).

4.1. - INQUADRAMENTO GEO-LITOLOGICO

L'area di studio è sita immediatamente a sud del centro storico di Roma, in sinistra idrografica del fiume Tevere.

La "formazione di Monte Vaticano", che anche qui costituisce il *bedrock* delle formazioni, non è presente in affioramento (cfr. par. 3.1). La successione locale è costituita da vulcaniti quaternarie, prodotte prevalentemente dal Vulcano Laziale (Colli Albani) e in parte dal Distretto Vulcanico Sabatino, e da unità sedimentarie costituite in prevalenza da vulcaniti rimaneggiate. Esse si succedono in giacitura sub-orizzontale, con importanti eteropie laterali dovute alle diverse facies vulcaniche e/o al riempimento di paleo-morfologie.

In prima approssimazione si può descrivere la successione vulcanica come un'alternanza di termini litoidi (tufi *s.l.*) e di termini incoerenti (pozzolane *s.l.*). I termini litoidi presentano di solito una fratturazione sia primaria che secondaria tale da renderli idonei ad ospitare falde sospese. Laddove il grado di fratturazione non è molto alto, i tufi sono stati oggetto fin dall'antichità di estrazione per ricavarne blocchetti per costruzione (fig. 21 b). I termini pozzolanacei invece hanno una permeabilità generalmente bassa o molto bassa a causa della matrice fine. Numerose emergenze di acque mineralizzate sono presenti lungo i versanti della bassa valle dell'Almone, all'interno del *Parco regionale dell'Appia antica*, proposte nel loro complesso come geosito "Sor-

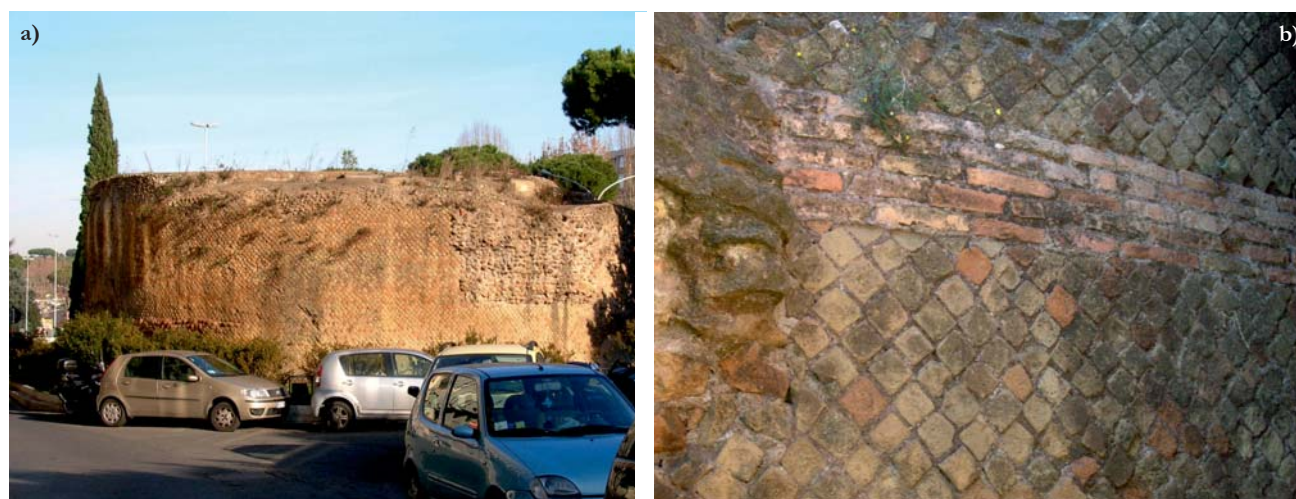


Fig. 21 – a) Cisterna romana per la raccolta delle acque di una vicina sorgente (II-IV sec. d.C.), scoperta durante gli sbancamenti per la costruzione della Via Cristoforo Colombo; b) Particolare della muratura esterna della cisterna romana in *opus mixtum*, con alternanza di blocchetti di tufo e laterizi (RAMIERI, 1992).
– a) Ancient Roman cistern for water collection from a nearby spring (II-IV century AD), discovered during the excavations for the construction of Via Cristoforo Colombo; b) Detail of the outer walls of the ancient Roman cistern made in "opus mixtum", alternating tuff blocks and bricks (RAMIERI, 1992).

(2) Il prolungamento della linea A della metropolitana di Roma, dalla stazione Ottaviano all'attuale capolinea Battistini, che interferisce in parte con l'area di studio, fu inaugurato nel 2000.

genti della Caffarella” (ARNOLDUS-HUYZENDVELD *et alii*, 1997; VENTRIGLIA, 1990).

Come già detto nel par. 3, un’ottima sintesi delle conoscenze acquisite sulla litostratigrafia e sull’assetto geologico dell’area romana è riportata nelle Note illustrative della *Carta geologica del Comune di Roma* (FUNICIELLO & GIORDANO, 2008; FUNICIELLO *et alii*, 2008), a cui si rimanda per ulteriori approfondimenti. In tabella 3 si riporta, dal basso verso l’alto, la successione litostratigrafica dell’area di studio così come riportata nella carta citata.

Tab. 3 - *Successione litostratigrafica dell’area di studio* (FUNICIELLO *et alii*, 2008).

– Lithostratigraphic sequence of the study area (FUNICIELLO *et alii*, 2008).

Nome formazione	Sigla	Età
Deposito Antropico	h	Olocene
Deposito Alluvionale	SFT	Pleistocene sup. p.p.-Olocene
Unità di Saccopastore	SKP	Pleistocene superiore p.p.
Formazione di Villa Senni / Pozzolanelle	VSN ₂	Pleistocene medio p.p.
Tufi stratificati varicolori di La Storta	LTT	
Pozzolane rosse	RED	
Tufi stratificati varicolori di Sacrofano	SKF	
Unità del Palatino	PTI	
Unità di Tor de’ Cenci	TDC	
Formazione di S. Cecilia	CIL	Pliocene sup. p.p. – inf. p.p.
Formazione di Monte Vaticano	MVA	

Chiude la successione locale la “formazione del Deposito Alluvionale del fiume Tevere e dei suoi affluenti”, l’unica di interesse ai fini del presente caso di studio. È costituita da depositi siltoso-sabbiosi e siltoso-argillosi, alternati a livelli di torbe, con alla base frequenti livelli ghiaiosi e sabbiosi. Questi sono stati deposti tra il Pleistocene superiore e l’Olocene, per progressivo riempimento del reticolo fluviale wurmiano con sedimenti fluviali e colluviali correlati all’innalzamento del livello marino. Essi affiorano abbondantemente in tutta la bassa valle dell’Almone, poggianti direttamente sulla formazione di Monte Vaticano nella parte

centrale della vallata. In seguito viene proposta una descrizione sintetica della successione locale, all’altezza della confluenza con la Valle del Tevere (DUCCI & MANFREDINI, 1957; I.M. INTERMETRO S.p.A., 1985; CAMPOLUNGH *et alii*, 2008).

Sopra le argille della formazione di Monte Vaticano seguono, dal basso verso l’alto, le seguenti unità litologiche: ghiaie, argille limose organiche, sabbie limose, argille limose organiche, limi argillosi, alluvioni storiche. Queste ultime sono caratterizzate da una granulometria sabbioso-ghiaiosa e ospitano livelli di interesse archeologico (ROSA, 2004). I maggiori spessori sono costituiti dalle argille limose organiche, costituite da argille, limi e limi argillosi, saturi, di colore grigio-scuro, ricchi in torba. Sono caratterizzati da una densità molto bassa, elevata plasticità, bassa resistenza al taglio ed elevata compressibilità, in analogia ai corrispondenti depositi che si trovano nella contigua Valle del Fosso di Grotta Perfetta (GIORDANO *et alii*, 2004; CAMPOLUNGH & LANZINI, 2009).

Lungo i fianchi della valle si ritrovano sedimenti a granulometria grossolana, soprattutto frammenti di tufo e pozzolane rimaneggiate, ascrivibili a detriti di versante. Lo spessore massimo delle alluvioni è di circa 30 m. Pleistocene superiore *p.p.* – Olocene.

