Comune di Pozzuoli

Trenchless Technology nei Campi Flegrei:

Infrastrutture sostenibili tra sfide archeologiche, ambientali e bradisismiche

Stefano Terrazzano, Dirigente, Comune di Pozzuoli
Elia Puglia, Responsabile Grande Progetto Campi Flegrei
Davide Giri, Servizio Progetti Speciali
Livia Russo, Servizio Progetti Speciali

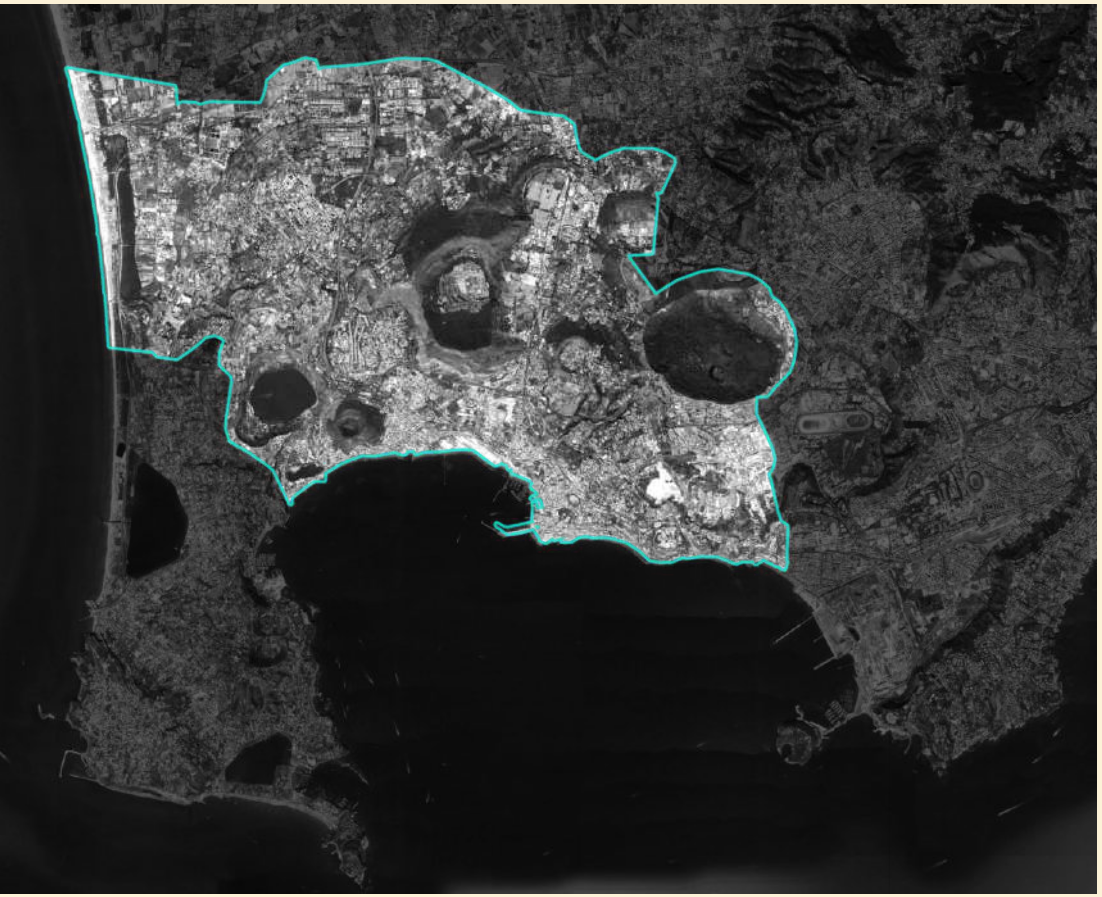
Parco Esposizioni Novegro - 11 giugno 2025

Comune di Pozzuoli

Direzione 8 – Coordinamento Ambiente e Servizi Pubblici

Servizio Progetti Speciali

Il No-Dig nel Grande Progetto dei Campi Flegrei: una tecnica di sopravvivenza!



