



Giunta Regionale della Campania  
Direzione Generale  
Lavori Pubblici e Protezione Civile

Il Direttore

Alla Giunta Regionale della Campania  
Direzione Generale - 50 06 00 - per la Difesa del  
Suolo e l'Ecosistema

Al Sindaco del comune di Amalfi (SA)  
[amalfi@asmepec.it](mailto:amalfi@asmepec.it)

Sindaco del comune di Atrani (SA)  
[protocollo.atrani@asmepec.it](mailto:protocollo.atrani@asmepec.it)

Sindaco del comune di Cetara (SA)  
[info.cetara@asmepec.it](mailto:info.cetara@asmepec.it)

Sindaco del comune di Cetara Conca dei Marini (SA)  
[segreteria.concadelmarini@asmepec.it](mailto:segreteria.concadelmarini@asmepec.it)

Sindaco del comune di Furore (SA)  
[protocollo@pec.comune.furore.sa.it](mailto:protocollo@pec.comune.furore.sa.it)

Sindaco del comune di Maiori (SA)  
[protocollo@pec.comune.maiori.sa.it](mailto:protocollo@pec.comune.maiori.sa.it)

Sindaco del comune di Minori (SA)  
[comune.minori@asmepec.it](mailto:comune.minori@asmepec.it)

Sindaco del comune di Positano (SA)  
[protocollo@pec.comunedipositano.it](mailto:protocollo@pec.comunedipositano.it)

Sindaco del comune di Praiano (SA)  
[protocollo.praiano@asmepec.it](mailto:protocollo.praiano@asmepec.it)

Sindaco del comune di Ravello (SA)  
[protocollo@pec.comune.ravello.sa.it](mailto:protocollo@pec.comune.ravello.sa.it)

Sindaco del comune di Scala (SA)  
[protocollo@pec.comune.scala.sa.it](mailto:protocollo@pec.comune.scala.sa.it)

REGIONE CAMPANIA

Prot. 2022. 0606599 06/12/2022 09,52  
Mitt. : 8018 DIREZIONE GENERALE PER I LAVOR...

Dest. : AL COMUNE DI TRAMONTI; AL COMUNE DI VIETRI SUL MARE-  
TRIBUNALE DI SALERNO.  
Classifico : 53.B. Fascicolo : 4 del 2022

Sindaco del comune di Tramonti (SA)  
[protocollo.tramonti@asmepec.it](mailto:protocollo.tramonti@asmepec.it)

Sindaco del comune di Vietri sul mare (SA)  
[protocollo@pec.comune.vietri-sul-mare.sa.it](mailto:protocollo@pec.comune.vietri-sul-mare.sa.it)

e, p.c.: Giunta Regionale della Campania  
UOD - 50 18 07 - Genio civile di Salerno; presidio  
protezione civile

Procura della Repubblica presso il Tribunale di  
Salerno  
[prot.tribunale.salerno@giustiziacert.it](mailto:prot.tribunale.salerno@giustiziacert.it)

**Oggetto: Evento del 09/09/2010 – Atrani (SA) - Consulenza Tecnica di Ufficio.**

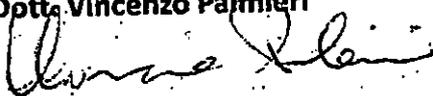
Si inoltra in allegato la Consulenza Tecnica di Ufficio trasmessa dalla Procura della Repubblica presso il Tribunale di Salerno il 17/10/2022 (rif. Procedimento penale n. 12815/2010/44) e acquisita al prot. generale n. 565683 del 16/11/2022.

La citata consulenza, pur non ravvisando specifici profili di responsabilità in capo ad alcuno, offre utili spunti di riflessione relativamente agli elementi che possono condizionare (positivamente o negativamente) gli effetti al suolo degli eventi pluviometrici particolarmente intensi come quello occorso ad Atrani il 09/09/2010 (Interventi strutturali e non strutturali, presenza di rifiuti, ecc.).