Il “Deposito Antropico” costituito da depositi eterogenei di riporto, pur non essendo cartografato in questa zona nel F. 374 “Roma”, è presente localmente con spessori cospicui (10-15 m). Nell’area di studio (all’incrocio tra la Via Cristoforo Colombo e la Circonvallazione Ostiense) è costituito da un deposito caotico, incoerente, formato da elementi vulcano-clastici e frammenti di laterizi, immersi in una scarsa matrice limosa (BONASSO *et alii*, 1991).

4.2. - EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA E URBANA

La Valle dell’Almone è la valle di un affluente del fiume Tevere, secondo per portata, dopo il fiume Aniene, tra gli affluenti di sinistra all’interno della città di Roma (fig. 22). L’Almone, sacro ai Romani, lungo il quale vi avevano costruito varie residenze patrizie e templi, ha cambiato nel corso dei secoli vari nomi tra cui Marrana della Caffarella, Marrana dell’Acquataccio e Fosso dello Statuario.

Il corso d’acqua ha una lunghezza di 21 km



a



b



c



d



e



f

Fig. 22 – Fiume Almone: a) presso l'Ippodromo delle Capannelle; b) nei pressi della Fonte dell'Acqua Santa; c) all'interno del Parco della Caffarella; d) dalla Via Appia Antica; e) inizio del tratto tombinato all'interno del Parco Scott, nei pressi di Via Cristoforo Colombo; f) foto storica del ponte della Via Ostiense sull'Almone, poco prima della confluenza nel Tevere (figg. 22a-e: 2012; fig. 22f: 1874?, QUILLICI, 1996).

– Almone river: a) at the Capannelle Hippodrome; b) close to the Acqua Santa Spring; c) in the Caffarella Park; d) under Via Appia Antica; e) beginning of the underground artificial channel, in the middle of Scott Park, close to Via Cristoforo Colombo; f) historical photograph of the bridge of Via Ostiense on Almone river, just before the confluence with the Tiber river (figg. 22a-e: 2012; fig. 22f: 1874?, QUILLICI, 1996).

circa, e un bacino di 54 km². Nasce alle pendici dei Colli Albani, attraversa in direzione N-S il *plateau* vulcanico Ciampino-Capannelle per poi approfondirsi nella Valle della Caffarella e deviare nell'ultimo tratto in direzione E-W, immediatamente a sud delle Mura Aureliane, per confluire nel Tevere nei pressi della Via Ostiense (zona ex Gazometro).

Le portate massime, stimate negli anni '60, variano tra 300 e 390 m³/s, con tempi di ritorno tra 20 e 100 anni (CAMPOLUNGH *et alii*, 2008). Oggi le portate medie sono diminuite a causa soprattutto dell'impermeabilizzazione dei suoli urbani. Il giorno 01/07/1981 è stata effettuata una misura in alveo nei pressi del ponte sulla via Appia Antica che ha registrato una portata di magra di 396 l/s (CAPELLI *et alii*, 2008). Esso conta ancora comunque sul contributo di numerose piccole sorgenti distribuite lungo tutta la valle.

La genesi, come già visto per la Valle dell'Inferno, è legata principalmente all'ultima fase glaciale wurmana in cui il livello di base locale si approfondì fino a -120 m rispetto all'attuale, provocando in tutta la bassa valle del Tevere e dei suoi affluenti una fase erosiva. La successiva risalita del livello di base ha prodotto la deposizione di notevoli spessori di sedimenti nella bassa Valle dell'Almone, fenomeno in parte condizionato anche dalle ultime fasi dell'attività del Vulcano Laziale (FUNICIELLO *et alii*, 2008).

Quest'area, così come il centro storico, è caratterizzata da "colli" con superfici strutturali alla sommità, debolmente inclinate, e versanti acclivi che si raccordano bruscamente con la piana alluvionale dell'Almone e del Tevere. Il corso d'acqua durante l'olocene ha avuto una scarsa capacità erosiva nel suo tratto terminale, in funzione soprattutto della debole pendenza del profilo longitudinale. Ne sono prova anche i vari livelli di argille organiche e torba, testimoni di fasi di ristagno delle acque. Si può ipotizzare inoltre che i fenomeni sui versanti dovuti al dilavamento, al ruscellamento concentrato e alla gravità, siano stati meno intensi rispetto alla Valle dell'Inferno, a causa della minore energia di rilievo e dell'affioramento di litotipi a maggior competenza. Questi ultimi, costituiti soprattutto da vulcaniti, sono stati nel corso dei secoli cavati in sotterraneo con la tecnica delle "camere e pilastri", per ricavare materiale da costruzione (FEDERICO & SCREPANTI, 2002).

L'estrazione ha riguardato sia i termini più litoidi (tufi s.l.) con cui fare blocchetti (fig. 21b), sia i termini più sciolti (pozzolane s.l.) per ricavare, insieme alla calce idrata, la malta idraulica. Nell'area di studio è prevalsa l'estrazione delle pozzolane in quanto i termini più litoidi risultano fortemente fratturati (GISOTTI, 1997).

Alcuni di questi reticoli sotterranei furono poi, sempre in tempi storici, trasformati in luoghi di culto e/o di sepoltura, a loro volta evoluti ulteriormente, in alcuni casi su più livelli di gallerie. L'estrazione in sotterraneo è proceduta nel corso dei secoli fino al XX sec. Attualmente alcune di queste gallerie artificiali sono sfruttate come fungaie. Le condizioni di stabilità sono spesso precarie, determinando crolli che a volte arrivano ad interessare la superficie topografica con sprofondamenti di tipo *sinkholes*. Nello stralcio di cartografia di figura 23 si possono vedere chiaramente



Fig. 23 – Stralcio topografico di un settore della bassa Valle dell'Almone. Sono presenti numerose forme "pseudo-carsiche", che costituiscono l'espressione superficiale di fenomeni di sprofondamento (*sinkhole*) legati al crollo di cavità antropiche sotterranee. L'evoluzione del fenomeno può arrivare ad interessare i versanti determinando il crollo di blocchi (cerchio rosso) (modificato, da IGM, 1924).

- Topographic sketch showing a sector of the lower . Many depressions, shaped like karstic forms, are visible. These landforms represent the superficial expression of sinkholes, caused by the collapse of underground quarries or catacombs. The evolution of the phenomenon can cause rock falls on slopes (red circle) (modified, IGM, 1924).

numerose depressioni di forma irregolare, a luoghi anastomizzate, morfologicamente simili alle forme carsiche (i cosiddetti *sfornellamenti*), che costituiscono l'espressione superficiale di fenomeni di sprofondamento (*sinkhole*) legati al crollo di cavità antropiche sotterranee. L'evoluzione di questi fenomeni ipogei può arrivare ad interessare i versanti più acclivi, come si può vedere nella figura suddetta, provocando vere e proprie frane di crollo sui versanti.

Anche la valle dell'Almone, così come quelle di altri affluenti in area romana, ha risentito fortemente della dinamica del fiume Tevere, che ha contribuito ad alzare il livello di base per tutto l'olocene in occasione dei numerosi eventi alluvionali, depositando notevoli spessori di sedimenti nell'area della confluenza. Nel corso dei secoli l'Almone ha subito numerose deviazioni, alimentando vari canali di irrigazione. L'ultimo tratto del corso d'acqua è stato tombinato negli anni '30 per la creazione del rilevato stradale di Via Cristoforo Colombo (fig. 22e), e attualmente finisce nel collettore fognario che passa sotto la Via Ostiense, poco prima dell'antico reca-

pito nel Tevere. La Via Cristoforo Colombo, detta dai Romani "La Colombo", fu progettata nel 1937 per collegare il centro della città con la periferia sud (zona EUR) e da lì fino al litorale di Ostia (3). Per attenuare le pendenze in modo da farne una via a veloce scorrimento, furono realizzati degli sbancamenti e soprattutto messi in posto notevoli spessori di terreno di riporto (fig. 24). Per attraversare la Valle dell'Almone fu realizzato, insieme ad un cavalcaferrovia, un rilevato stradale alto fino a 15 m. In figura 25 si può notare il rilievo trasversale alla valle, che ne interrompe il naturale andamento morfologico, in analogia al precedente caso all'interno della Valle dell'Inferno. Più a valle, allo sbocco nella valle del Tevere, era già stato realizzato un altro rilevato per la ferrovia Roma – Lido, anch'esso trasversale alla valle, sebbene di dimensioni assai più ridotte. Nei primi anni '60 la bassa valle tra le due citate infrastrutture è stata interessata dall'accumulo di altri spessori di riporti, al fine di attenuare le differenze di quota e livellare tutta l'area, predisponendola alla successiva urbanizzazione lungo l'asse principale costituito dalla Circonvallazione Ostiense.