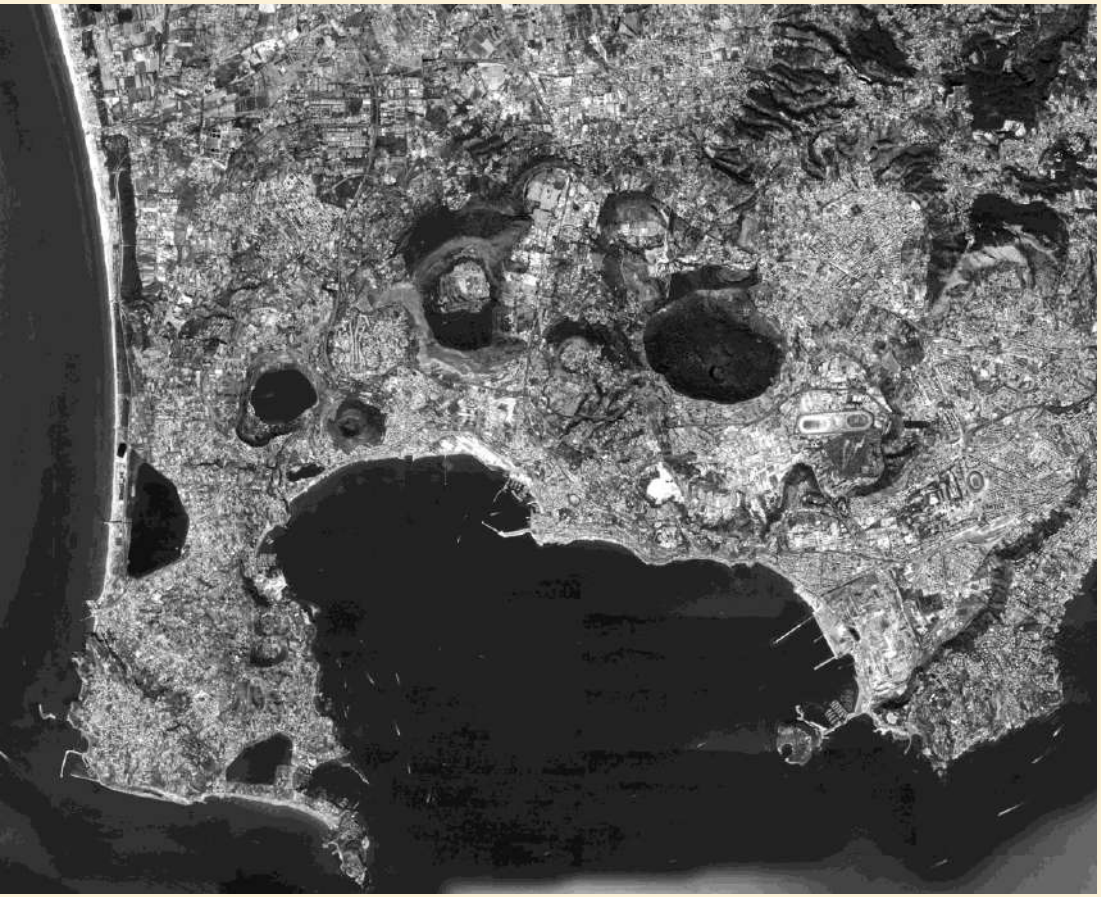
Pozzuoli

Una complessa storia di stratificazioni e riconfigurazioni, nell'incessante ricerca di un nuovo equilibrio

Ubicazione

Italia > Campania > Città Metropolitana di Napoli (zona ovest)

Questo luogo rappresenta un unicum territoriale nel quale l'equilibrio tra fattori antropici e naturali sembra essere messo ciclicamente in ***crisi***, ma altrettanto ciclicamente ***recuperato*** attraverso la ricerca di nuove configurazioni di equilibrio.



Pozzuoli

Una complessa storia di stratificazioni e riconfigurazioni, nell'incessante ricerca di un nuovo equilibrio

Ubicazione

Italia > Campania > Città Metropolitana di Napoli (zona ovest)

Pozzuoli

Una complessa storia di stratificazioni e riconfigurazioni, nell'incessante ricerca di un nuovo equilibrio

Ubicazione

Italia > Campania > Città Metropolitana di Napoli (zona ovest)

Campi Flegrei

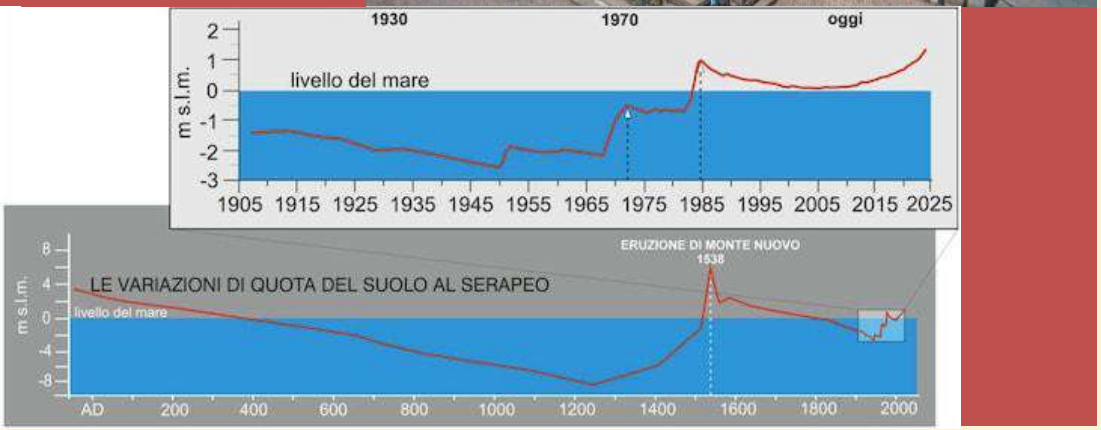
Area geografica estesa tra i comuni di Bacoli, Monte di Procida, Pozzuoli, Quarto, Giugliano in Campania, Marano di Napoli e Napoli. La zona, di origine vulcanica, sorge sulla grande caldera dei Campi Flegrei ("campi ardenti"), un supervulcano tra i più pericolosi al mondo, noto anche per il fenomeno del bradisismo (ciclico innalzamento e abbassamento della livello del suolo).

