

**ISTITUTO PER L'AMBIENTE MARINO COSTIERO – CONSIGLIO
NAZIONALE DELLE RICERCHE - SEDE DI NAPOLI**

**Studio geologico-geomorfologico per la soluzione di
problematiche tecnico-applicative nelle località
Terra Murata (borgo medievale e costone lato Marina
Corricella) e Centane-Panoramica
(Isola di Procida, Golfo di Napoli)**

Rapporto Tecnico

Dott. Geol. Gemma Aiello

Ricercatore di ruolo

III livello professionale

CNR-IAMC Sede di Napoli

Napoli, Luglio 2016

INDICE

- 1. Introduzione**
- 2. Inquadramento geologico generale dell'Isola di Procida**
- 3. Stratigrafia generale dei terreni vulcanici affioranti nell'Isola di Procida**
- 4. Evoluzione vulcanologica di Procida e di Vivara**
- 5. Costone di Terra Murata lato Marina Corricella**
 - 5.1 Stato dei luoghi**
 - 5.2 Infiltrazioni d'acqua e loro possibile natura**
- 6. Comprensorio Centane-Panoramica**
 - 6.1 Stato dei luoghi**
 - 6.2 Dissesto geomorfologico e possibili soluzioni**
- 7. Conclusioni**
- 8. Bibliografia**

1. Introduzione

Nel presente rapporto tecnico viene illustrato uno studio del dissesto geomorfologico in due aree selezionate dell'Isola di Procida, rispettivamente ubicate nella zona storica di Procida (borgo medievale di Terra Murata lungo la Via Salita Castello-altezza Via S. Domenico) e nell'area costiera che raccorda Punta Pizzaco con Punta Solchiaro (comprensorio Centane-Panoramica). In generale le finalità del rapporto tecnico sono quelle di fornire un inquadramento di queste due zone da un punto di vista geologico, che si differenziano negli aspetti particolari.

Infatti, nella zona di Terra Murata, sia nella zona alta del borgo medievale (piazzale oltre le mura) che lungo il costone tufaceo antistante la Marina Corricella (salita Castello all'altezza di Via S. Domenico) sono documentate copiose perdite d'acqua attraverso i terreni vulcanici di natura tufacea e pozzolanica che affiorano nell'area. Tali perdite d'acqua attraverso i terreni interessano anche numerose abitazioni, creando disagi che rendono necessario l'ulteriore accertamento tecnico al fine di individuare, anche tentativamente, le cause di tali dissesti e di proporre soluzioni tecnicamente soddisfacenti a tali problematiche attraverso uno studio approfondito.

In questo rapporto tecnico si darà quindi un inquadramento del settore di Terra Murata da un punto di vista geologico, con particolare riferimento alle connessioni tra la natura dei terreni e le cause idrogeologiche che potrebbero contribuire a determinare le infiltrazioni d'acqua attualmente documentate; si

tenteranno infine di individuare alcune possibili soluzioni tecniche per l'approfondimento e la soluzione di tale problema, probabilmente non spiegabile solo in termini geologico-ambientali, in quanto connesso con la presenza delle antiche fogne borboniche e di vecchie cisterne o cavità del sottosuolo, che possono aver dato un loro contributo al problema stesso.

Terra Murata rappresenta il centro storico di Procida ed è un'antica cittadella medievale posta su un alto costone tufaceo, all'altezza di 90 metri sul livello del mare. Terra Murata è raggiungibile solo attraverso una ripida salita, percorrendo la quale si può vedere il borgo marinaro di Marina Corricella.

Per accedere alla cittadella medievale di Terra Murata ("terra cinta di mura") vi sono degli antichi portali, che rappresentano gli antichi punti di ingresso (Porta di Ferro e Porta di Mezz'Omo).

Importanti strutture del borgo sono rappresentate dall'Abbazia di S. Michele Arcangelo, dal Borgo antico di Terra Murata, dal Belvedere di Via Borgo, dal Castello d'Avalos, dalla Piazza delle Armi, dal Complesso Carcerario, dalle Porte di Ferro e di Mezz'Omo, dal Belvedere dei Due Cannoni e dal Convento di Santa Margherita.



Fig. 1: Rappresentazione del borgo medievale di Terra Murata, che poggia su un costone tufaceo alto circa 90 m, che affaccia sul Mar Tirreno (Golfo di Napoli).

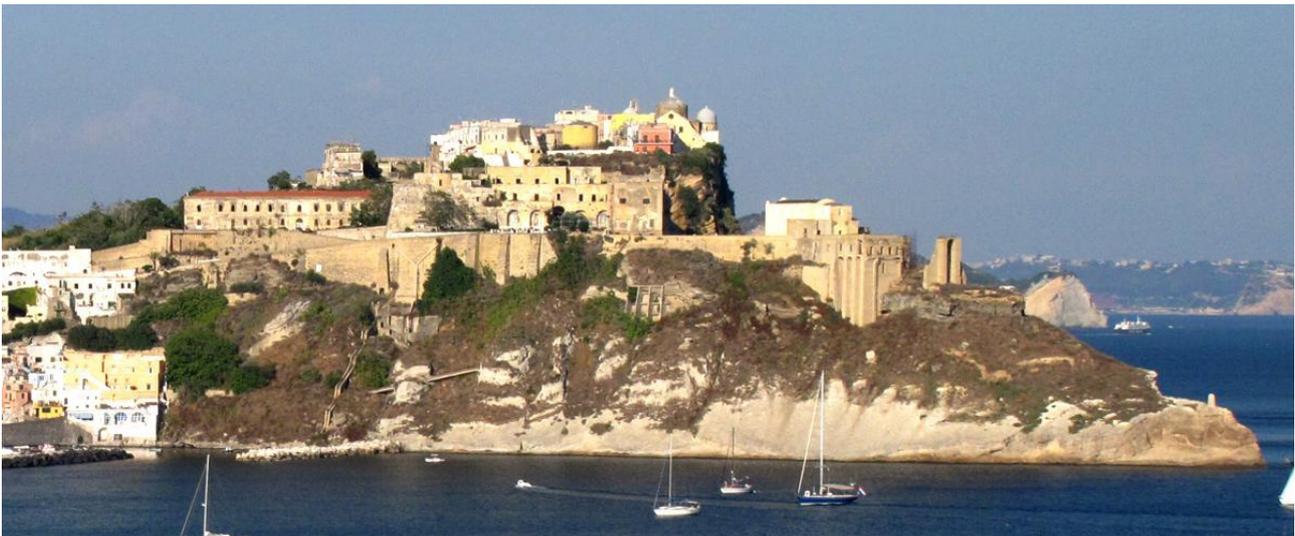


Fig. 2: Il costone tufaceo di Terra Murata verso la Marina Corricella (Isola di Procida, Golfo di Napoli).



Fig. 3: Rappresentazione schematica delle strutture del borgo medievale di Terra Murata.

Il comprensorio Centane-Panoramica, costituito essenzialmente dalla strada costiera che raccorda Punta Pizzaco con Punta Solchiaro, dove affiorano estesamente i terreni prodotti dall'eruzione dell'apparato vulcanico di Solchiaro (circa 19.000 anni fa) offre numerosi esempi di dissesto geomorfologico, in particolare evidenti lungo i settori lato mare della strada, che sono stati utilizzati sin dagli anni 60 come aree per la discarica di terreni di riporto, analogamente alla zona di Punta Solchiaro. La morfologia attualmente pianeggiante di alcune spianate lato mare sulla Panoramica di Procida può trarre in inganno sulle loro condizioni di stabilità, che possono invece risultare precarie, qualora tali zone venissero sottoposte a carichi non proporzionati ai parametri geotecnici di stabilità dei terreni di riporto o in condizioni di sovralluvionamento di acqua, considerata anche l'assenza di un sistema di canalette di drenaggio delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale.

In generale, i costoni tufacei e piroclastici che costituiscono le falesie costiere dell'Isola di Procida, compresi quindi anche il costone di Terra Murata lato Marina Corricella e i costoni del comprensorio Centane-Panoramica presentano fenomeni di dissesto geomorfologico legati ad erosione e smottamento, derivanti principalmente dall'azione dell'erosione marina al piede di falesia, che può aver creato un solco al piede dei costoni stessi (o più solchi ubicati ad altezze diverse, nel caso fossero documentate le oscillazioni eustatiche del livello marino durante il Quaternario), dall'azione eolica sulle pareti sub-verticali di tufo e dall'instabilità degli strati superficiali alla sommità dei

costoni, costituiti da terreni piroclastici relativamente più sciolti e da strati di terreno agrario.

Tali fenomeni di instabilità e le condizioni di generale dissesto risultano pertanto aggravate dalla presenza in molti punti di acque di assorbimento non drenate e dal ruscellamento non regimentato di acque superficiali.