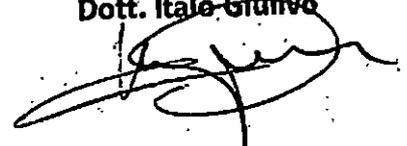
Atteso che le relative competenze non fanno capo allo scrivente Ufficio, si rimanda alle conclusioni riportate nella Consulenza Tecnica di Ufficio, invitando i soggetti in indirizzo alle proprie valutazioni relativamente a fattispecie analoghe a quelle riportate nella relazione con specifico riferimento a:

- programmazione interventi di difesa del suolo di competenza della DG 50.06.00;
  - aggiornamento dei piani di protezione civile comunali;
  - controllo del territorio relativamente allo sversamento abusivo dei rifiuti all'interno dei bacini/territori che, come noto, rientra nelle competenze comunali.
- Tanto si rappresenta per le opportune valutazioni e determinazioni di competenza.

il Funzionario  
Dott. Vincenzo Palmieri



il Direttore Generale  
Dott. Italo Giuffrè





Procura della Repubblica  
 Presso il Tribunale di Salerno  
 SEGRETERIA PM DOTT.SSA POLITO

Procedimento penale n. 12815/2010/44

Spett.le  
 Autorità della  
 Protezione Civile  
 della Regione Campania  
 Centro Direzionale  
 Isola C/3  
 80143  
 Napoli

**PRESA IN CARICO**  
**STAFF 50-18-92**

**IL 28 OTT. 2022**

**FIRMA**

Si trasmette relazione di consulenza tecnica, depositata il 22.03.2011, per le valutazioni di competenza.

REGIONE CAMPANIA

Prot. 2022. 0565683 16/11/2022 10,21

Mitt. : PROCURA DELLA REPUBBLICA PRESS...

Ass. : 5018 DIREZIONE GENERALE PER I LAVOR...

Classifica : 53.8. Fascicolo : 3 del 2022



Salerno, 17.10.2022

*Elena Bernardo e Vincenzo Polevici,  
 predispongono nota per DG Difesa Suolo,  
 Sindaci della Contea amalfitana e  
 p.c. Genio Civile Salerno, con la quale  
 richiederanno le conclusioni delle CTU  
 e inviteranno ciascuno alle proprie sollecitazioni  
 e determinazioni, relativi a  
 fattispecie analoghe a quelle di via Trotteri;  
 in merito a:*

- programmazione intervento di difesa del suolo;
- approntamento del piano di protezione civile comunale;
- controllo sullo avvenimento di rifletto nell'ambito del bacino.