Le origini della città

La storia

- **VI a.C.:** fondazione
- **II a.C.:** *colonia civium Romanorum*
- **II sec. a.C. – I d.C.:** principale porto di Roma
- **IV d.C**. - **X d.C**: progressiva immersione della costa (-4,0 m)
- **1198:** eruzione Solfatara
- **1448, 1456, 1488:** terremoti
- **1538:** eruzione e formazione Monte Nuovo
- **XIV – XVI:** ricostruzione aragonese della città
- **1970**: crisi bradisismica e sgombero centro antico
- **1983:** crisi bradisismica e sgombero centro storico
- **1985-2005:** bradisismo discendente (senza scosse)
- **2005-oggi:** bradisismo ascendente (+1,4 m) (con scosse)

Le variazioni di quota del suolo al Serapeo
Periodo: 0-2025



Il bradisismo

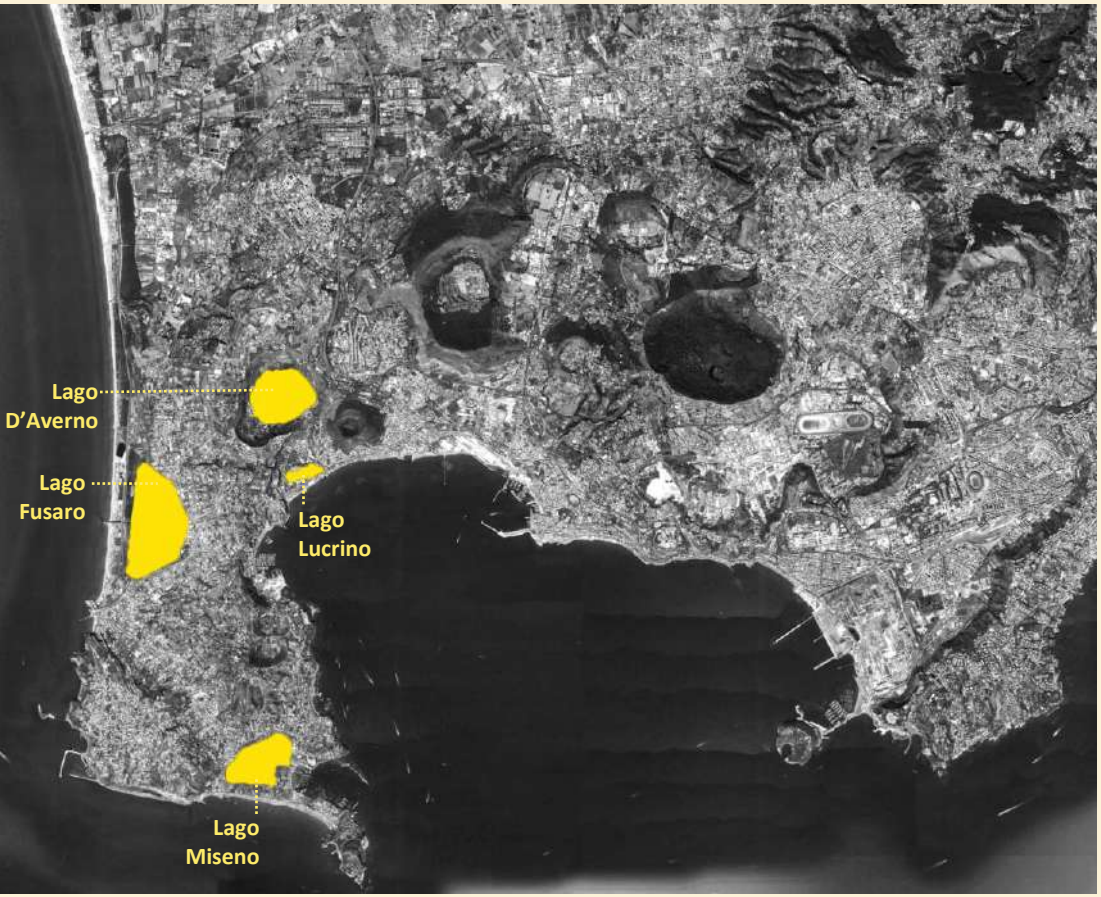
Il fenomeno bradisismico è identificabile come il fattore più incidente delle progressive configurazioni della città, ma, paradossalmente, ha reso Pozzuoli una città elastica ai cambiamenti strutturali, pur nella sua fragilità.