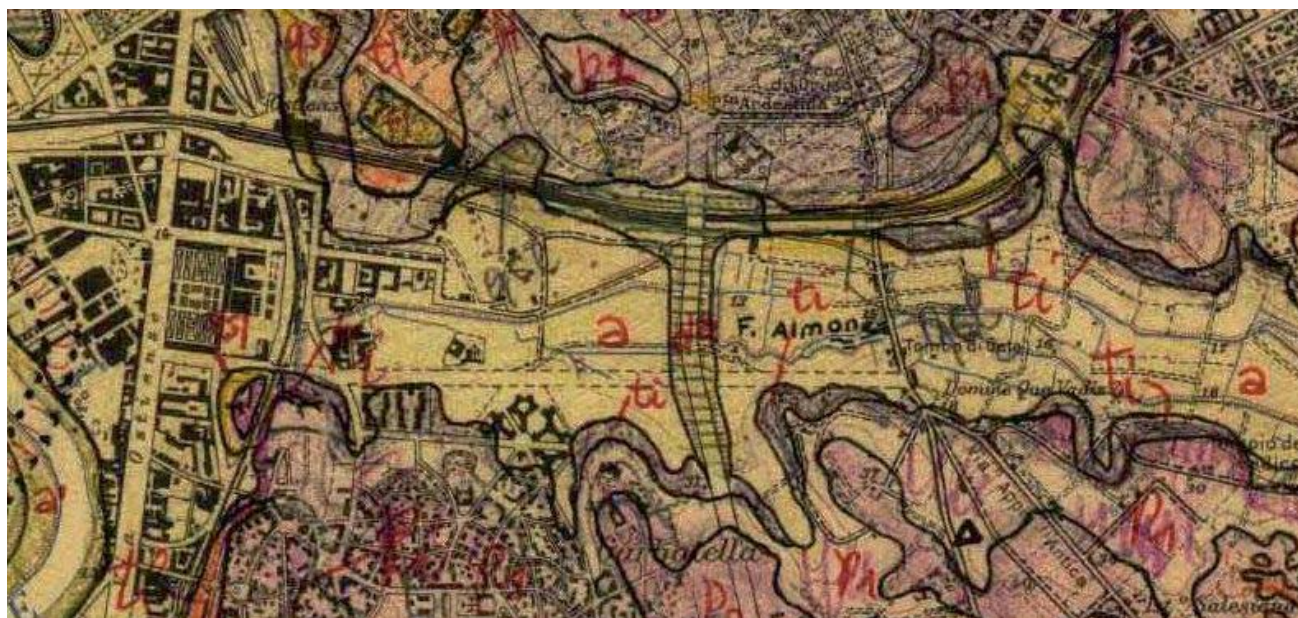


Fig. 24 – Stralcio dell'Originale di autore di A.G. SEGRE in scala 1:25.000, rilevamenti 1958-59 per la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000. Da notare come l'autore aveva cartografato il rilevato stradale, costituito da terreni di riporto, trasversale alla Valle dell'Almone (APAT - Servizio Geologico d'Italia, 2002).
- Geological sketch at scale 1:25,000 showing 1958-59 original surveys by A.G. SEGRE for the Geological Map of Italy. Note the big road embankment crossing the Almone Valley made of backfill (APAT - Geological Survey of Italy, 2002).

(3) In origine la strada era stata progettata per collegare la città con la sede dell'Esposizione Universale di Roma del '42, la quale non fu mai realizzata a causa della guerra. Attualmente è una strada a 5 corsie per senso di marcia, importante asse per la circolazione stradale tra il centro e la periferia sud.

4.3. - IL BILANCIO DEI MATERIALI

Ai fini del presente studio sono state analizzate alcune cartografie storiche, attraverso cui è stata effettuata una stima dei cambiamenti morfologici, avvenuti nell'ultimo secolo, del tratto finale della Valle dell'Almone. Tra le cartografie storiche consultate, è stata scelta la base topografica della Carta del Verri (VERRI, 1915) (fig. 26), in quanto rilevata ad una scala di dettaglio (1:15.000) e pubblicata nel 1915, data in cui dovevano ancora avvenire in quest'area le trasformazioni dovute all'urbanizzazione.

Le operazioni effettuate in ambiente GIS sono del tutto analoghe a quelle effettuate per il caso di studio n.1. Per i dettagli si rimanda al paragrafo 3.4. È stata ottenuta una carta con le zone che sono state interessate da sbancamenti o da riporti e una carta delle iso-variazioni di quota.

Per quel che riguarda i volumi si sono calcolati, su un'area di 1,5 km² (box rosso in figura 27), circa 2x10⁶ m³ di materiali sbancati e 6x10⁶ m³ di riporti.

Nelle figure 27 e 28 si possono osservare i notevoli spessori di riporti accumulati nella Valle dell'Almone successivamente al 1915, tra la Via Cristoforo Colombo e la Circonvallazione Ostiense.

4.4. - DISCUSSIONE SU UN EVENTO "MINORE"

Una fase di validazione dei dati dell'Inventario è consistita nell'operazione di *overlay mapping* sulla carta dell'acclività e sulla conseguente analisi critica degli eventi, classificati come 'franosì' che ricadono su zone a più bassa acclività (<10°). Questa fase, ancora in corso, sta facendo emergere alcuni casi che meritano ulteriori approfondimenti. Per alcuni si sono scoperti semplici sbagli di localizzazione. In altri casi, laddove la fonte originaria riporta un generico 'crollo', si suppone si tratti di sprofondamenti di cavità antropiche, dissesto molto diffuso nella città di Roma. In molti altri casi invece si tratta di dissesti non più attivi, in zone in cui l'urbanizzazione ha prodotto notevoli trasformazioni morfologiche nel territorio.

L'esempio qui presentato è uno di questi. L'interesse deriva in primo luogo dall'evidente analogia con il primo caso di studio. Si ritiene inoltre che il caso, prestandosi a possibili generalizzazioni, possa essere di interesse per problematiche analoghe in aree di nuovo sviluppo urbanistico.

Nella figura 26 si può osservare come si presentava la bassa Valle dell'Almone all'inizio del

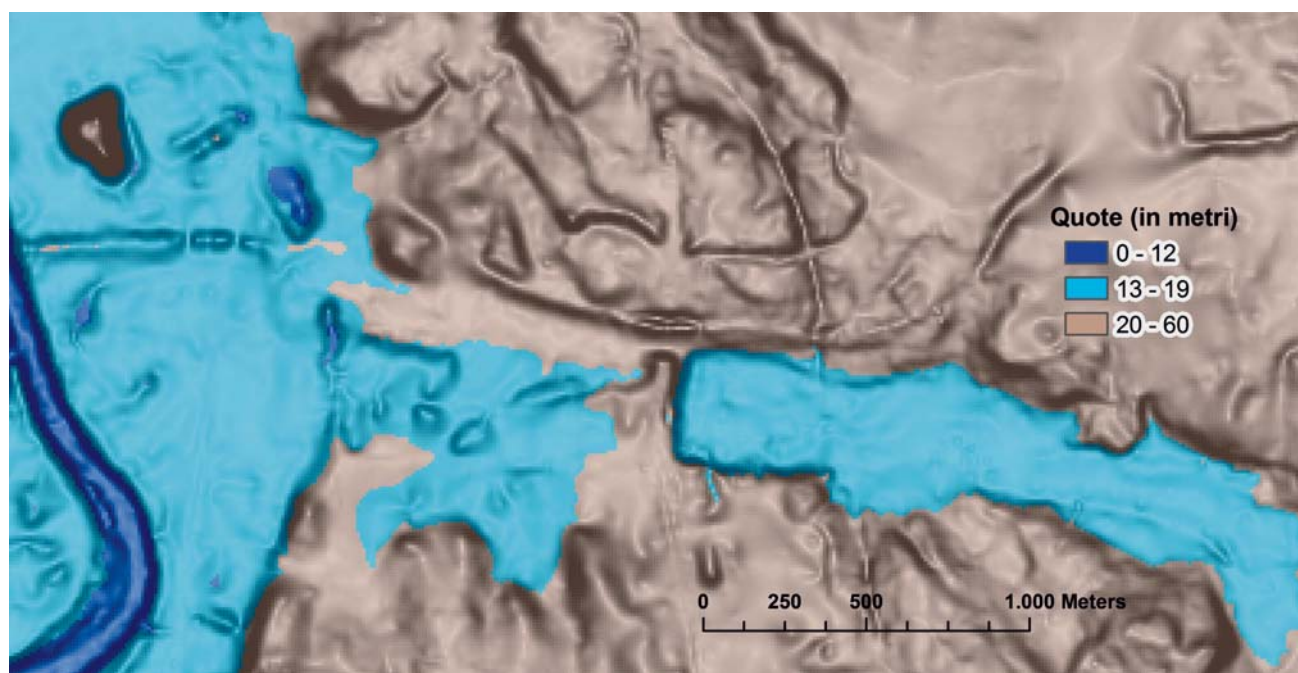


Fig. 25 – Stralcio del DEM-ISPRA, centrato sulla bassa Valle dell'Almone. Da notare la presenza di un rilievo morfologico trasversale alla valle, che isola a monte un "bacino" (in corrispondenza dell'attuale Parco della Caffarella), analogamente al caso di studio n.1.