Per un migliore inquadramento dei problemi geologici affrontati nel presente rapporto tecnico seguono alcuni paragrafi di inquadramento geologico dell'isola di Procida ed una descrizione della stratigrafia e dell'evoluzione vulcanologica dei terreni affioranti nell'isola di Procida.

2. Inquadramento geologico generale dell'Isola di Procida

La zona oggetto del presente rapporto tecnico ricade nell'isola di Procida, ubicata nel Golfo di Napoli, la cui storia geologica è strettamente connessa con quella dei centri eruttivi dei Campi Flegrei e dell'Isola d'Ischia.

Procida e Vivara sono due piccole isole vulcaniche, che presentano una superficie complessiva di 5 kmq, ubicate in posizione intermedia tra le caldere attive dei Campi Flegrei e di Ischia.

Conoscenze approfondite della stratigrafia e dell'evoluzione vulcanica dei Campi Flegrei e di Ischia sono state recentemente rese disponibili da nuovi studi vulcanologici (Di Girolamo et al., 1984; Rosi e Sbrana, 1987; Vezzoli,

1988). Le isole di Procida e di Vivara sono state l'oggetto di lavori di carattere stratigrafico e geologico (Parascandola, 1924; Di Girolamo e Stanzione, 1973).

I depositi vulcanici affioranti nell'Isola di Procida sono stati generalmente spiegati come il risultato di eruzioni provenienti da centri eruttivi locali. Gli studi eseguiti indicano inoltre la presenza di numerose unità piroclastiche legate all'attività eruttiva dei complessi vulcanici Ischitano e Flegreo, intercalate all'interno delle successioni prodotte dai centri vulcanici locali di Vivara e di Procida. Il rinvenimento all'interno delle sequenze piroclastiche delle due isole di numerosi livelli guida regionali e le correlazioni stratigrafiche effettuate consentono la ricostruzione dell'evoluzione vulcanologica delle isole di Procida e di Vivara ed un collocamento stratigrafico dei prodotti vulcanici delle due isole nell'ambito delle successioni vulcaniche di Ischia e dei Campi Flegrei.

I Campi Flegrei, con le isole di Ischia e Procida, rappresentano un sistema vulcanico complesso formato da un insieme di piccoli apparati monogenici, disposti secondo un allineamento est-ovest ed alimentati da un magmatismo di stirpe potassica. Studi recenti sull'area comprendente i Campi Flegrei e le Isole di Procida e di Vivara hanno permesso di stabilire le correlazioni esistenti tra le attività vulcaniche per la comprensione delle fenomenologie vulcaniche avvenute precedentemente all'eruzione del Tufo Giallo Napoletano.

Ad un'attività esplosiva molto importante, il cui centro eruttivo era probabilmente ubicato nel Canale di Procida, sono da ascrivere le brecce

vulcaniche che si rinvennero a Marina di Vita Fumo (Monte di Procida) ed all'Isola di Procida, dove affiorano nelle località Punta della Lingua, Scotto di Carlo e Pozzo Vecchio.

Nelle isole di Procida e Vivara sono stati riconosciuti altri sei centri eruttivi, che sono i Vulcani di Vivara, Fiumicello, Terra Murata, Punta Serra e Solchiaro. Inoltre, lo studio dell'area marina compresa tra Procida e Ischia ha messo in evidenza la presenza di due distinte morfologie vulcaniche, cioè i vulcani sottomarini "La Catena" e "Formiche di Vivara", a chimismo basaltico, simile a quello dei prodotti in affioramento delle eruzioni procidane (Di Girolamo e Rolandi, 1973).

E' probabile che oltre a questi vulcani, certamente più antichi del Vulcano di Vivara, ve ne siano altri che costituiscono l'ossatura profonda dell'isola di Procida ed altri ancora nel settore meridionale, al largo di Procida e Vivara.

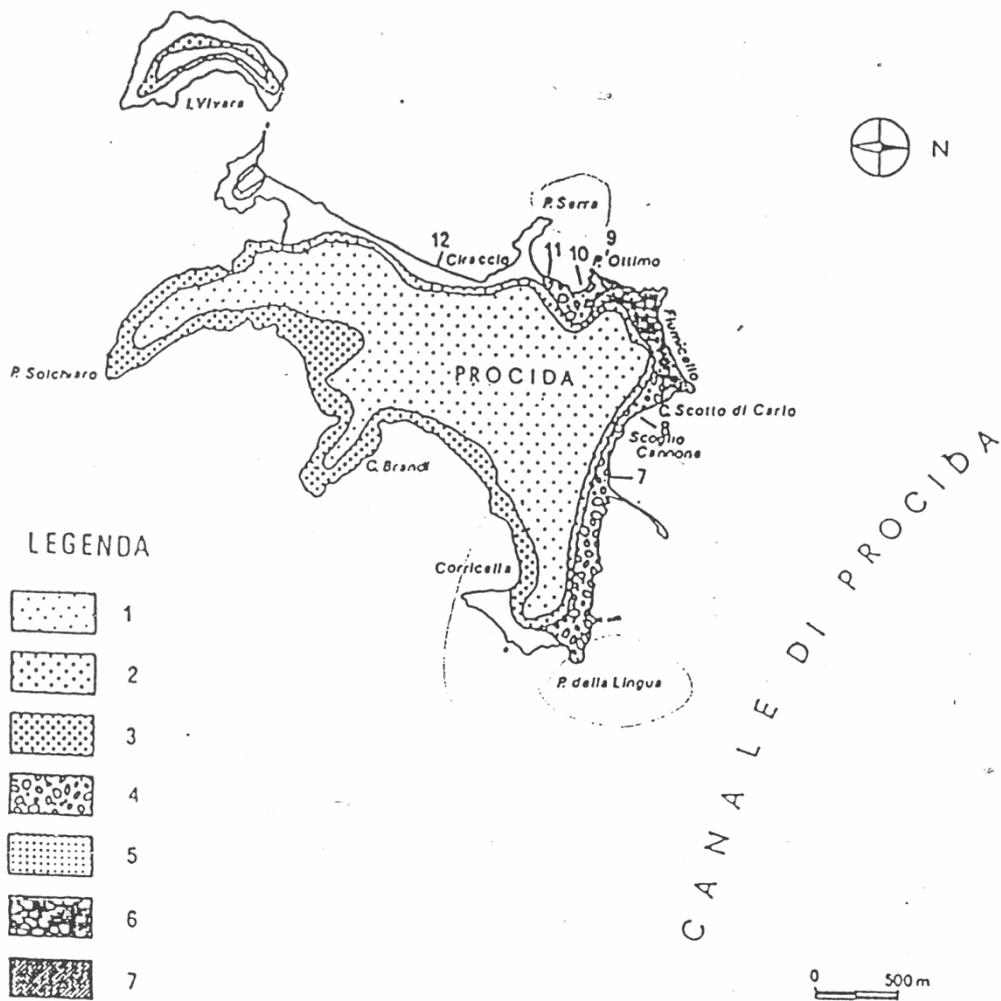
In Fig. 4 viene riportata una carta geologica schematica dell'isola di Procida e delle aree circostanti, che evidenzia la presenza di terreni vulcanici di varia natura litologica e di età diverse, collocabili nell'ambito della formazione dell'intera area vulcanica napoletana e flegrea.

Ad un'età più antica di 35.000 anni B.P. è stata ascritta, attraverso metodi radiometrici di datazione assoluta (k/ar) la formazione dei Vulcani di Vivara, di Terra Murata e di Punta Serra, della piccola colata piroclastica dello Scoglio di S. Martino, delle cupole laviche di S. Martino, Cuma e Marmolite e dei tufi di Torre Franco.

Ad un'età di 37.000 anni B.P. è stata ascrivita la messa in posto dell'Ignimbrite Campana (Tufo Grigio Napoletano) e del flusso piroclastico a piccola scala che ha portato alla formazione di brecce poligeniche, note come Formazione del Piperno o "Breccia Museo".

Nel periodo geologico compreso tra 30.000 e 10.000 anni fa è avvenuta un'attività vulcanica di grande intensità e diffusione areale, che ha portato alla formazione del Vulcano di Solchiaro ed alla messa in posto dei tufi biancastri stratificati e dei tufi antichi affioranti a Soccavo e nella zona urbana di Napoli. Altro importante evento in questo intervallo temporale è la formazione del Vulcano di Torregaveta e la messa in posto del Tufo Giallo Napoletano avvenuta 15.000 anni fa (Deino et al., 2004).

Nell'intervallo di tempo successivo a 10.000 anni è avvenuta la formazione di cupole laviche, coni di scorie, vulcani piroclastici monogenici ed apparati di tufo giallo pseudo-stratificato. Tra questi vanno citati alcuni apparati della zona dei Campi Flegrei, come Monte Nuovo (eruttato in epoca storica), gli Astroni, Agnano, Capo Miseno, Bacoli, Montagna Spaccata, Monte Ruscello ed altri.