Su ordine del PM  
 Il Cancelliere Esperto  
 Dott.ssa Alessandra Battista

Comune di Atrani prot. 0003021 del 21-03-2023 in partenza

**PROCURA DELLA REPUBBLICA  
PRESSO IL TRIBUNALE DI SALERNO**

**Proc. Pen. N. 12815/10 R.G. /44**

**Evento del 9 Settembre 2010 – Atrani (SA)**

**Consulenza Tecnica di Ufficio**

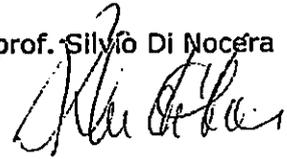
prof. ing. Leonardo Cascini



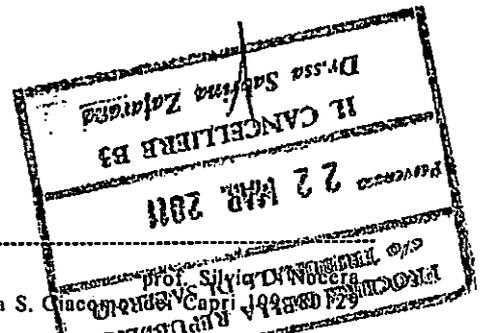
prof. ing. Michele Di Natale



prof. Silvio Di Nocera



Napoli 16 marzo 2011



## INDICE

1. INTRODUZIONE
2. DOCUMENTAZIONE ACQUISITA
3. DESCRIZIONE DEI LUOGHI
  - 3.1. Il bacino imbrifero
  - 3.2. Il centro abitato
4. L'EVENTO DEL 9 SETTEMBRE 2010
5. LE INDAGINI ESEGUITE
  - 5.1. I rilievi di campo di tipo geologico
    - 5.1.1. I fenomeni di dissesto e di erosione nelle aree montane
    - 5.1.2. I detriti che hanno invaso le aree di valle
  - 5.2. I rilievi di campo di tipo idraulico
  - 5.3. La normativa sul rischio
6. LA RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO
  - 6.1. Le fonti documentarie
  - 6.2. Ricostruzione dell'evento su basi documentarie
  - 6.3. Ricostruzione dell'evento su basi analitico-numeriche
    - 6.3.1. Ricostruzione del pluviogramma dell'evento critico
    - 6.3.2. Ricostruzione dell'idrogramma di piena
    - 6.3.3. Ricostruzione del fangogramma
    - 6.3.4. Studio delle condizioni di deflusso
7. PREVEDIBILITÀ DELL'EVENTO
  - 7.1. Premessa
  - 7.2. Prevedibilità dell'evento pluviometrico e dell'evento di piena
  - 7.3. Prevedibilità dei volumi e delle portate di materiale solido
  - 7.4. Prevedibilità dell'insufficienza idraulica del canale tombato
8. GESTIONE DEL RISCHIO E DELL'EVENTO CALAMITOSO
  - 8.1. Premessa
  - 8.2. Evitabilità, azioni impeditive e riconducibilità dell'evento a condotte umane
9. CONCLUSIONI
10. BIBLIOGRAFIA
11. ELENCO APPENDICI ED ALLEGATI

## 1. INTRODUZIONE

Gli scriventi proff. Leonardo Cascini, Michele Di Natale e Silvio Di Nocera hanno redatto la presente relazione, nella qualità di Consulenti Tecnici di Ufficio, per conto della Procura della Repubblica presso il Tribunale ordinario di Salerno, avendo ricevuto tale incarico in data 18 Settembre 2010.

Nel verbale di conferimento dell'incarico, gli scriventi sono stati informati dell'oggetto dell'incarico ed hanno ricevuto formale richiesta, da parte dei Sigg. S. Procuratori Dr. Mariacarmela Polito e Dr. Ernesto Sassano, di rispondere ai seguenti quesiti:

- Q1.** "Accertino e descrivano compiutamente i consulenti la serie causale che ha determinato il disastro verificatosi in Atrani il 9 Settembre 2010, previa ispezione dei luoghi, esame degli atti del procedimento e di tutta la documentazione tecnica ed amministrativa pertinente, accertamento e ricostruzione di tutti gli interventi dell'uomo nella zona di interesse che abbiano potuto avere incidenza nel verificarsi del disastro";
- Q2.** "Accertino e spieghino i consulenti se nel settore scientifico di pertinenza esista una legge di copertura (legge scientifica di spiegazione causale), secondo cui l'evento era prevedibile ed evitabile e se esso sia causalmente riconducibile a condotte umane (attive e/o omissive)";
- Q3.** "Descrivano accuratamente, ove ritenute sussistenti, le azioni impeditive dell'evento in base alla legge scientifica di spiegazione causale individuata, e la loro concreta realizzabilità nel caso oggetto di accertamento, avuto anche riguardo a quanto risulterà dall'esame della documentazione di interesse e dal complesso degli accertamenti, all'eventuale erogazione di fondi, alla loro originaria destinazione, all'uso di cui si fatto siano stati destinati";
- Q4.** "Dicano i consulenti quanto altro utile ai fini di giustizia".