– Sketch of the ISPRA-DEM showing the Almone Valley nowadays. Note the presence of a hill across the valley, which isolates an upstream "basin" (in correspondence of Caffarella Park), same as the case study number 1.

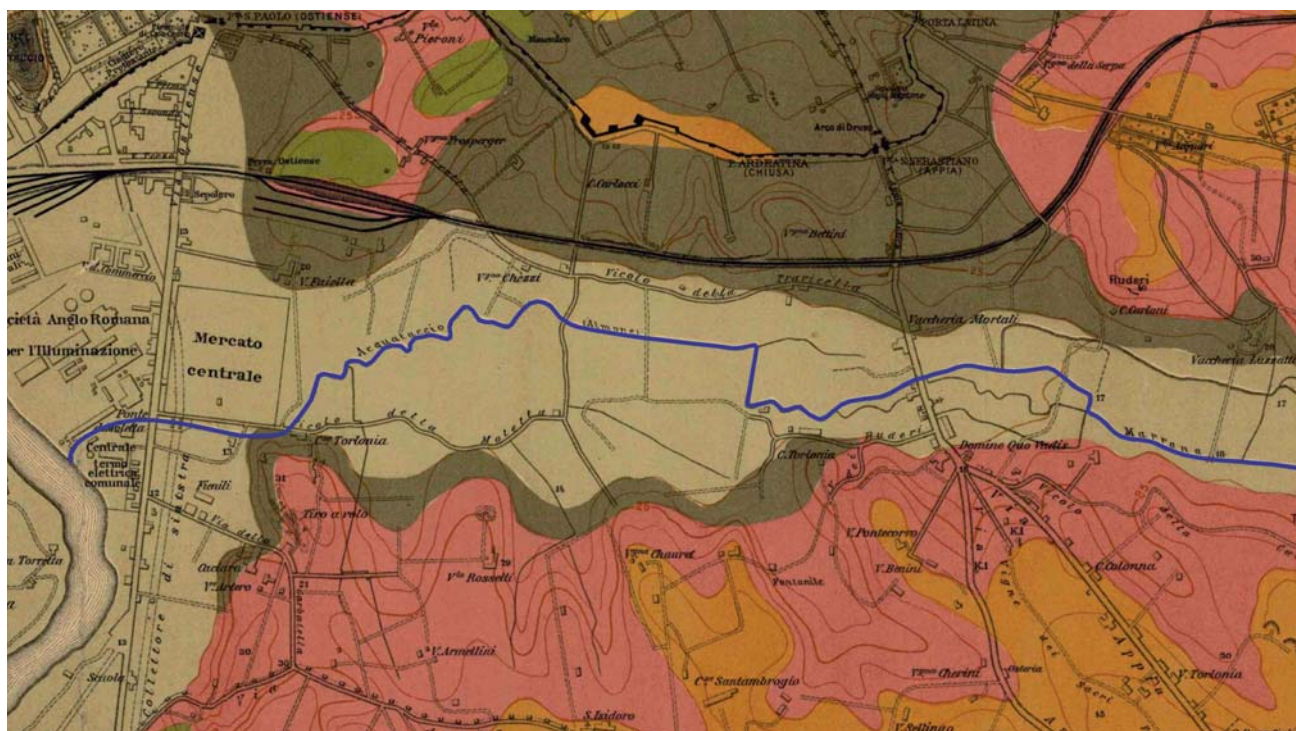


Fig. 26 – Stralcio della “Carta geologica di Roma”, con evidenziato in blu il corso terminale dell’Almone, con la relativa confluenza nel Tevere. Il colore più chiaro rappresenta le alluvioni recenti del Tevere e dei suoi affluenti e dà un’indicazione della paleo-morfologia depressa rispetto ai colli circostanti (modificato, da VERRI, 1915).

– Geological sketch showing the lower Almone Valley. The course of the river at that time is redrawn in blue. The lighter color on the map represents the recent alluvial deposits of the Tiber river and its tributaries, set down on the lowest areas (modified, VERRI, 1915).

’900, con il corso d’acqua che arrivava alla confluenza naturale con il Tevere. In seguito quest’area fu interessata da notevoli trasformazioni, che possiamo riassumere nel seguente modo:

1) 1937 - tombinatura del corso d’acqua e realizzazione del rilevato stradale della Via Cristoforo Colombo;

2) anni ’50 e ’60 – accumulo di notevoli volumi di materiale di riporto ad ovest del rilevato stradale, sopra i quali fu realizzata un’altra importante via di comunicazione, trasversale alla Colombo, chiamata Circonvallazione Ostiense;

3) anni ’60 - espansione urbanistica ad alta densità insediativa.

In figura 28 viene riportata una rappresentazione schematica delle suddette fasi. Il 21 gennaio 1967 si verificò uno sprofondamento nel cantiere per la costruzione del palazzo del Credito Fondiario Sardo lungo la Circonvallazione Ostiense (fig. 29 a). Il fronte di un centinaio di metri arrivò a lambire la Via Cristoforo Colombo. Il movimento, iniziato con un cedimento rapido di 40 cm nella parte centrale, è proceduto poi lentamente fino ad arri-

vare dopo alcune ore a molti metri di profondità. Il fenomeno, oltre a provocare notevoli danni nel cantiere, interferì con un traliccio dell’alta tensione posto al centro della Circonvallazione Ostiense, provocando la chiusura dell’importante arteria cittadina.

La qualità delle fonti non permette di ricostruire la fenomenologia in tutti i suoi dettagli (IL PAESE SERA, IL MESSAGGERO, IL TEMPO, 1967). È possibile però a posteriori fare alcune considerazioni. Come prima cosa si può escludere con certezza che il fenomeno sia analogo ai *sinkhole*, molto diffusi nella zona, legati alla presenza di antiche cave in sottoterraneo.

L’area in esame è caratterizzata dall’affioramento di terreni alluvionali recenti, che presentano spiccate caratteristiche di sotto-consolidazione con conseguenti fenomeni di subsidenza (fig. 30). I livelli torbosi all’interno delle alluvioni, che qui sono presenti anche nella parte più superficiale, sono caratterizzati da una densità molto bassa, elevata plasticità, bassa resistenza al taglio ed elevata compressibilità (cfr. par. 4.1). Su questi terreni è