- 1 = FORMAZIONE DEI FONDI DI BAIÀ
 2 = GRECCHE DEL VULCANO DI TORREGAVETA
 3 = FORMAZIONE DI SOLCHIARO
 4 = BRECCIE TRACHITICHE
 5 = IGNIIBRITI
 6 = PRODOTTI DEL VULCANO DI FIUMICELLO
 7 = RUPOLE E ROLATE LAVICHE

Fig. 4: Carta geologica schematica dell'Isola di Procida (Golfo di Napoli).

3. Stratigrafia dei terreni vulcanici affioranti nell'Isola di Procida

Varie unità vulcaniche, diverse per natura e per età, affiorano nell'isola di Procida. Viene qui di seguito fornita una descrizione della litologia e della stratigrafia di tali depositi, provenienti da apparati vulcanici localizzati e monogenici, anche se al loro interno sono presenti intercalazioni di materiali vulcanici di provenienza flegrea ed ischitana (Fig. 4).

Vulcano di Vivara (età maggiore di 55.000 anni)

Il Vulcano di Vivara comprende l'isola di Vivara ed il Promontorio di S. Margherita; si tratta di un anello di tufo giallo e grigio ben stratificato, di forma circolare, mancante del quadrante di sud-est. La parte bassa dei tufi di Vivara è formata da banchi metrici massivi di tufi gialli, costituiti da una matrice cineritica giallastra completamente litificata e da lapilli grigio scuri vetrosi a composizione trachibasaltica. Questi passano verso l'alto a tufi stratificati di colore grigio antracite, debolmente litificati. La transizione tra le due unità è visibile a Punta Capitello e nella falesia tra Punta Mezzogiorno e Punta Alaca, mentre la culminazione dell'orlo craterico è visibile a nord di Punta Mezzogiorno e S. Margherita Vecchia.



Fig. 5: Immagine del Vulcano di Vivara (Isola di Procida)

Vulcano di Pozzo Vecchio (età maggiore di 55.000 anni)

E' caratterizzato da una successione che inizia con tufi gialli idromagmatici che formano un edificio ad anello, il cui bordo craterico è ben visibile nella baia tra Punta Serra e Punta Ottimo. L'edificio del vulcano di Pozzo Vecchio è costituito da tufi sottilmente stratificati, che passano verso l'alto a depositi di ricaduta a granulometria più grossolana, mal classati, con intercalazioni di sottili livelli cineritici. La composizione delle pomici e scorie porfiriche a sanidino è alcali-trachitica. Sul fianco settentrionale dell'edificio è addossato un cono di scorie stratificato e grossolano, formato da banchi di colore rossastro. I depositi di scorie sono ricoperti da una colata di lava, anch'essa di composizione alcali-trachitica.



Fig. 6: Il costone tufaceo tra la Marina Corricella e la Spiaggia del Pozzo Vecchio (spiaggia del Postino).

Vulcano di Terra Murata (età maggiore di 55.000 anni)

E' formato da tufi gialli stratificati. La parte bassa dell'edificio è costituita da un tufo giallo zeolitizzato sottilmente stratificato, molto litificato. Nella parte alta si osserva una transizione a tufo meno litificato, con lenti e livelli grossolani di pomici. I tufi di Terra Murata sono ricoperti da livelli di pomici pliniane, non raggiungibili in affioramento e da depositi distali del Vulcano di Fiumicello. Sulla falesia orientale di Terra Murata si osserva la sovrapposizione e l'assottigliamento verso l'alto dei tufi grigi stratificati di Fiumicello su quelli di Terra Murata.

Vulcano di Fiumicello (età compresa tra 74.000 e 55.000 anni)

E' costituito da depositi idromagmatici litificati di un centro eruttivo ubicato nel settore nord dell'isola di Procida e dai suoi corrispondenti prodotti distali. Questi ultimi presentano una certa dispersione areale e sono stati utilizzati come livello guida per le correlazioni tra Monte di Procida e Procida da Pescatore e Rolandi (1981). I tufi di Fiumicello formano la falesia costiera tra Punta di Pioppeto e Capo Bove, mentre le facies distali si rinvengono a Punta della Lingua e sulla falesia tra Capo Bove e Ciraccio. A Punta Pioppeto e Punta della Lingua i depositi dell'unità di Fiumicello sono direttamente ricoperti dalle unità attribuite all'Ignimbrite Campana. Nelle sezioni prossimali i depositi sono costituiti da tufi gialli e grigi, di composizione trachibasaltica, ialoclastitici e sottilmente stratificati. Si osservano rare strutture domiformi e numerose impronte da impatto in corrispondenza di blocchi di lave e tufi gialli. I depositi della facies distale sono caratterizzati da alternanze di ceneri grigie vescicolate, ceneri con lapilli e banchi di lapilli scoriacei sciolti da caduta.

Formazione dell'Ignimbrite Campana (37.000 anni)

L'Isola di Procida rappresenta un'area dove sono esposte numerose unità vulcaniche riferite a varie fasi dell'eruzione dell'Ignimbrite Campana. Esse sono comprese tra sequenze di ceneri massive pedogenizzate che le separano rispettivamente al tetto dai tufi del Vulcano di Solchiaro ed al letto dai prodotti

del ciclo del Tufo verde. Numerose datazioni radiometriche C14 e K/Ar indicano per l'Ignimbrite Campana un'età di 37 ky B.P.

Tale sequenza affiora estesamente lungo le falesie che tagliano i prodotti precedenti al Vulcano di Solchiaro di Procida e Vivara. Dal basso verso l'alto sono distinguibili le seguenti sotto-unità:

***Colate piroclastiche di tipo ash flow:* si tratta di banchi cineritici massivi ricchi in pomici che mostrano alla base un livello caratteristico formato da un feltro di pomici e da cristalli sciolti di sanidino.**

***Coppia di livelli di ceneri saldate grigio e rosato:* livelli di spessore decimetrico, che raggiungono nella sezione Scotto di Carlo spessori di qualche metro e corrispondono alle facies distali dell'Ignimbrite Campana.**

***Banco di piperno:* è formato da fiamme scoriacee e laviche, ricco in matrice, arricchito in litici al tetto e passante alla sovrastante Breccia Museo. Localmente alla base del Piperno è presente una facies cineritica con fiamme, arricchita in litici, erosiva sui livelli sottostanti e visibile a Punta della Lingua, Scotto di Carlo e Cimitero.**

***Breccia Museo:* con a tetto colata piroclastica pomicea.**

***Pumice flow:* livello a pomici grigio-verdi ricchissimo in strutture da degassamento; alla sezione della spiaggia del Cimitero presenta alla base un livello arricchito in blocchi.**

Vulcano di Solchiaro (circa 19.000 anni)

I depositi che costituiscono questa unità sono legati all'attività eruttiva dell'anello di tufo di Solchiaro. Si tratta dell'evento eruttivo più recente dell'isola di Procida. Sono disponibili alcune datazioni C14 di paleosuoli compresi tra l'Ignimbrite Campana ed il Tufo di Solchiaro; queste, riportate in Alessio et al. (1976), indicano età di circa 19.000 anni; il recinto craterico è identificabile nel settore sud-orientale dell'Isola di Procida, tra Punta Pizzaco e Punta Solchiaro (Fig. 1). I depositi del Vulcano di Solchiaro sono ampiamente diffusi nei termini superiori delle sequenze stratigrafiche affioranti lungo numerose falesie dell'Isola di Procida e sono presenti anche a Vivara, a nord di Punta Mezzogiorno e presso Punta Capitello. Nell'area craterica, ben visibile in affioramento lungo la strada costiera a ridosso di Punta Pizzaco e Punta Solchiaro (Panoramica di Procida) si osserva una transizione da tufi gialli stratificati (alla base) a tufi grigi anch'essi stratificati, che suggeriscono una sedimentazione in ambiente subaereo per la maggior parte dei Tufi di Solchiaro.



Fig. 7: Il promontorio di Punta Solchiaro (Isola di Procida, Golfo di Napoli)



Fig. 8: Il promontorio di Punta Pizzaco (Isola di Procida, Golfo di Napoli)

4. Evoluzione vulcanologica di Procida e di Vivara

Secondo la ricostruzione stratigrafica di Rosi et al. (1988) Procida e Vivara sono formate dall'accumulo di prodotti legati ad eruzioni locali e di prodotti piroclastici da ricaduta e da flusso provenienti dai limitrofi complessi vulcanici di Ischia e dei Campi Flegrei.