Deformazioni del suolo - Rete GNSS dell'Osservatorio Vesuviano - ***Periodo: 2000-2026***

Darsena di Pozzuoli: confronto tra anno 2000 e 2024

Il bradisismo

Negli ultimi 25 anni oltre 1,40 m di sollevamento del suolo con correlate e continue sollecitazioni sismiche anche sui sistemi impiantistici idrici e fognari



Il Grande Progetto dei Campi Flegrei

Risanamento ambientale e valorizzazione dei laghi dei Campi Flegrei

Obiettivo del programma

Un vasto e articolato programma di risanamento idraulico dell'area dei laghi dei Campi Flegrei (Miseno, Averno, Fusaro e Lucrino)

Comuni coinvolti

- Pozzuoli (capofila) ..... (75.000 abitanti)
- Bacoli ..... (25.000 abitanti)
- Monte di Procida ..... (12.000 abitanti)
- Quarto ..... (40.000 abitanti)

Finanziamento intervento

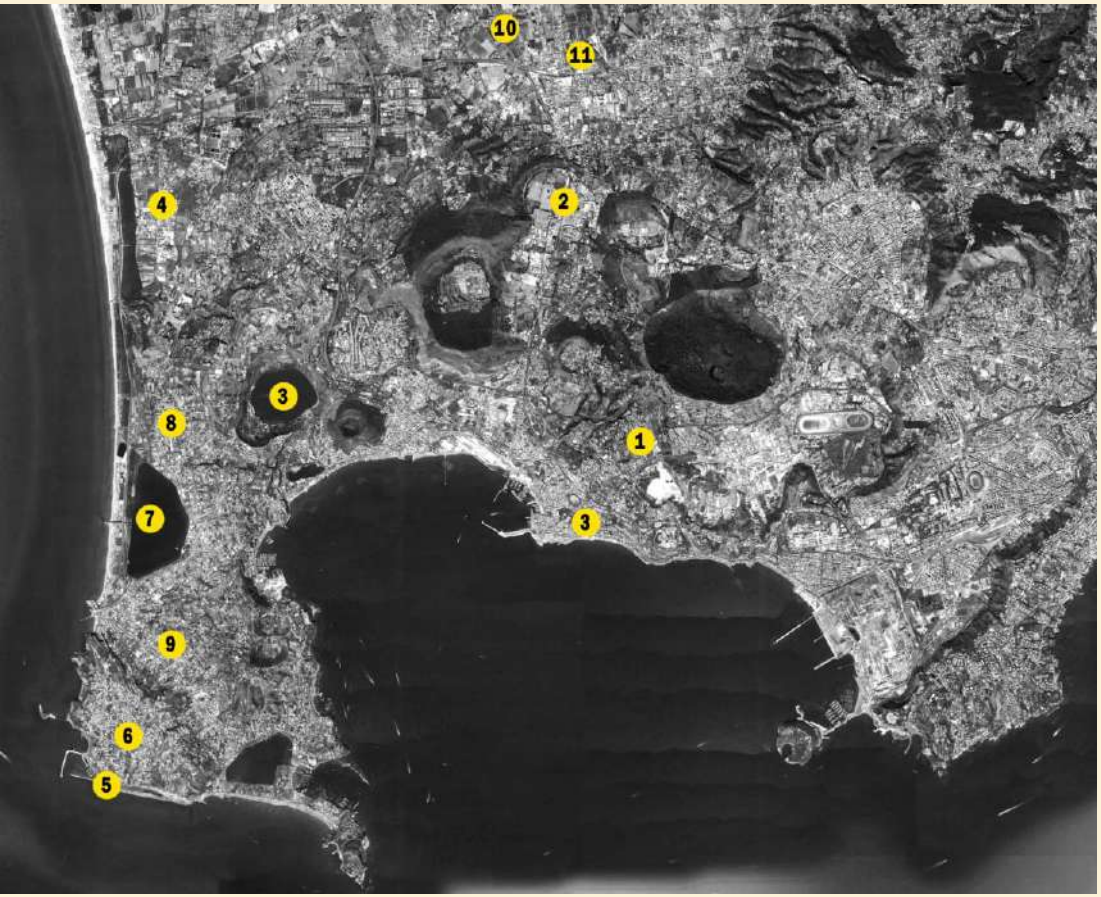
€ 65 mln

Fonte finanziamento

POR FESR REGIONE CAMPANIA 2007-2013 e 2014-2020

Numero interventi del programma

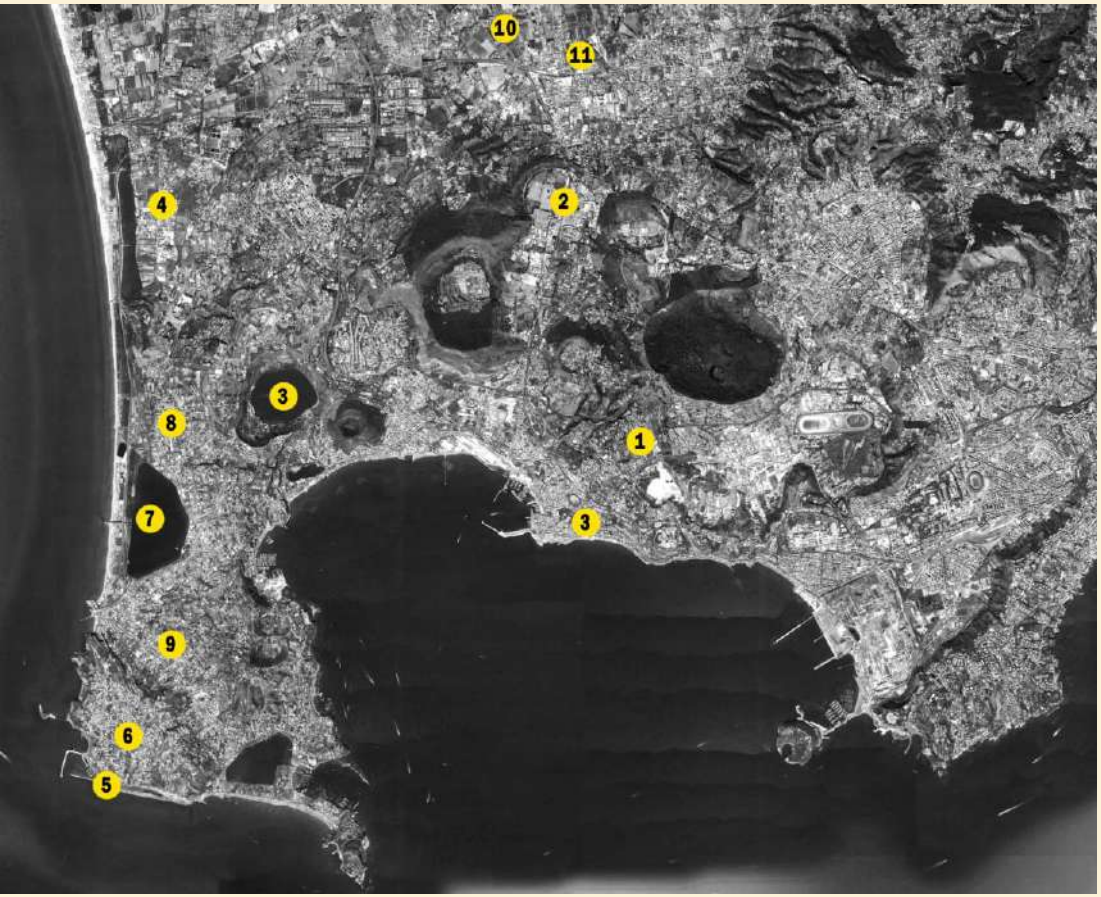
11



Il Grande Progetto dei Campi Flegrei

Interventi