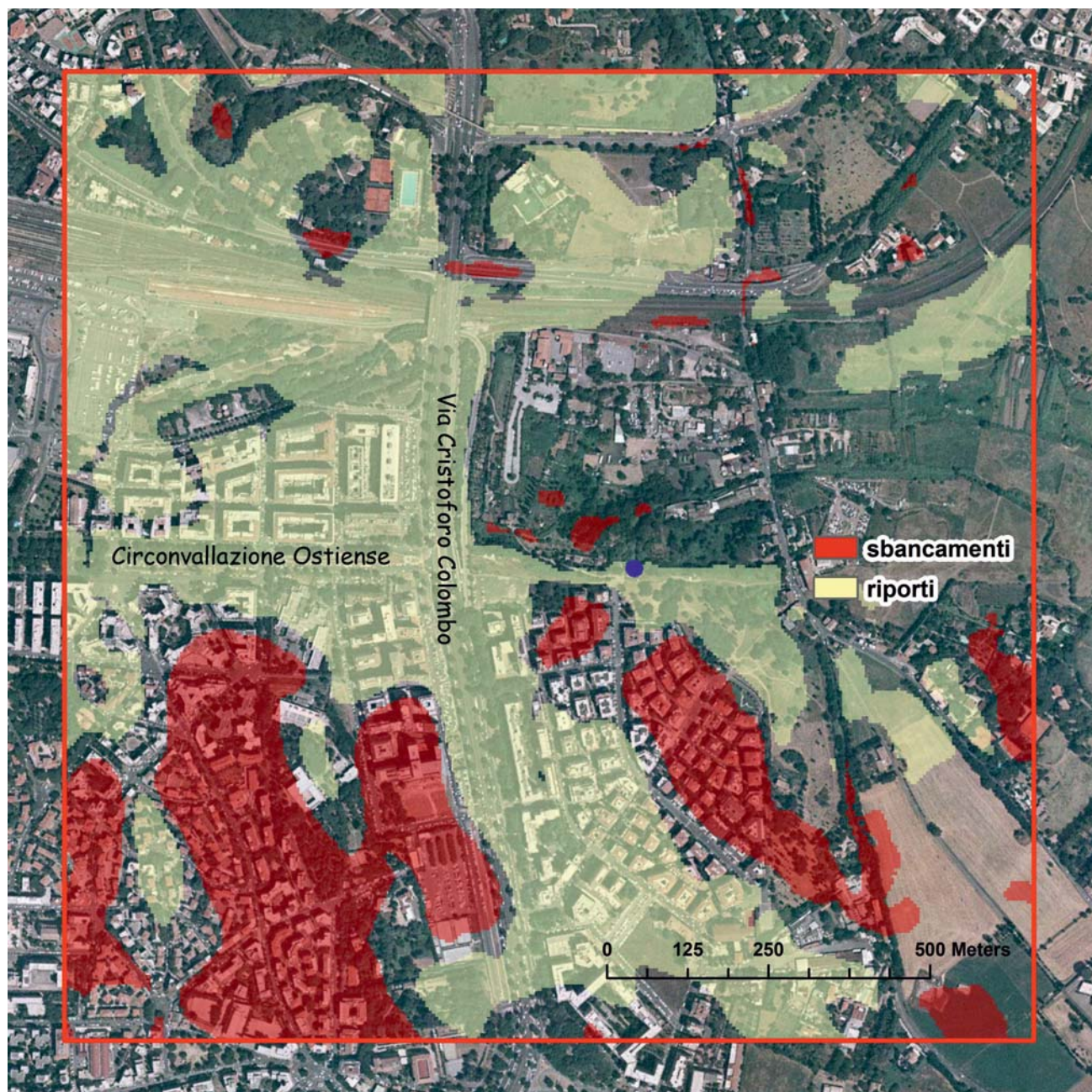


Fig. 27 – Carta tematica ottenuta per differenza, in ambiente GIS, tra il DEM-ISPRA e il DEM costruito su dati storici (vedi testo). In rosso le zone oggetto di sbancamenti. In giallo le zone con accumuli di riporti. Sono state escluse le aree con valori assoluti di differenza $< 2\text{m}$. Evidenziato (in blu) il punto in cui inizia il tratto tombinato del fiume Almone (fig. 22e) (in trasparenza su Ortofoto GN).

- Thematic map showing the areas in which diggings (in red) or accumulation of backfill (in yellow) are known. The map was obtained by difference, in a GIS environment, between the ISPRA-DEM and the DEM built on historical data (see text). The end of Almone river (blue point) is highlighted (transparency on GN-Orthophotos).

stato costruito alla fine degli anni '30 il rilevato stradale, che ha provocato con il suo sovraccarico un processo di consolidazione, che ha evidentemente interessato anche le aree contigue.

Successivamente sono stati accumulati notevoli spessori di terreno di riporto (VENTRIGLIA, 1971). Su questi si è realizzato un “tessuto di espansione novecentesca a tipologia edilizia definita e ad alta densità in-

sediativa” (fonte: Roma Capitale).

È noto che i fenomeni di interazione tra opere e strutture adiacenti, che si esplicano attraverso il terreno, possono direttamente influenzare la funzionalità e la stabilità delle opere stesse, imponendo una specifica valutazione del grado di sicurezza rispetto ai possibili stati limite che l'interazione contribuisce a determinare.

È stato dimostrato in un'area vicina, con analoghe caratteristiche geologiche e geotecniche, che le variazioni delle condizioni di carico, dovute alla costruzione di importanti rilevati stradali (4-6m), realizzati in tempi diversi tra loro, abbiano prodotto accelerazioni notevoli nei cedimenti di strutture preesistenti, fino a condizioni limite (AMOROSI *et alii*, 2002).

Un'ulteriore forza agente è poi dovuta alla circolazione idrica nei terreni di riporto. Questi ultimi infatti intercettano sia il flusso di sub-alveo, in comunicazione idraulica con il torrente Almona a monte della tombinatura, sia le piccole sorgenti

(<1 l/s) segnalate in letteratura, presenti sui versanti al contatto di diversi litotipi vulcanici e ora completamente obliterate (fig. 21). Nell'area del dissesto la falda è stata trovata nei terreni di riporto poco sopra il tetto delle alluvioni (-10,7 m dal piano stradale), qui rappresentate dai limi argillosi organici (BONASSO *et alii*, 1991).

Bisogna ricordare infine che in corrispondenza del sito in esame passava il fiume Almona. L'attuale tombinatura, sita a poche decine di metri, sotto la Circonvallazione Ostiense, potrebbe rappresentare una via di drenaggio prefe-



Fig. 28 – Stralcio di carta tematica in trasparenza su Ortofoto (GN) riguardante l'area di studio, su cui sono state riportate le curve di iso-variazione di quota topografica (in metri). In rosso (X) il sito dello sprofondamento di figura 29a. In grigio i riporti messi in posto nel 1937 per la realizzazione del rilevato stradale della Via Cristoforo Colombo. In giallo i riporti messi in posto nei primi anni 60 ad ovest del rilevato della Colombo. In grigio scuro edifici ad alta densità insediativa, costruiti precedentemente all'evento del 1967.

– Sketch of thematic map in transparency on GN-Orthophotos with the curves of iso-variation in the height (in meters), showing the study area. Red X: the site of the collapse shown in figure 29a. In grey: backfill placed in 1937 for the construction of Via Cristoforo Colombo embankment. In yellow: backfill placed in the early 60's west of the embankment. In dark grey: big buildings constructed before 1967.

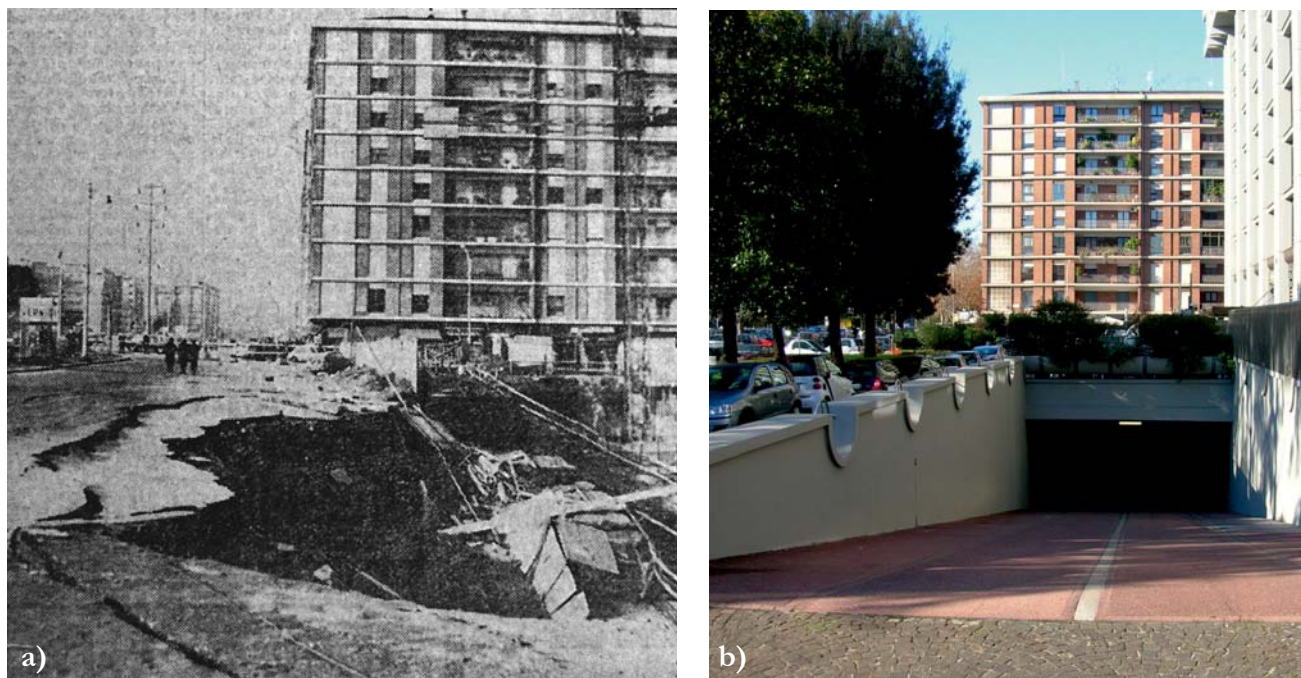


Fig. 29 – a) sprofondamento avvenuto il 21/01/1967 all'angolo tra Circonvallazione Ostiense e Via Cristoforo Colombo, durante la costruzione del palazzo del Credito Fondiario Sardo (Paese sera, 1967); b) l'area come si presenta oggi (2012).