Vista la molteplicità e la complessità dei quesiti posti ed al fine di rendere più agevole la lettura della presente relazione, si è ritenuto opportuno suddividere i suddetti quattro quesiti in undici quesiti "elementari", che sono di seguito elencati:

- Q1a.** "esame degli atti del procedimento e documentazione tecnica ed amministrativa pertinente";
- Q1b.** "accertamento e ricostruzione di tutti gli interventi dell'uomo nella zona di interesse";
- Q1c.** "ispezione dei luoghi";
- Q2a.** "serie causale";
- Q2b.** "legge scientifica di spiegazione causale";
- Q2c.** "evento prevedibile";
- Q2d.** "evento evitabile";
- Q2e.** "evento causalmente riconducibile a condotte umane (attive e/o omissive)";
- Q3a.** "azioni impeditive dell'evento e loro concreta realizzabilità";
- Q3b.** "eventuale erogazione di fondi, originaria destinazione, uso di cui si fatto siano stati destinati";
- Q4.** "quanto altro utile ai fini di giustizia".

A tale numerazione si fa riferimento nel prosieguo della relazione, per fornire puntuali risposte a tutte le richieste dei Sigg. S. Procuratori.

In particolare, i paragrafi 2-5 sono dedicati alla descrizione della documentazione tecnico-amministrativa acquisita, alle informazioni relative all'evento calamitoso ed ai rilievi effettuati presso i luoghi di interesse.

Il paragrafo 6 riguarda la individuazione delle cause dell'evento, i cui caratteri di prevedibilità sono affrontati e discussi nel paragrafo 7; aspetti questi che preludono alla identificazione delle possibili azioni impeditive ed all'accertamento di eventuali condotte omissive, discussi nel paragrafo 8.

Il paragrafo 9 è, infine, dedicato alle considerazioni conclusive.

Per la redazione della presente relazione e per l'espletamento del mandato ricevuto i Consulenti Tecnici di Ufficio si sono avvalsi dei seguenti collaboratori: ing. Sabatino Cuomo, dott. Fabio Matano, ing. Anna di Mauro.

Comune di Afrani prot. 0883035 del 27/10/2022 in paragrafo

## 2. DOCUMENTAZIONE ACQUISITA

Per lo svolgimento dell'incarico, gli scriventi hanno fatto inizialmente riferimento ai seguenti quesiti:

- **Q1a.** "esame degli atti del procedimento e documentazione tecnica ed amministrativa pertinente",
- **Q1b.** "accertamento e ricostruzione di tutti gli interventi dell'uomo nella zona di interesse".

Per acquisire tutto quanto utile a fini dell'analisi dell'evento, previa autorizzazione del S. Procuratore Dr. Polito, a partire dal 15 Ottobre 2010, sono state inoltrate formali richieste per la acquisizione di documentazione tecnica ed amministrativa pertinente gli eventi occorsi ad Atrani il 9 Settembre, agli Enti / Soggetti di seguito riportati:

- Comando Provinciale VV.F di Salerno,
- Comune di Atrani,
- Società Meteorologica Mediterranea s.r.l,
- Protezione Civile Regione Campania,
- Servizio Difesa Suolo Regione Campania,
- Autorità di Bacino Destra Sele,
- Comune di Scala,
- Comune di Ravello,
- Comunità Montana dei Monte Lattari,
- Settore Provinciale Genio Civile Salerno.

A fronte di tali richieste, in tempi rapidi è stato possibile ottenere:

- dal Comando Provinciale VV.F. di Salerno, la documentazione foto e video effettuate in data 10 e 11 settembre 2010 dall'elicottero dei VV.F. e la registrazione delle chiamate di soccorso ricevute dal Comando Provinciale dalle ore 18:00 alle ore 20:00 del giorno del 9 settembre 2010, dalle quali è

possibile evincere luogo di provenienza delle chiamate, data, orario e descrizione degli eventi (consegna in data 22.10.2010);

- dall'Autorità di Bacino Destra Sele, un supporto digitale contenente tutti gli elaborati di seguito riportati (consegna avvenuta in data 14.10.2010):