1. Realizzazione della rete fognaria di via Cigliano ***(Pozzuoli)***
2. Nuova rete fognaria per gli insediamenti dell'area di via Campana e di Monterusciello ***(Pozzuoli)***
3. Risanamento idraulico dei bacini del lago d'Averno e del lago Lucrino - Intervento fognario di via Napoli ***(Pozzuoli)***
4. Nuova rete fognaria per gli insediamenti del Comprensorio di Cuma Licola ***(Pozzuoli)***
5. Pulizia Straordinaria delle coste, scogliere, spiagge ***(Monte di Procida)***
6. Ristrutturazione ed adeguamento funzionale del sistema fognario depurativo intercomunale di Monte di Procida/Bacoli/Pozzuoli ***(Intercomunale)***
7. Risanamento idraulico del bacino del Miseno e riapertura, sistemazione e protezione delle foci del lago Fusaro ***(Bacoli)***
8. Ristrutturazione ed adeguamento funzionale degli impianti di sollevamento e condotte ***(Bacoli)***
9. Sistemazione fognaria Torre di Cappella ***(Bacoli)***
10. Realizzazione Fognatura via Pantaleo, via Campana e via Marmolito ***(Quarto)***
11. Realizzazione Fognatura su via Casalanno Kennedy ***(Quarto)***