- Photograph showing a collapse occurred on 21/01/1967 at the corner of Circonvallazione Ostiense and Via Cristoforo Colombo, during the construction of the "Credito Fondiario Sardo" palace (Paese sera, 1967); b) the same area today (2012).

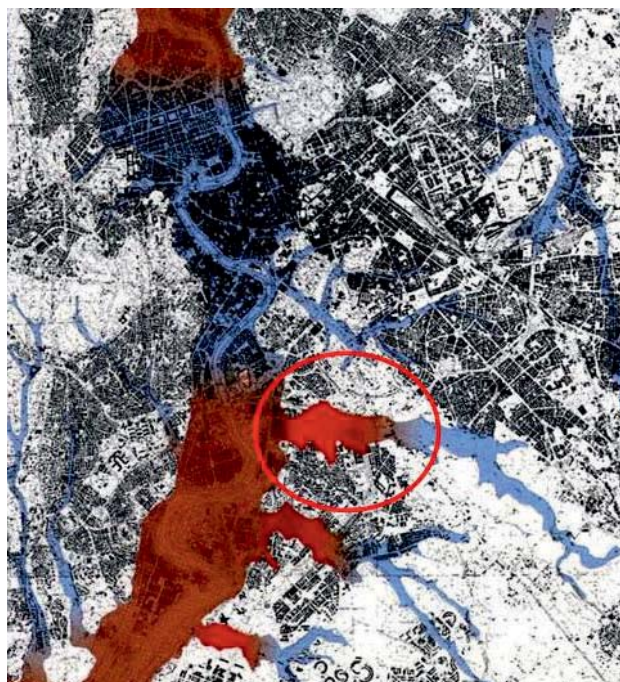


Fig. 30 – Carta della pericolosità connessa a processi di subsidenza nei depositi alluvionali olocenici. Le zone a maggior pericolosità (in rosso) sono quelle in cui si riscontrano i più alti valori di spostamento verticale dovuto alla presenza di sedimenti sotto-consolidati e con scarse caratteristiche geotecniche. Evidenziata la bassa Valle dell'Almone all'interno del cerchio rosso (modificato, da CAMPOLUNGI *et alii*, 2008).

- Sketch of a hazard map related to subsidence processes in the Holocene alluvial deposits. The most dangerous areas (in red) are those where higher values of vertical displacement are measured, due to the presence of under-consolidated sediments. The lower is highlighted (red circle) (modified, CAMPOLUNGI *et alii*, 2008).

renziale o, al contrario, contribuire all'alimentazione della falda con piccole perdite, o ancora, effettuare un parziale effetto barriera.

Da segnalare la presenza diffusa di opere murarie antiche sotto il rilevato della Colombo, compreso la spalla di un ponte (*un ponte antico sull'Almone?*), immerse nella massa del terreno di riporto, che contribuiscono all'anisotropia delle forze nel sottosuolo locale. Gli elementi fin qui riportati, pur non essendo esaustivi, lasciano ipotizzare un volume geologico ai limiti dell'equilibrio.

È quindi probabile che il solo taglio operato per la realizzazione delle fondazioni dello stabile sia stata la causa scatenante dello sprofondamento. Il sito in esame non è più, ovviamente, in una situazione di pericolo, ma ci sono stati negli anni segnalazioni di cedimenti differenziali delle fondazioni in alcuni palazzi adiacenti (Comunicazioni orali; IL MESSAGGERO, 1967), nonché tra i palazzi stessi e le strade circostanti (figg. 31a,b).

L'esempio qui descritto, così come tanti altri accaduti nella città di Roma, è la conseguenza diretta della mancanza di un adeguato approfondimento della "storia geologica" del sito nelle fasi esecutive di un piano di sviluppo urbanistico.

5. - CONCLUSIONI

In contesti in cui l'urbanizzazione ha avuto numerose fasi, succedutesi nell'arco di molti secoli, diventa necessario approfondire non solo la geologia recente dell'area, ma anche le trasformazioni storiche provocate dall'uomo, in modo da valutare correttamente i pericoli potenziali e le azioni per mitigare i rischi.

Si ritiene che un buon punto di partenza sia rappresentato dagli inventari. Questi, a valle di un'analisi critica dei dati, permettono di impostare analisi "geo-statistiche", utili nel pesare correttamente i diversi fattori che concorrono alla pericolosità.

Negli esempi discussi in questo articolo, scelti tra i tanti presenti nell'*Inventario delle frane del territorio di Roma Capitale* di ISPRA-SGN, si è posto l'accento su come alcuni fenomeni antropici su larga scala abbiano condizionato la stabilità dei siti sia in virtù dei cambiamenti radicali della topografia, in particolare dell'acclività, sia per le variazioni nelle caratteristiche geotecniche dei terreni interferiti.

A tal proposito si è voluto sottolineare l'importanza delle cartografie storiche nella ricostruzione delle trasformazioni morfologiche di un territorio, anche al fine di una corretta interpretazione delle cause predisponenti di dissesti recenti. L'ausilio

della letteratura, in generale utile negli studi preliminari di un contesto geologico, diventa fondamentale in ambiente urbano dove l'urbanizzazione spesso oblitera completamente gli affioramenti e dove a volte i volumi degli sbancamenti e dei riporti risultano, come si è visto, davvero ingenti.

Fondamentale in questa analisi sono stati i Sistemi Informativi Territoriali, sia come approccio concettuale alla gestione dei livelli informativi, diversi per scala, fonte, qualità ed età, sia come set di strumenti disponibili, che rendono semplici e veloci alcune elaborazioni complesse.

Si è dimostrato come i dissesti che si sono verificati nella Valle dell'Inferno e nella Valle dell'Almone, pur nel diverso contesto geologico, hanno in comune alcune cause antropiche, riassumibili negli enormi volumi di materiali movimentati, sia sbancati che accumulati, nella tombatura dei corsi d'acqua e, in ultima analisi, nella rimozione anche dall'immaginario collettivo delle trasformazioni morfologiche avvenute.

In particolare per la Valle dell'Inferno le frane che si sono succedute negli ultimi cinquant'anni sul versante meridionale di Monte Mario e di Monte Ciocchi sono in diretto collegamento con l'abbandono "a sé stesse" delle scarpate delle numerose cave di argilla, presenti nell'area fino ad un passato



Fig. 31 – a) cedimenti del piano stradale in Via Antoniotto Usodimare (2012); b) cedimenti del piano stradale in Via Guglielmo Ciamarra (2012).

– a) differential settlement in Via Antoniotto Usodimare (2012); b) differential settlement in Via Guglielmo Ciamarra (2012).

molto recente. Anche gli sprofondamenti per cedimenti rapidi, la cui pericolosità è dovuta proprio ai tempi velocissimi tra il primo manifestarsi del fenomeno e il suo sviluppo, sono fenomeni sottovalutati e che spesso trovano anch'essi nell'evoluzione morfologica recente le relative cause predisponenti.

Si sottolinea quindi l'importanza, in una città come Roma, di adottare un approccio multi-disciplinare che sia in grado di dialogare con vari specialisti, anche di discipline "umanistiche", e di descrivere, anche all'interno di studi applicativi, tutte le forme e i processi geomorfologici, attivi e non attivi, presenti nell'area di studio, compresi quelli antropici.