I depositi affioranti più antichi sono rappresentati dai prodotti dei centri, rispettivamente trachibasaltici e trachitici, di Vivara, Pozzo Vecchio e Terra Murata. In tutti e tre i casi si tratta di centri eruttivi formati da tufi gialli stratificati. Nel caso del vulcano di Pozzo Vecchio l'edificazione del *tuff cone* è stata seguita da un lancio di scorie e dall'emissione finale di una colata lavica, sempre a composizione trachitica. L'ambiente di deposizione di questi prodotti vulcanici era probabilmente sottomarino per la base degli edifici, subaereo per le parti medie ed alte dei coni di tufo. Lo scenario eruttivo era rappresentato da un'attività esplosiva di tipo surtseiano in ambiente di mare basso (tufi gialli palagonitici di Vivara e tufi gialli di Terra Murata e Pozzo Vecchio), seguita da un progressivo isolamento dei condotti eruttivi dal mare con emissione di prodotti idromagmatici secchi, rappresentati dai tufi grigi e bianchi che costituiscono le parti alte dei tufi di Vivara e Terra Murata e da prodotti nei quali non si osserva evidenza di interazione acqua-magma (scorie di Pozzo Vecchio seguite dalla lava finale). Questi tre edifici hanno portato alla costruzione di un campo vulcanico emerso.

Da questo momento in poi ha inizio la deposizione di prodotti eruttati dalle aree limitrofe; i primi tra questi sono depositi legati ad attività esplosiva in ambiente di mare basso, avvenuta nel Canale d'Ischia in corrispondenza delle attuali "Formiche di Vivara"; brecce grossolane e depositi di surge piroclastico di queste eruzioni ricoprono parte di Vivara ed il settore nord-ovest di Procida. Non esistono dati radiometrici sulle età dei depositi finora descritti.

Nel periodo successivo, compreso tra 0.074 e 0.055 My, Vivara ed i centri emersi di Procida, Pozzo Vecchio e Terra Murata vengono ricoperti da banchi neritici di pomice pliniane, provenienti dall'Isola d'Ischia. In questo periodo riprende l'attività locale con il centro eruttivo trachibasaltico di Fiumicello, i cui depositi idromagmatici si intercalano tra le pomice pliniane B e C della Formazione Pignatiello.

L'eruzione di Fiumicello ha profondamente modificato la morfologia del settore nord-orientale dell'Isola di Procida, con uno spesso accumulo di tufi gialli stratificati e di tufi grigi sottilmente stratificati, che ricoprono il centro eruttivo di Pozzo Vecchio, da Punta di Pioppeto a Punta Ottimo ed il settore settentrionale del cono eruttivo di Terra Murata. Ai depositi da caduta pliniani dell'Isola d'Ischia seguono i prodotti trachibasaltici di una seconda eruzione idromagmatica proveniente dal Canale d'Ischia, denominata da Rosi et al. (1988) "Canale d'Ischia superiore", che ricoprono con livelli di brecce, lapilli di caduta e surge piroclastici l'intera isola di

Vivara ed il settore Ciraccio e Pozzo Vecchio. A questa seconda eruzione trachibasaltica del Canale d'Ischia fa seguito la deposizione su Procida di prodotti vulcanici connessi agli eventi eruttivi più importanti avvenuti nell'area campana e cioè le eruzioni del ciclo del Tufo Verde dell'Epomeo di Ischia e dell'Ignimbrite Campana dei Campi Flegrei.

I depositi attribuiti al ciclo del Tufo Verde di Ischia sono rappresentati dai prodotti della eruzione di Monte S. Angelo, con una sequenza che comprende depositi da ricaduta pliniani, brecce di flusso, colate piroclastiche pomicee ed i depositi del Tufo Verde dell'Epomeo, avvenuta intorno a 55.000 anni fa. Durante questa fase avviene la principale modificazione della morfologia di Procida, che si verifica a causa dei prodotti di flusso piroclastico della prima eruzione, che operano un primo colmamento delle morfologie depresse presenti tra i centri eruttivi locali; questo colmamento sarà completato dall'arrivo, 35.000 anni fa, dei successivi prodotti di flusso dell'Ignimbrite Campana, Breccia Museo, Piperno e colate piroclastiche pomicee associate.

Quest'evento conferisce a gran parte dell'Isola di Procida l'attuale morfologia sub-pianeggiante. La sola modificazione successiva avviene intorno a 19.000 anni fa con l'eruzione di Solchiaro, che rappresenta l'ultimo evento locale registrato dalla stratigrafia. Il Vulcano di Solchiaro è un cono di tufo giallo stratificato, che appare legato, analogamente agli altri centri di Vivara, ad un'attività esplosiva idromagmatica in ambiente di mare

basso. I suoi depositi, per lo più di surge piroclastico, ricoprono larga parte dell'Isola di Procida ed in misura minore Vivara e S. Margherita. Successivamente ai prodotti del vulcano di Solchiaro si ha solo la deposizione di ceneri di caduta distali (piroclastiti sciolte) prodotte da eruzioni dei Campi Flegrei ("Formazione dei Fondi di Baia" di Rittmann, 1951 o "Unità dei Tefra superiori" secondo Rosi et al., 1988). Tali depositi affiorano estesamente nei termini sommitali delle successioni stratigrafiche di Procida e Vivara con spessori di 3 o 4 m. I depositi dell'Unità dei Tefra superiori o Formazione dei Fondi di Baia sono essenzialmente riconducibili all'attività post-caldera antica (Fase A di Rosi e Sbrana, 1987), dei Campi Flegrei ed a eruzioni dell'attività preistorica (Età del Bronzo) dell'Isola d'Ischia. Secondo Rosi et al. (1988) l'attribuzione dei Tufi superiori ai soli Vulcani dei Fondi di Baia di Rittmann (1951), frequentemente ripresa da tutti gli autori successivi può essere in contrasto con la presenza di più livelli separati da paleosuoli, che ne indicano un accumulo ad opera di più eruzioni e con l'età troppo antica (14.000 anni) di almeno uno di essi.

5. Costone di Terra Murata lato Marina Corricella

5.1 Stato dei luoghi

L'area oggetto del presente rapporto tecnico è situata nel settore nord-occidentale dell'isola di Procida. Infatti, la Chiesa di S. Michele ed il palazzo dell'ex Conservatorio delle Orfane sorgono immediatamente a ridosso di una scarpata sub-verticale che separa il Borgo Terra Murata dal mare.

La ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo è stata semplificata dalla presenza di questa scarpata. Infatti, questa permette l'osservazione diretta degli strati rocciosi sottostanti la Chiesa per uno spessore di circa 90 metri.

In linea generale, il sottosuolo è costituito da una formazione tufacea stratificata, probabilmente di natura latitica, nell'ambito della quale sono distinguibili due facies con diverse caratteristiche litotecniche (Fig. 9, 10, 11 e 12).



Fig. 9 e 10: Costone Terra Murata lato Marina Corricella dove è visibile la sovrapposizione di due facies con diverse caratteristiche litotecniche.



Fig. 10: Costone Terra Murata con dettaglio mostrante la stratigrafia delle successioni piroclastiche

Fig. 11: Dettaglio della parte sommitale del Costone di Terra Murata

La prima facies, di colore giallo, si presenta completamente litificata, mentre la seconda facies, di colore grigio, è invece semicoerente. Le due facies, pur essendo ben distinguibili l'una dall'altra nella sezione disponibile all'osservazione, non sono separate da un limite litostratigrafico netto. Infatti, la facies gialla litoide sfuma superiormente o lateralmente in quella grigia semicoerente. Ciò è dovuto ai meccanismi che hanno portato alla determinazione delle facies stesse e cioè ai processi di zeolitizzazione post-deposizionale, che, in seguito all'instaurarsi di un'incipiente attività idrotermale, hanno interessato quasi tutti i prodotti tufacei dell'Isola di Procida. L'attività idrotermale, di origine epiprofonda, esplicandosi dal basso verso l'alto e procedendo secondo direttive radiali ha provocato la neoformazione di minerali zeolitici nelle parti basali e centrali della formazione, che di conseguenza ha raggiunto una consistenza litoide ed un colore giallo. Il graduale esaurirsi dell'azione idrotermale nelle zone periferiche della formazione, ha determinato la differenziazione di una facies residuale di colore grigiastro e di consistenza semi-coerente (Fig. 9 e 10).

La giacitura degli strati indica abbastanza chiaramente come il centro di emissione dei prodotti piroclastici tufacei fosse situato poco lontano dalla costa, proprio frontalmente alla Chiesa di S. Michele.

Dal punto di vista strettamente mineralogico-petrografico i prodotti tufacei di Terra Murata sono formati da abbondanti pomici vetrose e ceneri, insieme ad

inclusi di tipo rachitico, nonché cristalli di sanidino e biotite e minerali di neoformazione appartenenti al gruppo delle zeoliti (cabasite e phillipsite).