Il Grande Progetto dei Campi Flegrei

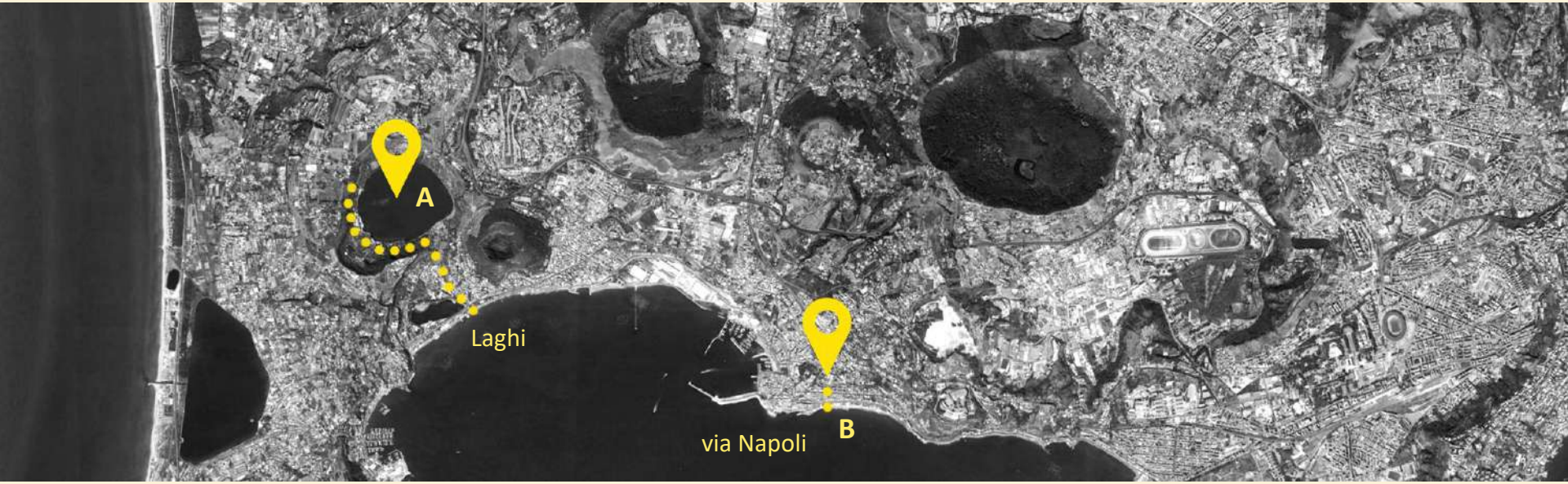
Le tecnologie No-Dig per la risoluzione del Grande Problema

Obiettivo del contributo

- raccontare l'esperienza di un'Amministrazione locale, impegnata a dare risposte in un territorio molto complesso, stratificato, vincolato e, per molti aspetti, fragile.
- mettere in evidenza i **vantaggi** che sono stati tratti dall'utilizzo della tecnologia No-Dig, rispetto a quelli già ampiamente noti, e che hanno reso possibile non incrementare l'elenco delle opere pubbliche incompiute

L'intervento n. 3

Risanamento idraulico dei bacini del lago d'Averno e del lago Lucrino - Intervento fognario di via Napoli



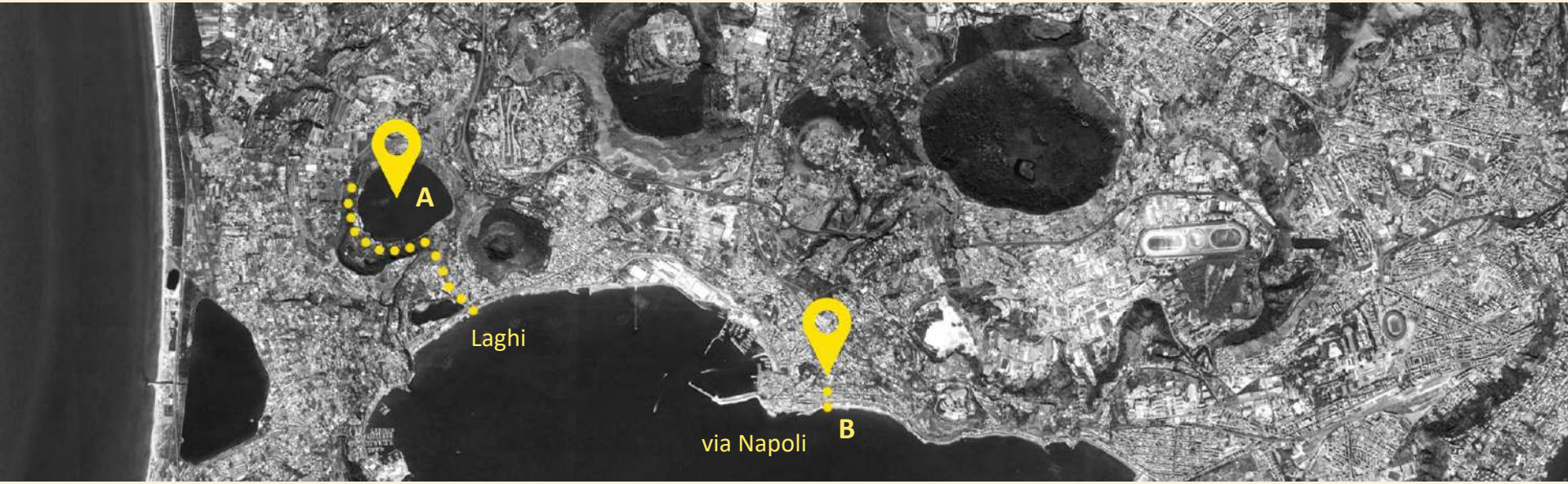
Oggetto degli interventi

L'intervento era articolato in due lotti funzionali distinti:

1. lo sviluppo di una rete fognaria lungo le circumlacuali del lago d'Averno e del lago Lucrino;
2. l'implementazione della fognatura esistente nella zona di via Napoli.