RINGRAZIAMENTI

I ringraziamenti degli autori vanno all'arch. GIUSEPPE PORTOGHESE di Roma Capitale per aver fornito la Cartografia digitale dell'area urbana; al dott. ing. VITTORIO CHIESSI per gli spunti critici sugli aspetti applicativi; al dott. ANDREA CARAPPELLUCCI dell'Associazione Culturale Trasecoli per i suggerimenti bibliografici e gli approfondimenti sulle interpretazioni archeologiche della Cisterna romana di via Cristoforo Colombo; al dott. MICHELE KOSTOV della casa editrice "L'ERMA" di Bretschneider per la gentile concessione della figura 22 f. Un ringraziamento speciale va a RENATO VENTURA, inesauribile fonte di ispirazione sui sistemi informativi territoriali.

Le foto storiche, dove non è specificata la fonte, sono state prese dall'Archivio digitale di Roma Sparita Network. Le altre foto, dove non diversamente indicato, sono degli autori del presente articolo.

BIBLIOGRAFIA

- AMANTI M., BATTAGLINI L., CAMPO V., CIPOLLONI C., CONGI M.P., CONTE G., DELOGU D., VENTURA R. & ZONETTI C. (2007) – *La carta litologica d'Italia alla scala 1:100.000*. Atti del VI Forum Italiano di Scienze della Terra, Geitalia 2007, Rimini.
- AMANTI M., CARA P. & PECCI M. (1995a) – *Modello digitale della superficie reale del centro storico della città di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'Italia, **50**: 310 – 321, 11 figg., 12 tabb., Roma.
- AMANTI M., CASAGLI N., CATANI F., D'OREFICE M. & MOTTERAN G. (1996) – *Guida al censimento dei fenomeni franosi ed alla loro archiviazione*. Miscell. Serv. Geol. d'It., **7**: 109 pp., Roma.
- AMANTI M., CESI C. & VITALE V. (2008) – *Le frane nel territorio di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **80** (2): 83 – 117, 41 figg., Firenze.
- AMANTI M., CHIESSI V. & GUARINO P.M. (2012) – *The 13 November 2007 rock-fall at viale Tiziano in Rome*. Nat. Hazards Earth Syst. Sci., **12**: 1 – 12, 14 figg., 5 tabb., (in stampa).
- AMANTI M., GISOTTI G. & PECCI M. (1995b) – *I dissesti a Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. d'It., **50**: 219 – 248, 9 figg., 4 tavv., 14 tabb., Roma.
- AMBROSETTI P. & BONADONNA F.P. (1967) – *Revisione dei dati sul Plio-Pleistocene di Roma*. Atti Accad. Gioenia di Sci. Nat., **18**: 33 – 70, Catania.
- AMOROSI A., LEMBO FAZIO A. & SCARPELLI G. (2002) – *Interazione tra una struttura esistente e lo sviluppo dell'ambiente urbano circostante: l'esempio della ex vasca navale di Roma*. AGI, Atti del 21 Conv. Naz. Geotec., **1**: 323 – 330, 8 figg., L'Aquila.
- APAT (2007) – *Rapporto sulle frane in Italia – Il progetto IFFI, Metodologia, risultati e rapporti regionali*. APAT, Rapporti, 78/2007, Roma.
- APAT – SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – *Originali d'autore in scala 1:25.000 per il rilevamento della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 – Foglio n. 150 tav. IV SO Roma (1958-59)*. In: "Mapset – Repertorio completo della cartografia geologica d'Italia", 2002.
- APAT – SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA – *Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 – Foglio n. 374 Roma (2008)*, Firenze.
- ARNOLDUS-HUYZENDVELD A., CORAZZA A., DE RITA D. & ZARLENGA F. (1997) – *Il paesaggio geologico ed i geotipi della Campagna Romana*. Quaderni dell'ambiente, **5**: pp. 61, Flli Palombi (Ed.), Roma.
- BALZERANO L., FABIANI M. & GIANFELICE M. (2008) – *Studio di sintesi della criticità geomorfologica e geotecnica della Provincia di Roma*. Atti della 12^a Conf. Naz. ASITA, 21-24 ottobre L'Aquila, **1**: 257 – 262.
- BONASSO R., RICCI P., LUNARDI P. & FOCARACCI A. (1991) – *L'impiego del jet-grouting per lo scavo di una galleria urbana a debole profondità*. In: Atti del Congr. Intern. "Il Consolidamento del Suolo e delle Rocce nelle Realizzazioni In Sotterraneo", Società Italiana Gallerie, Milano, 18-20 Marzo 1991, **2**: 127 – 135, 6 figg., Milano.
- BRANCALEONI R., CORAZZA A., GARBIN F., LEONE F., MORASCHINI C. & SCARAPAZZI M. (2003) – *Il rilievo di Monte Mario a Roma: sviluppo urbanistico e dissesti. Un caso di geologia urbana*. Geologia dell'ambiente, **11** (3): 2 – 14, 8 figg., 10 tavv., 5 tabb., Roma.
- CAMPOLUNGI M. P., CAPELLI G., FUNICIELLO R. & LANZINI M. (2008) – *Processi di subsidenza nei depositi alluvionali olocenici nella città di Roma: caratteristiche stratigrafiche e geotecniche*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **80** (2): 65 – 82, 7 figg., Firenze.
- CAMPOLUNGI M. P. & LANZINI M. (2009) – *Geologia urbana: evoluzione paleoambientale del fosso di Grotta Perfetta a Roma e individuazione delle cause di instabilità del patrimonio edilizio*. Geologia dell'ambiente, **3**: 16 – 31, 22 figg., Alatri.
- CAPELLI G., MAZZA R. & TAVIANI S. (2008) – *Acque sotterranee nella città di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **80** (1): 221 – 245, 22 figg., Firenze.
- CATENACCI V. (1992) – *Il dissesto geologico e geoambientale in Italia dal dopoguerra al 1990*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., **47**: 1 – 301, 117 figg., 123 tabb., Roma.
- COMUNE DI ROMA – *Cartografia informatizzata del Comune di Roma in scala 1:2.000 (D.D. n.6 del 27 giugno 2003, Dp. XII, Comune di Roma)*. 2003, Roma.
- CONATO V., ESU D., MALATESTA A. & ZARLENGA F. (1980) – *New data on the Pliocene of Rome*. Quaternaria, **22**: 131 – 175, 15 figg., Roma.