Le variazioni litostratigrafiche all'interno della stessa formazione ed i rapporti geometrici tra questa e le altre formazioni rocciose sono ben distinguibili lungo le falesie costiere che caratterizzano l'Isola di Procida.

Procedendo da Terra Murata verso il nord geografico, si osserva un aumento di spessore progressivo della facies grigia rispetto a quella litoide di colore giallo. In particolare, proprio sotto la Chiesa in esame, la facies grigia semicoerente è assente, mentre, poche decine di metri più a nord, raggiunge uno spessore di circa 30 m.

Al di sopra del tufo descritto si rinvencono i prodotti eterogenei e brecciformi che costituiscono la cosiddetta Breccia di Punta della Lingua (dal toponimo della località di maggiore affioramento), e al di sopra di questa in successione si rilevano uno o più livelli di paleo suoli, piroclastiti ascrivibili all'attività del centro craterico di Solchiaro ed i prodotti prevalentemente pomicei riferibili ai Campi Flegrei (Fondi di Baia).

Dal punto di vista geomorfologico, va specificato che la località Terra Murata, con il picco di 92 m s.l.m. rappresenta la zona più alta di tutta l'isola di Procida (Vivara esclusa).

L'area circostante la Chiesa di S. Michele ed il Complesso dell'Ex Conservatorio delle Orfane non appare direttamente interessata da fenomeni erosivi, mentre la scarpata tra Punta dei Monaci e Punta della Lingua è sottoposta all'intensa

azione modellatrice del mare. Infatti, la parete rocciosa arretra in seguito a meccanismi erosionali di tipo falesia. In pratica, le onde, frangendo alla base della scarpata ne provocano, con una duplice azione fisico-chimica, lo sgottamento con la formazione di profondi solchi di battigia. Quando questo fenomeno raggiunge una certa entità, la roccia sovrastante, lavorando a mensola e superando sotto la spinta del proprio carico il limite di rottura tangenziale, si frattura dando luogo a crolli di parti più o meno estese della parete.

Profonde fratture sono attualmente rilevabili in diversi punti della parete esposta, che, isolando alcuni pacchi di strati, ne rendono precario l'equilibrio. Inoltre, l'azione degli agenti atmosferici ed in particolare dell'acqua piovana, tende ad approfondire anche le fratture più piccole, accentuandone progressivamente le dimensioni e favorendo così gli scoscendimenti di rocce.

Dal punto di vista meccanico, la roccia sottostante la Terra Murata ed in particolare la Chiesa di S. Michele ed il Complesso dell'Ex Conservatorio delle Orfane presenta caratteristiche tecniche simili a quelle del Tufo Giallo Napoletano. Sono stati prelevati alcuni campioni ed eseguita una determinazione delle caratteristiche geotecniche, che hanno fornito i seguenti parametri:

Peso di volume = 1.3-1.5 g/centimetro cubo

Carico di rottura a compressione = 30-70 kg/centimetro quadrato

Angolo di attrito interno = 15°-20°

Coesione = 20-30 kg/centimetro quadrato

5.2 Infiltrazioni d'acqua e loro possibile natura

Il monitoraggio delle infiltrazioni d'acqua nella zona di Terra Murata è stato eseguito effettuando rilevamenti geologici di dettaglio e sopralluoghi geologico-tecnici sulle infiltrazioni d'acqua stesse.

In particolare, in zona Terra Murata è stato effettuato un sopralluogo sul piazzale oltre la Porta che segna l'inizio del borgo medievale, dopo il Belvedere dei Due Cannoni. Tale sopralluogo è stato effettuato con lo scopo di ricostruire eventuali connessioni tra le perdite d'acqua documentate in questa zona da almeno 100 anni (oltre la porta) ed i fenomeni analoghi di perdite di acqua documentati alle pendici della strada denominata Salita Castello, che da Piazza dei Martiri conduce verso il borgo di Terra Murata. Secondo la testimonianza della Sig. Scotto di Perrotolo, la cui abitazione è coinvolta dalle suddette perdite, le infiltrazioni d'acqua sarebbero iniziate in concomitanza con l'inizio dei lavori di realizzazione della fogna.

In corrispondenza del piazzale di Terra Murata sono stati riscontrati, a pochi metri di distanza tra loro, affioramenti di tufi asciutti e molto bagnati, con perdite d'acqua tuttora attive e molto consistenti. Iniziando da sinistra verso destra nel piazzale, cioè da monte verso valle è stato riscontrato un primo affioramento, caratterizzato da tufi grigi all'apparenza piuttosto litificati, contenenti una consistente frazione grossolana, costituita da lapilli scoriacei e

pomici di colore scuro di dimensioni centimetriche, talora organizzate in livelli bitan

Procedendo verso valle (cioè scendendo verso la porta medievale del borgo) sono stati osservati altri affioramenti molto umidi con acqua attualmente percolante di tufi di colore grigio-giallastro, analoghi a quelli rinvenuti nell'affioramento adiacente, in quanto non si evidenzia alcuna variazione litologica evidente. L'altezza dell'affioramento di tufi bagnati è di circa 2 metri.

Procedendo ulteriormente verso valle, è stato osservato un altro affioramento di tufi, stavolta molto più asciutto.

E' documentata nella zona la presenza di cavità nel sottosuolo (antiche piscine) e del sistema della vecchia fogna di età borbonica, alla quale, secondo testimonianze degli abitanti del luogo, alcune abitazioni sarebbero ancora allacciate. Recentemente, dopo i lavori di pulizia della vecchia fogna effettuati dalla ditta Zecchina, le perdite in quest'area sembravano essersi attenuate ed i settori di affioramenti tufacei nella piazza, che attualmente appaiono asciutti sono quelli sottostanti le abitazioni che si sono regolarmente incanalate nella fogna. Inoltre, secondo le testimonianze di abitanti del luogo, alcune abitazioni del settore a monte del piazzale (borgo storico di Terra Murata) non sarebbero incanalate nel sistema fognario. In questi casi, l'acqua sarebbe drenata da monte verso valle, trovando vie preferenziali nei giunti di stratificazione e nella pendenza delle formazioni tufacee.

Un secondo sopralluogo è stato effettuato presso il costone tufaceo che si trova alle pendici di Salita Castello (Terra Murata), procedendo da Via S. Domenico verso il piazzale fuori le mura. In particolare, è stato effettuato un sopralluogo presso l'abitazione Scotto di Perrotolo, sita in Via S. Domenico (traversa posta alla base di Salita Castello) e situata a ridosso del costone tufaceo della Terra Murata lato Marina Corricella. Secondo le testimonianze raccolte le perdite d'acqua avvengono qui da molto tempo e hanno interessato in modo considerevole l'abitazione in oggetto, costringendo gli abitanti ad effettuare lavori di manutenzione ordinaria all'interno della casa. Dopo il parziale consolidamento di un settore del costone (lateralmente all'abitazione) avvenuta con iniezioni di cemento e attraverso l'impermeabilizzazione di fratture (piccole faglie verticali) che disarticolano a blocchi il costone in oggetto, le perdite d'acqua sembravano essersi ridotte per un periodo, fino a quando, in tempi recenti, queste sono riprese in modo nuovamente considerevole, con un'ordine di grandezza di una lama d'acqua che cadeva in modo continuo, come una piccola cascata.

I sopralluoghi geologico-tecnici che sono stati effettuati per le problematiche legate alle infiltrazioni d'acqua hanno evidenziato alcuni elementi di carattere generale, senza tenere in considerazione il problema fognario ed il problema delle perdite d'acqua provenienti da monte, che probabilmente in qualche modo risultano connesse con il problema in oggetto, cioè delle percolazioni d'acqua più a valle.

L'analisi geologica ha consentito in via preliminare di segnalare i seguenti elementi:

- 1) Stato di dissesto geomorfologico elevato del costone tufaceo della Terra Murata lato Marina Corricella, peraltro già in parte sistemato attraverso muri di contenimento, di cui uno disposto longitudinalmente a lato delle abitazioni ed alcuni disposti in modo puntuale, reti metalliche che insistono su singole parti del costone e locali interventi di iniezione di cemento e tubi. Il dissesto geomorfologico è favorito dalla presenza di fenomeni di erosione selettiva dei tufi grigi (termini sommitali della successione stratigrafica che costituisce il costone), innescati dalla stratificazione a scala metrica dei tufi stessi, costituiti da livelli più litificati (sporgenti) e da livelli meno litificati (rientranti) e morfologicamente differenti.**
- 2) Sono presenti inoltre sistemi di fratture (piccole faglie verticali), che provocano una disarticolazione a blocchi del materiale tufaceo e che comunque costituiscono, unitamente ai piani di stratificazione, che presentano una generale immersione verso mare, vie preferenziali di drenaggio di acque provenienti da monte (cioè dalla Terra Murata sotto la strada e verso mare). La permeabilità dei tufi grigi sommitali può quindi essere sia primaria, cioè dovuta alla scarsa litificazione dei depositi, che risultano ricchi di spazi intergranulari, che secondaria, cioè dovuta all'intensa fratturazione, che favorisce la circolazione dell'acqua.**

6. Comprensorio Centane-Panoramica

6.1 Stato dei luoghi

Lo stato dei luoghi del comprensorio Centane-Panoramica è stato recentemente descritto in dettaglio durante lo svolgimento di indagini geologico-tecniche per la sistemazione di aree pubbliche con destinazione turistico-ricreativa (Aiello, 2016). Viene dunque qui brevemente richiamato.