L'intervento n. 3

Risanamento idraulico dei bacini del lago d'Averno e del lago Lucrino - Intervento fognario di via Napoli



Cronistoria

28 marzo 2011	**Approvazione elenco dei Grandi Progetti del POR Campania FESR 2007-2013**
19 aprile 2013	Approvazione del progetto preliminare da porre a base di gara di un appalto integrato
4 giugno 2013	Indizione gara per l'appalto di progettazione ed esecuzione dell'intervento "Risanamento idraulico dei bacini del Lago D'Averno e del Lago Lucrino. Intervento fognario di via Napoli"
5 settembre 2013	Termine consegna offerte con progetto definitivo
8 luglio 2014	Aggiudicazione dell'appalto integrato
26 febbraio 2015	Sottoscrizione contratto di appalto per la progettazione ed esecuzione
9 ottobre 2015	Approvazione del progetto esecutivo
15 ottobre 2015	Consegna dei lavori circumlacuali lago d'Averno e lago Lucrino

L'intervento n. 3A

I laghi d'Averno e Lucrino

Oggetto dell'intervento

Sviluppo di una rete fognaria lungo le circumlacuali del lago d'Averno e del lago Lucrino, per un'estensione di circa 3,5 km con tubazioni a gravità e quattro impianti di sollevamento per il rilancio delle portate nere fino alla rete comunale esistente.

Condizioni di contesto

- Falda molto spingente
- Andamento curvilineo del tracciato
- Vincoli ambientali (Natura2000)

L'intervento n. 3A

I laghi d'Averno e Lucrino

Il grave ritardo nei lavori e la risoluzione contrattuale

Tempo offerto in sede di gara: 9 mesi

Avanzamento a 9 mesi: < 50%

Settembre 2019 si addiviene alla risoluzione del contratto.
Vengono sostituite tutte le figure tecniche di controllo, subentra il nuovo operatore, viene approvato dall'Amministrazione un **progetto di completamento e di riparazione**, redatto sulla scorta delle verifiche ricognitive *in situ.*

L'intervento n. 3A

I laghi d'Averno e Lucrino

Il progetto (mal)realizzato

- giunti posti in opera senza guarnizioni di tenuta;
- ovalizzazioni tubazioni e rotture longitudinali e trasversali;
- pozzetti non a tenuta.

...le conseguenze

- Perdite delle acque nere dalle tubazioni verso la falda;
- Passaggi d'acqua dalla falda ai collettori fognari, dunque, impedimento al corretto deflusso delle acque da smaltire in fognatura, aggravio dei consumi energetici delle numerose stazioni di sollevamento lungo la rete.

L'intervento n. 3A

I laghi d'Averno e Lucrino

Tubazioni DN	Lunghezza m	N.ro Tratti	N.ro giunti	Esito prove di conformità su tratti			
				N.ro prove	Conforme	Non Confor.	% N.C.
315	2.568,76	101	354	34	17	17	**50,00%**
400	164,82	8	20	3	1	2	**66,67%**
500	719,02	23	98	9	4	5	**55,56%**
TOTALE	3.452,60	132	472	46	22	24	

I risultati delle verifiche ricognitive in situ

Più del 50% degli elementi esaminati risulta *non conforme*.

Le prove di tenuta (EN 1610-2015) hanno restituito 64 su 132 non conformità. Nei tratti per i quali l'esito della prova di tenuta è risultata negativa, la riparazione è stata eseguita comunque su tutti i giunti, in quanto la ricerca di quello/i non a tenuta non risultava compatibile in termini economici e temporali.

L'intervento n. 3A

I laghi d'Averno e Lucrino

L'intervento di riparazione con tecniche No-Dig

E' stato realizzato un risanamento localizzato (metodo "Packer") in corrispondenza dei giunti e dei tratti fessurati, mediante tronchetti in fibroresina (fibra di vetro, composta da tessuto non tessuto, impregnata di resina silicata con polimerizzazione a tempo senza ausilio di vapore/acqua calda/raggi UV), posto in opera mediante compressione pneumatica, per una lunghezza variabile non inferiore a 75-80 centimetri ed uno spessore minimo non inferiore a 6-8 millimetri.

Packer eseguiti: 345

L'intervento n. 3B

via Napoli

Oggetto dell'intervento

Implementazione della fognatura esistente nella zona di via Napoli, con tubazioni a gravità destinate a collegare la zona alta della città con quella bassa, con la realizzazione di un nuovo scarico a mare delle acque bianche.

Condizioni di contesto

- zona densamente popolata
- fitta e caotica rete di sottoservizi
- via Napoli principale via di fuga della zona (Piano Protezione Civile)
- Sottosuolo dalla natura molto eterogenea

L'intervento n. 3B

via Napoli

Il progetto realizzato

Il progetto è stato articolato in 3 tratti attraverso tubazioni DN1400 e due interposte camere (spinta e arrivo):

- **I tratto:** realizzato con tecnica tradizionale in PEAD, lunghezza 23 m;
- **II tratto:** realizzato in *micro-tunnelling* con tubazione in acciaio, lunghezza 65 m;
- **III tratto:** realizzato in *micro-tunnelling* con tubazione in cls, lunghezza 85 m;

La tecnica No-Dig ha consentito di posizionare le camere in modo tale da evitare interruzioni stradali lungo le parallele di corso Umberto I e via lungomare Sandro Pertini. Esse furono predisposte l'una sul lungomare e l'altra in via Cappuccini, consentendo di non interferire con il Piano Comunale di Protezione Civile nel quale via Napoli è individuata come percorso di evacuazione in direzione Napoli.