- CORAZZA A., LANZINI M., BALDI D. & MOTTOLA A. (2008) – *Valutazione dell'impatto sulle falde acquifere di opere in sotterraneo in area urbana: il caso del nuovo mercato di Via A. Doria (Roma)*. Rend. online Soc. Geol. It., Riassunti dell'84° Congresso della Soc. Geol. It. - Sassari 15-17 settembre 2008, 3 (1): 256-257.
- CORAZZA A. & LOMBARDI L. (1995) – *Idrogeologia dell'area del centro storico di Roma*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., 50: 179 - 211, 27 figg., Roma.
- DE ANGELIS D'OSSAT G. (1906) – *I veli acquiferi alla destra del Tevere presso Roma*. Boll. Soc. Geol. It., 25: 233 - 256, 9 figg., Roma.
- DE ANGELIS D'OSSAT G. (1934) – *Carta geologica della città del Vaticano*. Mem. Pont. Acad. Scient. Novi Lyncaei, ser. III, 1: 1-32, 6 figg., 2 tavv., Città del Vaticano.
- DE ANGELIS D'OSSAT G. (1953) – *La geologia del Monte Vaticano*. In: "Studi e documenti per la storia del palazzo apostolico vaticano", pubblicati a cura della Biblioteca Apostolica Vaticana, 1 (1): 1 - 53, 20 figg., 9 tavv., Città del Vaticano.
- DELLA SETA M., DEL MONTE M., FREDI P., MARRA F. & PANTANI G. (2002) – *Caratteristiche morfostrutturali del settore in riva destra del Fiume Tevere nell'area urbana di Roma*. Geologica Romana, 36: 105 - 122, Roma.
- DUCCI A. & MANFREDINI A. (1957) – *Sulla prevista costruzione di un pozzo tubolare trivellato nell'area occupata dai mercati generali: relazione geoidrologica*. Serv. Geol. d'It., Roma (Rapporto inedito).
- FABBRIO M., LANZINI M., MANCINELLA D. & SUCCHIARELLI C. (2010) – *I geositi urbani: definizione e caso-studio nel territorio di Roma Capitale*. In: Atti del Convegno "Il patrimonio geologico: una risorsa da proteggere e valorizzare" 29-30 aprile 2010, Sasso di Castalda (Potenza), Bentivenga M. (Ed.). Geologia dell'Ambiente, 2: 126-134, 11 figg., 3 tabb., Roma.
- FATTORI C. & MANCINELLA D. (2010) – *La conservazione del patrimonio geologico del Lazio: materiali, modelli, esperienze*. Regione Lazio, (Ed.) ARP – Agenzia Regionale Parchi: pp. 206, Pomezia, Roma.
- FEDERICO F. & SCREPANTI S. (2002) – *Analisi della stabilità di cavità in rocce piroclastiche del sottosuolo di Roma*. AGI, Atti del XXI Conv. Naz. Geotec., 1: 529 - 536, 6 figg., L'Aquila.
- FUNICIELLO R., BIGI G., CIPOLLONI C., FRAIOLI A., HUBER T. & SOLDÀ R. (2001) – *Modelli di indagine, monitoraggio e risanamento di fenomeni di dissesto in ambito urbano: il caso dei dissesti del versante meridionale di Monte Mario nel Comune di Roma*. Terzo convegno nazionale FIST - Geoitalia, sessione poster, Chieti.
- FUNICIELLO R., GIORDANO G. & MATTEI M. (2008) – *Carta Geologica del Comune di Roma in scala 1:50.000*, Firenze.
- FUNICIELLO R. & GIORDANO G. (2008) – *La nuova Carta Geologica di Roma: litostratigrafia e organizzazione stratigrafica*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., 80 (1): 39 - 85, 22 figg., Firenze.
- FUNICIELLO R. & TESTA O. (2008) – *Cambiamenti morfologici e sviluppo urbano nella città di Roma: il versante destro del Tevere*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., 80 (2): 261 - 274, 18 figg., Firenze.
- GEOSONDA S.p.A. (1983) – *Indagini geognostiche per la costruzione del tronco di raccordo dei collettori Balduina e Valle Aurelia con il collettore di Monte Mario nel tratto compreso tra Via Telesio e Via Trionfale*. Comune di Roma, Ripartizione V - LL.PP. – Servizio VI.
- GIAMPAOLO C., LOMBARDI G. & MARIOTTINI M. (2008) – *Pietre e costruito della città di Roma: dall'antichità ai giorni nostri*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., 80 (1): 273 - 406, Firenze.
- GIORDANO G., MAZZA R., CAPELLI G. FUNICIELLO R. & PAROTTO M. (2004) – *Geological surveying in a metropolitan area: The southern suburbs of Rome*. In: "Mapping geology in Italy", APAT: 113 - 122, 12 figg., 1 tav., Firenze.
- GISOTTI G. (1997) – *La stabilità delle gallerie adibite a coltivazione di funghi in Via dell'Almone, 6 (Roma)*. Serv. Geol. Naz. (Rapporto inedito).
- GISOTTI G. & ZARLENGA F. (1998) – *La geologia della città di Roma tra urbanistica e archeologia*. Geologia dell'ambiente, 6 (4): 48 - 58, 4 figg., 3 tabb., Roma.
- HUTCHINSON M.F. (2011) – *ANUDEM Version 5.3, User Guide*: pp. 26, The Australian National University, Canberra.
- HUTCHINSON M.F. & GALLANT J.C. (2000) – *Digital elevation models and representation of terrain shape*. In: J.P. WILSON & J.C. GALLANT (Eds.), *Terrain Analysis: Principles and Applications*, pp. 29-50, Wiley, New York.
- IGM – ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE – *Piano Topografico di Roma e suburbio in scala 1:5.000 – Fogli 1 - 12 (1907-1924)*, Società Geografica Italiana (ripr. digitale).
- IL MESSAGGERO (1967) – *Gennaio-marzo*. Roma.
- IL PAESE SERA (1960) – *Gennaio-marzo*. Roma.
- IL PAESE SERA (1967) – *Gennaio-marzo*. Roma.
- IL TEMPO (1967) – *Gennaio-marzo*. Roma.
- I.M. INTERMETRO S.p.A. (1985) – *Metropolitana Roma; Linea B; Ricostruzione Laurentina-Termini (sondaggi geognostici)*. Progetto esecutivo, Serv. Geol. d'It. (Rapporto inedito).
- LANCIANI R. (1988) – *Forma Urbis Romae*. Edizioni Quasar, 46 tavv., Roma.
- LUNARDI P., FOCARACCI A. & MERLO S. (1997) – *Il pretaglio meccanico per la costruzione della volta di 21,5 m di luce della stazione "Baldo degli Ubaldi"*. Gallerie e Grandi Opere Sotterranee, 53: 54 - 67; 18 figg., Bologna.
- MARRA F. (1993) – *Stratigrafia e assetto geologico-strutturale dell'area romana tra il Tevere e il Rio Galeria*. Geologica Romana, 29: 515 - 535, 20 figg., Roma.
- NISIO S. (2008) – *I sinkholes: problemi terminologici, meccanismi genetici, classificazione*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., 85: 17 - 32, 4 figg., Torino.
- PONZI G. (1875) – *Dei Monti Mario e Vaticano e del loro sollevamento*. Atti R. Acc. Lincei, ser. 2, 2: 545 - 556, 2 tavv., Roma.
- PRESIDENZA DEL CENSO DELLO STATO PONTIFICIO – *Carta topografica del suburbano di Roma, desunta dalle mappe del nuovo censimento e trigonometricamente delineata nella proporzione di 1:15.000 (1839)*, Società Geografica Italiana (ripr. digitale).
- QUILICI L. (1996) – *I ponti della Via Ostiense*, in *Strade romane, ponti e viadotti* (a cura di L. QUILICI & S. QUILICI GIGLI), 53 - 80 pp., "L'Erma" di Bretschneider, Roma.

- RAMIERI A.M. (1992) – *La cisterna romana in via Cristoforo Colombo*. Comune di Roma, Assessorato alla cultura. Roma.
- ROSA C. (2004) – *Prospezioni archeologiche non invasive*. Professione geologo, 7: 18 – 21, 3 figg., Nepi (Vt).
- TELLINI A. – *Carta Geologica dei dintorni di Roma in scala 1:15.000 - Regione alla destra del Tevere (1893)*. Dis. Top. Di A. Aureli, ISPRA (ripr. digitale).
- TESTA O., CAMPOLUNGI M.P., FUNICIELLO R. & LANZINI M. (2008) – *Il problema dei riporti e le modificazioni della forma originaria*. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., 80 (1): 145 - 168, 18 figg., Firenze.
- URRU G. (2008) – *Pericolosità geologica e caratterizzazione del sottosuolo in ambiente urbano: metodologie di analisi ed applicazioni al caso di Roma*. Tesi di dottorato in geodinamica (Rel. Prof. Funicello R.), Università degli Studi Roma Tre (ripr. digitale).
- VENTRIGLIA U. (1971) – *La geologia della città di Roma*. Amministrazione Provinciale di Roma, Roma.
- VENTRIGLIA U. (1988-1990) – *Idrogeologia della Provincia di Roma*. Amministrazione Provinciale di Roma, Roma.
- VENTRIGLIA U. (2002) – *La geologia del territorio del Comune di Roma*. Amministrazione Provinciale di Roma, Roma.
- VERRI A. – *Carta Geologica di Roma in scala 1:15.000, pubblicata dal R. Ufficio geologico su rilevamento del Tenente Generale A.*

Verri (1915). Dis. Top. dell'Istituto Geografico De Agostini, ISPRA (ripr. digitale).

- VERRI A. (1915) – *Cenni spiegativi della Carta Geologica di Roma, pubblicata dal R. Ufficio Geologico su rilevamento del Tenente Generale A. Verri*. Istituto Geografico De Agostini, pp. 56, ISPRA.

SITI WEB DI INTERESSE

- AUTORITÀ DI BACINO DEL FIUME TEVERE
<http://www.abtevere.it/>
- AUTORITÀ DEI BACINI REGIONALI DEL LAZIO
<http://www.abr.lazio.it/>
- PARCO REGIONALE DELL'APPIA ANTICA
<http://www.parcoappiaantica.it/>
- PROGETTO AVI
<http://avi.gndci.cnr.it/>
- PROGETTO IFFI
<http://www.isprambiente.gov.it/>
- ROMANATURA
<http://romanatura.roma.it/>
- ROMA SPARITA NETWORK
<http://www.romasparita.eu/>