L'evoluzione dello stato dei luoghi dell'area del comprensorio Centane-Panoramica è stata delineata come segue (Aiello, 2016). In particolare, l'area compresa tra la Via Panoramica e la costa a strapiombo sulla Baia del Carbonchio è costituita da un costone tufaceo degradante, sul quale sono stati riversati in tempi recenti materiali e terreni provenienti da scavi autorizzati. L'incongruenza e la quantità del materiale rendono necessari interventi finalizzati al risanamento dell'area, che dipendono dall'analisi geologica effettuata, tesa ad appurare lo stato del sottofondo e l'andamento altimetrico dell'area.

L'analisi geologica, opportunamente corredata da prove geologico-tecniche per la determinazione della stratigrafia e delle caratteristiche tecniche dei terreni nelle aree oggetto dell'intervento, si è resa particolarmente indispensabile per i settori lato mare compresi nel progetto di sistemazione (in particolare il settore denominato A in Fig. 3 e compreso tra la Via Panoramica e la costa a

strapiombo del Carbonchio), adibito fino a tempi recenti alla discarica di terreni di riporto.

Infatti, la morfologia attuale dei costoni tufacei nelle zone verso mare rispetto alla Via Alcide De Gasperi è qui notevolmente variata rispetto a quella originaria, dato che tali aree sono state utilizzate fin dagli anni 60 per la discarica di terreni di riporto. Tali materiali di riporto costituiscono attualmente un cuneo di discrete dimensioni che ricopre i tufi vulcanici riconducibili all'eruzione dell'apparato di Solchiaro, estesamente affioranti lungo le falesie costiere nel settore che raccorda Punta Pizzaco con Punta Solchiaro e lungo il taglio stradale della Via Alcide De Gasperi.

E' stata eseguita la determinazione delle caratteristiche tecniche dei terreni di riporto tramite il prelievo di campioni disturbati ed il saggio geologico-tecnico eseguito tramite prove penetrometriche standard (Aiello, 2016). Viene a titolo di esempio qui riportato un esempio delle analisi eseguite.

Sono stati prelevati nel corso delle prove n. 1, n. 2 e n. 5 alcuni campioni di terreno, sui quali sono state eseguite alcune analisi geotecniche di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche generali dei terreni e della loro granulometria.

I risultati delle prove penetrometriche eseguite hanno consentito di ricavare lo spessore dei terreni di riporto che ricoprono il substrato roccioso costituito dai tufi vulcanici dell'apparato di Solchiaro e le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni attraversati. Queste sono state calcolate attraverso algoritmi di

calcolo che permettono di correlare i parametri geotecnici con il numero di colpi del penetrometro standard (Nspt).

Le caratteristiche tecnico-meccaniche dei tufi di Solchiaro sono state determinate tramite la correlazione con prove penetrometriche standard e vengono di seguito elencate:

Angolo di attrito interno: $FI = 37^{\circ}-40^{\circ}$

Rapporto peso-volume secco: $GA = 1.65$ t/metro cubo

Resistenza dinamica alla punta: $Rd = 50.94$ kg/centimetro quadrato

Coesione non drenata: $Cu = 0$

Resistenza alla compressione (σ): compresa tra 1.5 e 2 kg/centimetro quadrato.

La coesione non drenata Cu assume valori molto bassi, tali da ritenersi nulla ai fini dei calcoli geotecnici.

Le prove penetrometriche hanno evidenziato le seguenti caratteristiche tecnico-meccaniche dei terreni di riporto lungo l'area costiera denominata area A e localizzata nel comprensorio Centane-Panoramica (Isola di Procida; Aiello, 2016). Viene a titolo di esempio riportato il sondaggio S1

Sondaggio S1

Parametri geotecnici

Le analisi penetrometriche per la determinazione dello spessore e dei parametri geotecnici sono state effettuate sino alla profondità di 3.6 m, alla quale è stato rinvenuto il substrato roccioso costituito dai tufi. Tra il piano campagna e la profondità di 3.6 m è stata rinvenuta un'alternanza di strati di terreno di consistenza variabile, tra molto addensata e sciolta.

Le caratteristiche generali sono state determinate in laboratorio su un campione disturbato prelevato alla profondità di 3.4 m dal piano campagna nel corso dell'esecuzione della prova penetrometrica S1.

Le caratteristiche generali del campione, che in base alle analisi granulometriche è risultato come una sabbia ghiaiosa debolmente limosa, risultano le seguenti:

Peso specifico dei grani 2.36 g/centimetro cubo

Peso volume 1.50 g/cm cubo

Contenuto in acqua 35.70 %

Peso secco 1.10 g/cm cubo

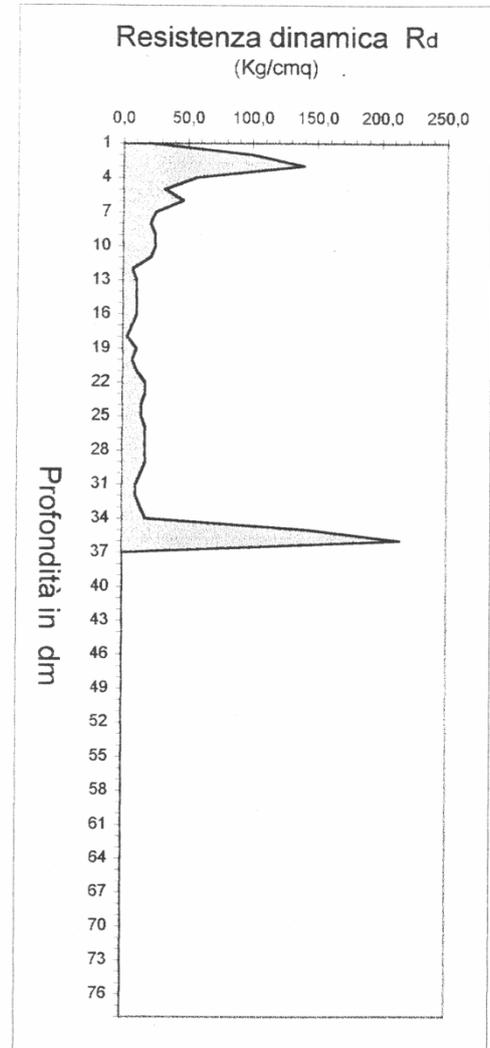
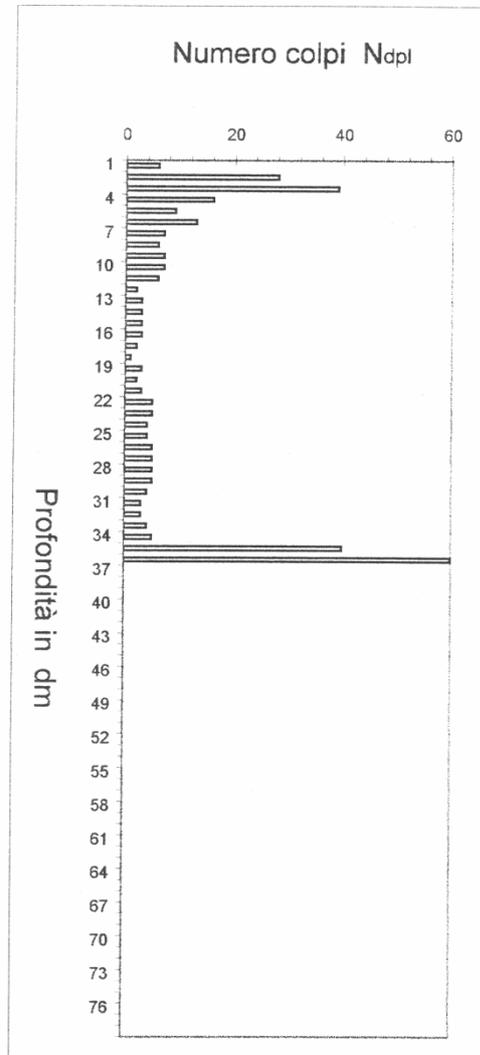
Indice dei vuoti 1.67

Porosità 62.53 %

Grado di saturazione 100%

Lo stato dei luoghi del comprensorio Centane-Panoramica differisce relativamente alle aree a monte della strada (area B e area D) ed alle aree poste a lato mare (area A). Mentre le prime aree sono caratterizzate dall'affioramento di rocce piroclastiche litoidi, ed in particolare dei tufi ialoclastici di colore giallastro ascrivibili all'apparato vulcanico di Solchiaro, che affiorano lungo una parete sub-verticale nell'area più a monte e lungo una scarpata a bassa pendenza in quella più a valle.