SEZIONE	ELABORATO	CODICE ELABORATO STAMPA	NUMERO ELABORATI
<b>URBANISTICA CODICE "D"</b>	Carta degli elementi antropici (scala 1:5.000)	D_ELANT_XXXX XX	9
	Carta degli elementi antropici - aree vincolate (scala 1:25.000)	D_VINC_XXX	2
	Carta del danno potenziale atteso (scala 1:5.000)	D_DPA_XXXXXX	9
	Relazione tecnica "elementi antropici e danno potenziale atteso"	D_RLZ	1
<b>GEOLOGIA CODICE "F"</b>	Carta inventario dei dissesti segnalati (scala 1:25.000)	F_INVDS_XXX	2
	Carta inventario delle Indagini disponibili (scala 1:5.000)	F_INVIND_XXXX XX	5
	Carta geolitologico - strutturale con indicazioni idrogeologiche (scala 1:5.000)	F_GLT_XXXXXX	9
	Carta degli spessori delle coperture detritico-piroclastiche (scala 1:5.000)	F_SPS_XXXXXX	9
	Carta delle pendenze dei versanti (scala 1:25.000)	F_PND_XXX	2
	Carta geomorfologica finalizzata alla valutazione della pericolosità da frana (scala 1:5.000)	F_GMRF_XXXX X	9
	Carta inventario dei fenomeni franosi e della relativa intensità in funzione delle massime velocità attese (scala 1:5.000)	F_INVFRN_XXXX XX	9
	Schede IFFI	F_IIFFI_DATI	1
	Carta della pericolosità da frana (scala 1:5.000)	F_PRCL_XXXXXX	9
	Carta del rischio da frana (scala 1:5.000)	F_RIS_XXXXXX	9
	Relazione tecnica pericolosità e rischio da frana	F_RLZ	1
<b>IDRAULICA CODICE "I"</b>	Carta delle aree inondabili (scala 1:5.000)	I_AI_XXXXXX	5
	Carta delle fasce fluviali e del reticolo idrografico (scala 1:5.000)	I_FFI_XXXXXX	8
	Carta del rischio idraulico (scala 1:5.000)	I_RIS_XXXXXX	4
	Carta della pericolosità da colata (scala 1:5.000)	I_PC_XXXXXX	5
	Carta del rischio da colata (scala 1:5.000)	I_RC_XXXXXX	5
	Relazione tecnica rischio idraulico e da colata	I_RLZ	1

<b>IDRAULICA CODICE "I"</b>	Carta dell'ubicazione delle portate di piano (scala 1:25.000)	I_SQP_XXX	2
	Perimetrazione della "fascia di mobilità funzionale " lungo il tratto di asta fluviale campione (scala 1:5.000)	I_FMF_TAVX	2
	Analisi dell'evoluzione storica dell'alveo (scala 1:5.000)	I_FMFCOS	1
	Relazione tecnica sulla perimetrazione della "fascia di mobilità funzionale " lungo il tratto di asta fluviale campione	I_FMF_REL	1
	Carta inventario delle opere Idrauliche (scala 1:25.000)	I_IOI_3400	1
	Carta inventario delle stazioni pluviometriche (scala 1:100.000)	I_CMCA_3403	1
	Dati pluviometrici ed idrometrici: (plogge di breve durata e notevole intensità)	I_DPI_3404	4+4
	Dati pluviometrici ed Idrometrici: (piogge cumulate 1 -- 5 giorni)		
	Dati pluviometrici ed idrometrici: (portata)		
	Dati pluviometrici ed idrometrici: (pioggia oraria)		
	Analisi dei principali eventi pluviometrici ed idrometrici del passato	I_API_3405	1
	Monografia delle curve di probabilità pluviometriche	I_MCPP_3406	1
	Carta delle zone e sottozone pluviometriche (scala 1:100.000)	I_ZSP_3407	1
	Carta dei bacini idrografici (scala 1:25.000)	I_BI-3408	3
	Monografia delle caratteristiche geomorfometriche dei bacini	I_MGB_3409	1
	Curve ipsometriche dei bacini e sottobacini	I_CIBS_3410	1
	Profili speditivi dei corsi d'acqua principali (T.Asa, T.sambuco Regina Maior, T.Prepezzano, F.fuorni, T. Sordina, F.Irno, V.Cornea, T..Bonea, T:Dragone, T. grevone, F.Tusciano, Fiume Picentino) (scala 1:25.000)/ (scala 1:5.000)	I_PS_3411	3
	Relazione Idrologica	I_RI_3412	1
	Data-base afferente le opere idrauliche esistenti, progetti e studi	I_DOI_3413	1
	Monografia relativa al censimento, acquisizione ed informatizzazione dei rilievi aerofotogrammetrici e topografici esistenti	I_MRA_3414	1
	Data-base consistente nella raccolta, catalogazione ed analisi qualiquantitativa dei dati storici di allagamento	I_DASA_3416	1
	Monografia delle situazioni critiche	I_MSC_3417	3
	Monografie di calcolo dei Comuni I_MCC_3422-4 Atrani I_MCC_3422-28 Scala I_MCC_3422-31 Ravello	I_MCC_3422_nn	33
<b>NORMATIVA E</b>	Norme di attuazione	N_NA_ALL	1