L'intervento n. 3B

via Napoli

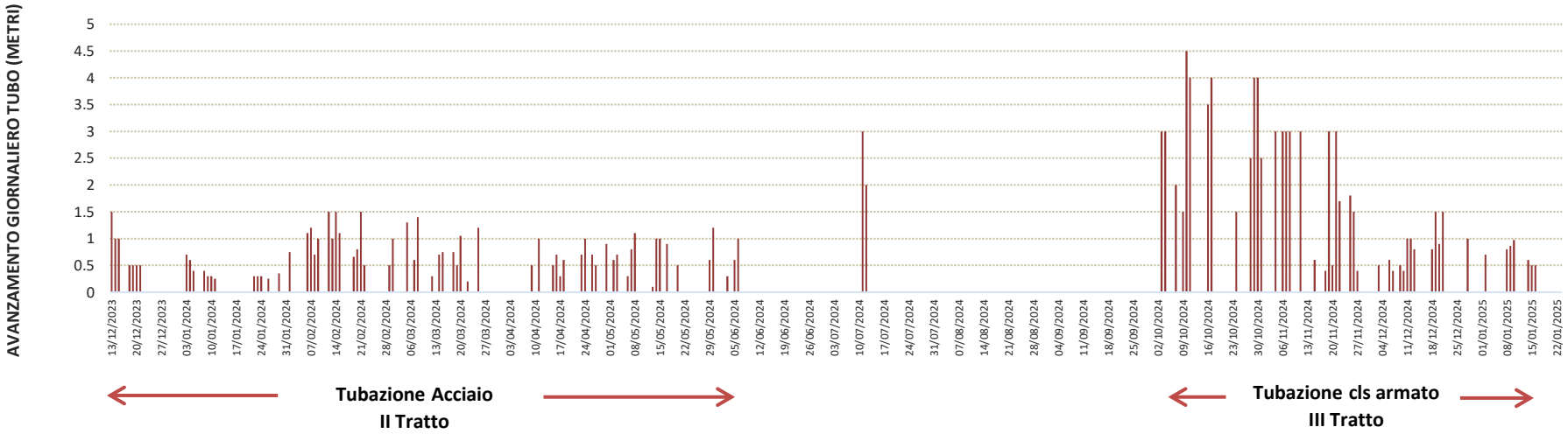
Le fasi di esecuzione: l'avanzamento del tubo

- Natura non omogenea del sottosuolo
- presenza di scogliere basaltiche e coronamenti portuali, inglobati nella colmata
- fitta rete di sottoservizi

Nonostante le prevedibili difficoltà si è scelto il micro-tunneling per limitare gli ingombri di cantiere e non esasperare i cittadini, già provati dal bradisismo. Interrompere via Napoli avrebbe significato interrompere una delle principali vie di fuga per la popolazione insediata lungo la costa est.

L'intervento n. 3B

via Napoli



Le fasi di esecuzione: l'avanzamento del tubo

- Natura non omogenea del sottosuolo
- presenza di scogliere basaltiche e coronamenti portuali, inglobati nella colmata
- fitta rete di sottoservizi

Nonostante le prevedibili difficoltà si è scelto il micro-tunneling per limitare gli ingombri di cantiere e non esasperare i cittadini, già provati dal bradisismo. Interrompere via Napoli avrebbe significato interrompere una delle principali vie di fuga per la popolazione insediata lungo la costa est.

L'intervento n. 3B

via Napoli

Le fasi di esecuzione: l'avanzamento del tubo

- Natura non omogenea del sottosuolo
- presenza di scogliere basaltiche e coronamenti portuali, inglobati nella colmata
- fitta rete di sottoservizi

Nonostante le prevedibili difficoltà si è scelto il microtunneling per limitare gli ingombri di cantiere e non esasperare i cittadini, già provati dal bradisismo. Interrompere via Napoli avrebbe significato interrompere una delle principali vie di fuga per la popolazione insediata lungo la costa est.

- **Le preesistenze archeologiche**

Dagli errori e dalle difficoltà, la maturazione di una nuova consapevolezza

Il punto di vista di un'Amministrazione Pubblica

I fattori limitanti nell'adozione delle tecniche No-Dig:

- Normazione finalizzata anche all'inserimento nei Tariffari Regionali
- Carenza di conoscenza delle tecniche No-Dig e della strumentazione relativa alle campagne preliminari di indagine
- Limitata professionalità del personale tecnico interno (Trenchless Manager)