Elaborato prova penetrometrica N. 1



Penetrometri Pagani (PC) - τ_G 30-20 *dinamico*

6.2 Dissesto geomorfologico e possibili soluzioni

E' stato recentemente evidenziato l'elevato dissesto geomorfologico del costone della spiaggia della Chiaia e la sistemazione del costone recentemente eseguite nell'ambito dei progetti FESR con la realizzazione di muri di contenimento atti a contenere i fenomeni erosivi e rendere sicura la balneazione pubblica.

Le due aree a monte di Via Alcide De Gasperi (comprensorio Centane-Panoramica) e denominate come area D e area B, attualmente già sistemate con attrezzature ricreative per l'infanzia, non presentano un grado di dissesto geomorfologico tanto elevato come quello delle aree lato mare, in quanto caratterizzate dalla presenza dei Tufi Gialli di Solchiaro.

I tufi di Solchiaro affiorano lungo una parete rocciosa all'incirca subverticale nella prima area, posta più a monte e formano una scarpata a bassa pendenza nella seconda area, posta più a valle. Ad una prima analisi tali zone possono quindi ritenersi relativamente più stabili rispetto alle zone poste verso il lato mare, essendo caratterizzate dall'affioramento di terreni litoidi.

Va comunque segnalata la presenza di piccole superfici di frattura, che interessano la parete rocciosa tufacea; allo stato dei luoghi attuale tali fratture non comportano problemi di stabilità, ma nel futuro andranno comunque tenute sotto controllo, onde prevedere, con il procedere dell'erosione, eventuali fenomeni di crollo di blocchi isolati da tali fratture.

Inoltre, va sottolineata la presenza di terreni di riporto e materiali di risulta vari alla base della parete tufacea che, per un risanamento ambientale ottimale dell'area, andrebbero comunque rimossi (Aiello, 2016).

7. Conclusioni

I tratti di costa alta dell'isola di Procida, come tutte le coste alte, rappresentano superfici erosive che si sono sviluppate nel tempo in seguito alle interazioni tra vulcanismo, tettonica, eustatismo e cambiamenti climatici.

Tali coste alte insieme ai versanti retrostanti ed ai fondali antistanti, rappresentano forme transitorie controllate da processi geomorfologici e geomeccanici, oltre che alle attività antropiche. Si tratta quindi di forme mutevoli ed instabili per loro natura anche se le velocità di variazione di forma possono essere variabili. La tipologia di fenomeni che più contribuisce alle variazioni di forma delle coste alte è quella di frana, tenendo comunque sempre presenti le particolarità (rispetto alle frane "continentali") della frane costiere, legate alle azioni del mare.

I tratti di costa alta dell'isola di Procida presentano una notevole articolazione e complessità, in ragione della complessità dell'evoluzione vulcano-tettonica e geomorfologica dell'isola stessa, durante la quale si evidenziano peraltro anche importanti fenomeni di frana. Nell'ambito del presente studio le falesie costiere sono state rinvenute sia nel settore Terra Murata antistante la Marina

Corricella, che nel comprensorio Centane- Panoramica (falesie di Punta Pizzaco e di Punta Solchiaro, falesia della spiaggia della Chiaia). In base all'esecuzione di indagini geologico-tecniche e di rilevamenti geologici di dettaglio, il dissesto geomorfologico di tali falesie si presenta, in generale, elevato e lungo il costone di Terra Murata lato Marina Corricella è accompagnato da importanti infiltrazioni d'acqua al contatto tra formazioni tufacee caratterizzate da diversa permeabilità e caratteristiche litologiche e litotecniche.

Le falesie costiere (*coastal cliffs*; Castiglioni, 1979; Sunamura, 1992; Carobene, 2004; Pranzini, 2004; Strahler, 2015) si producono in seguito all'erosione da parte del moto ondoso di rocce da semicoerenti a coerenti e rappresentano pareti rocciose immergenti verso mare con una certa inclinazione.

Le falesie costiere possono essere definite attive o inattive, a seconda se il moto ondoso erode direttamente il piede di falesia. Una falesia costituisce generalmente una superficie di affioramento di roccia libera da coperture, ma in seguito all'attività di frane, falesie attive possono trasformarsi in inattive secondo uno *slope replacement*, nell'ambito del quale detrito ed altri depositi si accumulano, laddove la morfologia dei fondali e l'azione del moto ondoso e delle correnti sottocosta lo permettono, lungo il piede della falesia stessa.

L'evoluzione dell'intera superficie di falesia è principalmente controllata dall'azione demolitrice del mare al piede, attraverso fenomeni di scalzamento e conseguenti fenomeni di deformazione, fatturazione, rottura e movimenti gravitativi di massa (individuazione di frane).

La costa a falesia attiva dell'Isola di Procida può essere rappresentata con criteri geomorfologici, nei quali assumono una rilevante importanza la prima o più marcata diminuzione di pendenza, risalendo dalla linea di riva. Di conseguenza, possono essere esclusi i tratti di versante costiero a più debole pendenza, analogamente ai tratti di falesia morta (“inattiva”).

Lo studio geologico e geomorfologico di alcuni affioramenti di tufo localizzati nel borgo medievale di Terra Murata, che rappresenta il centro storico dell'Isola di Procida, ha evidenziato la presenza di copiose infiltrazioni d'acqua, localizzate in corrispondenza di formazioni tufacee con caratteristiche tecniche diverse e favorite dalla presenza locale di un'intensa fratturazione delle formazioni in oggetto. Inoltre, tali infiltrazioni sono probabilmente collegate alla presenza dell'antica fogna borbonica, con cavità o cisterne tuttora presenti nel sottosuolo, alle quali alcune abitazioni risulterebbero tuttora allacciate.

Lo studio geologico-tecnico eseguito ha evidenziato che tali infiltrazioni risultano particolarmente abbondanti negli affioramenti di tufo localizzati nel piazzale oltre la Porta che segna l'ingresso al borgo medievale di Terra Murata. Tali infiltrazioni risultano inoltre particolarmente consistenti negli affioramenti di tufo localizzati lungo le pendici della strada denominata Salita Castello e che fanno parte del costone tufaceo di Terra Murata che si affaccia verso la Marina Corricella.

Sono state individuate e descritte tramite un rilevamento geologico di dettaglio le litologie in corrispondenza delle quali sono localizzate tali infiltrazioni. Nel

piazzale oltre la Porta di Terra Murata, le litologie coinvolte dalle infiltrazioni sono rappresentate da tufi grigi litificati, contenenti una consistente frazione grossolana, rappresentata da lapilli scoriacei e pomici di colore scuro, di dimensioni da centimetriche a decimetri che, talora organizzate in livelli significativi. Altre litologie sono rappresentate da tufi di colore grigio-giallastro, all'interno dei quali non sono state riscontrate variazioni litologiche significative.

Lo studio geologico dell'area del comprensorio Centane-Panoramica (Via Alcide De Gasperi, Isola di Procida, Golfo di Napoli) si è articolato attraverso il rilevamento geologico e geomorfologico delle zone interessate dal progetto di sistemazione turistico-ricreativa ed attraverso l'esecuzione di indagini geognostiche (prove penetrometriche e analisi geotecniche). Tale studio e le relative conclusioni vengono riportate in dettaglio da Aiello (2016).

Dallo studio effettuato si evince una maggiore sicurezza, da un punto di vista geomorfologico, delle aree situate a monte della Via Alcide De Gasperi (area D e area B), che non presentano un grado di dissesto geomorfologico elevato, essendo caratterizzate dall'affioramento di terreni litoidi e coerenti (tufi vulcanici della Formazione di Solchiaro).

Al contrario, le aree lato mare (area A e area C) situate a valle della strada ed a ridosso della falesia costiera presentano invece un dissesto geomorfologico più elevato, soprattutto relativamente alla parte superiore della scarpata, che si

presenta poco stabile, in considerazione del fatto che tali aree sono state adibite fino a tempi recenti alla discarica di terreni di riporto.

Le indagini geognostiche sono state quindi preferenzialmente eseguite lungo la spianata dell'area A con lo scopo di stabilire la natura e le caratteristiche tecniche dei terreni di riporto e di procedere alla sistemazione turistico-ricreativa degli spazi pubblici.

Vengono qui sintetizzate alcune conclusioni relative alle singole aree oggetto di studio (Aiello, 2016).