DOCUMENTAZIONE CODICE "N"	Relazione generale	N_RLZ	1
	Quaderno opere tipo	N_OT	1
	Indicazioni generali per il riassetto idrogeologico	N_IGR	1
	Monografie comunali (Atrani, Scala e Ravello)	N_MNGR_nnn	3
	Relazione generale (Piano Intervento per la mitigazione del rischio idrogeologico)	N_RGINT_FRN	
	Carta programmatica degli interventi - Rischio Frane	N_PGMINT_FRN	
	Carta programmatica degli interventi - Rischio Alluvioni	N_PGMINT_ALL	
<b>- QUADRO_T_DRAGONE_ATRANI.PDF</b>			
<b>- RELAZIONE STATO DISSESTO IDROGEOLOGICO DRAGONE 090910.PDF</b>			

- dalla Società Meteorologica Mediterranea s.r.l., i dati pluviometrici relativi alle stazioni di misura ubicate in Ravello, Amalfi e Salerno, relativamente ai giorni 6-9 Settembre 2010 (consegna in data 05.11.2010);
- dal Servizio Difesa Suolo Regione Campania, informazioni inerenti il bacino idrografico del torrente Dragone nei comuni di Atrani, Ravello e Scala, con particolare riferimento agli interventi che risultano finanziati (consegna in data 12.11.2010)
- dalla Protezione Civile Regione Campania, dati pluviometrici relativi alle stazioni di misura ubicate in Ravello, Agerola, Agerola Meteo, Massa Lubrenze, Pimonte, Tramonti, Sorrento, Maiori, Amalfi, Cetara, Gragnano, Molano e Positano, relative ai giorni dal 5 al 9 Settembre 2010; dati relativi al clima ondoso delle boe di Capri e Cilento relative al giorno 9 settembre 2010 (consegna in data 16.11.2010);

In data 08.11.2010 si è ricevuta una comunicazione dal Comune di Atrani (Prot. 2623) che forniva "l'elenco dei fondi erogati dal Novembre 1999 per la mitigazione di rischi idrogeologici ed altro interessanti il Comune di Atrani".

Visti i contenuti della comunicazione, con lettera del 12/11/2010 si è richiesto al Comune di Atrani di inviare tutta la documentazione tecnica ed amministrativa relativa a n. 6 interventi, riportati nel suddetto elenco ed indicati come programmati e/o realizzati e/o in corso di realizzazione nel Vallone / Torrente Dragone

In data 24.11.2010 il Genio Civile ha inviato una comunicazione (Prot. 0941917) concernente n. 2 interventi realizzati nella zona di interesse, per i quali è stata inviata, in data 01.12.2010, formale richiesta al fine della acquisizione degli elaborati tecnico/amministrativi.