Aree poste a monte della Via Alcide De Gasperi

AREA B: tale zona, attualmente già attrezzata come parco giochi per l'infanzia con attrezzature leggere, risulta in generale idonea per gli scopi ai quali è stata adibita. Infatti alle spalle della spianata erbosa è presente una parete rocciosa sub verticale costituita dai tufi vulcanici della Formazione di Solchiaro. Tali terreni, essendo litoidi e coerenti, non presentano, relativamente allo stato dei luoghi attuale, grandi problemi di stabilità e dissesto geomorfologico. L'assetto geologico di tale area va comunque tenuto sotto controllo relativamente allo stato futuro: infatti, la presenza di fratture longitudinali con distribuzione casuale potrebbe comportare, con il procedere dell'erosione ad opera degli agenti meteorici, l'isolamento di pezzi di roccia ed il loro crollo. Inoltre, va segnalata la presenza, ai piedi della parete rocciosa tufacea, di materiali di risulta che, nell'ottica di un risanamento ambientale ottimale dell'area, andrebbero comunque rimossi attraverso un intervento di pulizia.

AREA D: anche tale zona, come la precedente attualmente già attrezzata come parco giochi per l'infanzia con attrezzature leggere, risulta in generale idonea per gli scopi ai quali è stata adibita. Alle spalle di quest'area i tufi vulcanici della Formazione di Solchiaro affiorano lungo una scarpata a bassa pendenza, mostrando una generale immersione degli strati verso la strada.

Aree poste a valle della Via Alcide De Gasperi ed a ridosso della falesia costiera

AREA A: La morfologia attualmente pianeggiante delle scarpate lato mare sulla Via Alcide De Gasperi (area A e area C) può trarre in inganno sulle loro condizioni di stabilità, che possono invece risultare precarie, soprattutto qualora tali zone venissero sottoposte a carichi non proporzionati ai parametri geotecnici di stabilità dei terreni di riporto o in condizioni di sovralluvionamento di acqua, considerata anche l'assenza di un sistema di canalette di drenaggio delle acque meteoriche e di ruscellamento superficiale.

Le condizioni di instabilità dei terreni di riporto sovrastanti i tufi ialoclastici della Formazione di Solchiaro risultano particolarmente evidenti lungo le scarpate laterali verso mare, in quanto queste sono costituite da terreni sciolti, con scadenti caratteristiche tecniche. Inoltre, l'angolo di acclività dei terreni di riporto non è l'angolo di scarpa naturale del pendio, dato che tali materiali sono rimaneggiati e depositati fino a tempi recenti (zona A e zona C

superiore delle scarpate danno origine a piccoli smottamenti di terra e risultano facilmente franabili.

La determinazione delle caratteristiche tecniche dei terreni di riporto e della loro stratimetria è stata effettuata attraverso l'esecuzione di sondaggi geognostici ed analisi geotecniche di laboratorio, che sono state preferenzialmente eseguite lungo il settore lato mare denominato area A.

I sondaggi geognostici sono stati effettuati tramite prove penetrometriche dinamiche, atte a determinare il grado di addensamento dei terreni di riporto e il loro angolo di attrito interno (FI), che risulta direttamente collegato con la resistenza al taglio dei materiali e la profondità del substrato roccioso (tufi gialli del Vulcano di Solchiaro) al di sotto dei terreni di riporto.

La determinazione dell'angolo di attrito interno FI ha consentito quindi la valutazione dei carichi massimi ai quali i terreni possono essere sottoposti e la considerazione degli interventi di sistemazione e/o di consolidamento ai quali sarebbe necessario sottoporre tali aree.

Le prove penetrometriche sono state effettuate nella zona con rischio geomorfologico più elevato, lunga circa 100 m e posta ad una quota media di circa 46 m, dal bordo della Via Alcide De Gasperi fino al versante della falesia costiera. Tale zona presenta un elevato rischio, sia da un punto di vista geotecnico, in quanto caratterizzata da materiali sciolti di riporto che ricoprono il tufo giallo di Solchiaro (che costituisce la sottostante falesia ed affiora estesamente lungo i tagli stradali della Via Panoramica), che da un

punto di vista morfologico e della stabilità delle scarpate verso mare, dato che i terreni sciolti lungo la scarpata, caratterizzata da elevata acclività, possono facilmente dare origine a smottamenti di terreno. Tutte le prove sono state eseguite in punti ubicati sul bordo verso mare dell'area A in prossimità della rottura di pendenza che segna l'inizio della falesia costiera.

Sono state inoltre eseguite alcune analisi geotecniche di laboratorio su campioni di terreno prelevati nel corso delle prove penetrometriche, allo scopo di determinare le caratteristiche tecniche generali dei terreni di riporto (peso dell'unità di volume, granulometria, contenuto d'acqua, etc.).

I risultati delle suddette indagini geognostiche per il settore denominato area A hanno indicato la presenza nel sottosuolo di tale zona di un cuneo di terreni di riporto di spessore medio di 6.5 – 7 m, costituito da terreni a granulometria relativamente grossolana (sabbie ghiaiose e debolmente limose) e con un contenuto d'acqua piuttosto basso. Tali risultati sono compatibili con l'uso di detta area a scopo turistico-ricreativo se non vi vengono alloggiate strutture pesanti.

Data l'instabilità e la franosità della parte superiore della scarpata, costituita da terreni sciolti analoghi a quelli rinvenuti nel sottosuolo durante le indagini geognostiche, è stata consigliata l'esecuzione di opere di recinzione di tale scarpata, onde ridurre al minimo le sollecitazioni meccaniche alle quali i terreni sciolti potrebbero essere sottoposti. Inoltre, per evitare l'aumento del contenuto d'acqua dei terreni di riporto, che potrebbe essere la causa di

potenziali smottamenti e fenomeni franosi, si consiglia la messa in posa di un sistema di canalette di drenaggio per lo scolo delle acque di ruscellamento meteoriche e superficiali.

8. Bibliografia

Aiello G. (2016) Studio geologico del comprensorio Centane-Panoramica (Isola di Procida, Golfo di Napoli). Istituto per l'Ambiente Marino Costiero (IAMC), Consiglio Nazionale delle Ricerche, Monografia, Rapporto Tecnico, edito da CNR Solar (Biblioteca Centrale del Consiglio Nazionale delle Ricerche), luglio 2016.

Alessio M., Bella F., Improta S., Belluomini G., Calderoni G., Cortese C., Turi B. (1976) University of Rome Carbon 14 Dates XIV, Radiocarbon, 18/3, 321-349.

Carobene L. (2004) Uplifted coastlines and marine terraces. In: Crescenti V., D'Offizi S., Merlino S. e Sacchi L. (Eds.) Geology of Italy. Società Geologica Italiana, Special Volume, Roma, pp. 174-177.

Castiglioni G.B. (1979) Geomorfologia. Hoepli, Milano.

Deino A.L., Orsi G., De Vita S., Piochi M. (2004) The age of the Neapolitan Yellow Tuff caldera-forming eruption (Campi Flegrei caldera – Italy) assessed by $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating method. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 133, 157-170.

Di Girolamo P., Stanzione D. (1973) Lineamenti geologici e petrologici dell'Isola di Procida. Rend. Soc. It. Mineral. Petrol., 24/5, 81-126.

Di Girolamo P., Ghiara M., Lirer L., Munno R., Rolandi G., Stanzione D. (1984) Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei. Boll. Soc. Geol. Ital., 103, 349-370.

Parascandola A. (1924) I crateri dell'Isola di Procida. Boll. Soc. Naturalisti in Napoli, 40, 36, 57-60.

Pescatore T., Rolandi G. (1981) Osservazioni preliminari sulla stratigrafia dei depositi vulcanoclastici nel settore SW dei Campi Flegrei. Boll. Soc. Geol. Ital., 100, 233-254.

Pranzini E. (2004) La forma delle coste. Geomorfologia costiera, impatto antropico e difesa dei litorali. Zanichelli Editore, Bologna, Italy.

Rosi M., Sbrana A. (1987) Phlegrean Fields. CNR, Quaderni De La Ricerca Scientifica, Roma, Italy.

Rosi M., Sbrana A., Vezzoli L. (1988) Stratigrafia delle isole di Procida e di Vivara. Bollettino GNV, 4, 500-525.

Strahler A. (2015) Fondamenti di geografia fisica. Edizione italiana a cura di Elvio Lavagna e Guido Lucamo. Zanichelli Editore, Bologna, Italy.

Sunamura T. (1992) Geomorphology of Rocky Coasts. John Wiley and Sons, Chichester, USA.

Terzaghi K., Peck R.B. (1974) Geotecnica. UTET Editore, 641 pp.

Vezzoli L. (1988) Island of Ischia. CNR, Quaderni De La Ricerca Scientifica, Roma, Italy.