Inoltre, in data 25.11.2010, il Comune di Scala ha inviato comunicazione (Prot. 5641) recante informazioni su un intervento realizzato dalla Amministrazione comunale, per il quale è stata richiesta l'acquisizione degli elaborati tecnico/amministrativi in data 14.12.2010.

Alla data odierna, non sono pervenute ulteriori comunicazioni dai Comuni di Atrani, Ravello e Scala.

Tutti gli elaborati progettuali che sono stati consegnati agli scriventi dagli Enti innanzi citati sono elencati in Appendice A1 ed analizzati paragrafo 8 della presente relazione.

A tale documentazione si è, infine, aggiunto l'esposto (con allegato Cd-rom) che il Sig. Dipino Rosario ha avanzato alla Legione Carabinieri "Campania" Stazione di Amalfi in data 9 dicembre 2010, acquisito al Protocollo della Procura in data 21.12.2010 e consegnato agli scriventi dal Sig. S. Procuratore Dr. Ernesto Sassano in data 21.01.2011.

### 3. DESCRIZIONE DEI LUOGHI

#### 3.1 Il bacino imbrifero

Il bacino idrografico, le cui acque afferiscono al Torrente Dragone, si sviluppa prevalentemente con un orientamento N-S nei settori collinari e montuosi del versante meridionale della Penisola Sorrentina (Fig. 3.1).

Il bacino ha una estensione di circa 9.39 km<sup>2</sup>; la lunghezza dell'asta principale risulta pari a circa 6.26 km e l'andamento altimetrico varia da 0 m s.l.m., in corrispondenza dello sbocco in mare, fino a 1275 m s.l.m., mettendo in evidenza la notevole acclività del bacino, particolarmente marcata nell'area montana (Fig. 3.1 e tab. 3.2).

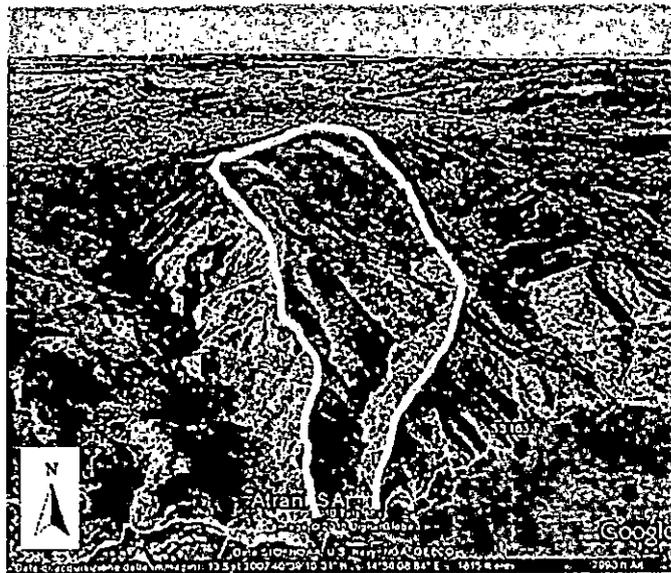


Figura 3.1 - Ortofoto con vista in 3D del versante meridionale della penisola Sorrentina nel settore del bacino imbrifero del T. Dragone (il limite in giallo).

BACINO	Caratteristiche asta principale		
	Lunghezza	Quota max	Pendenza
	L	$h_{a,max}$	p
	km	m s.l.m.	m/m
Torrente Dragone	6.26	1075	0.168

Tabella 3.2 - Caratteristiche morfologiche dell'asta principale

Il bacino si estende nella zona montana tra i territori dei comuni di Scala e Ravello e nel tratto terminale nel territorio comunale di Atrani racchiuso tra il Monte Pontone ad ovest ed il ripiano di Ravello ad est.

Nel settore montuoso del Comune di Scala, il bacino è delimitato da uno spartiacque principale a forma semiellittica molto rastremata, costituito dall'allineamento arcuato delle dorsali di M.te Campanaro (938 m s.l.m.) - M.te Cerreto (1316 m s.l.m.) - M.te Brusale (642 m s.l.m.) (Fig. 3.2).

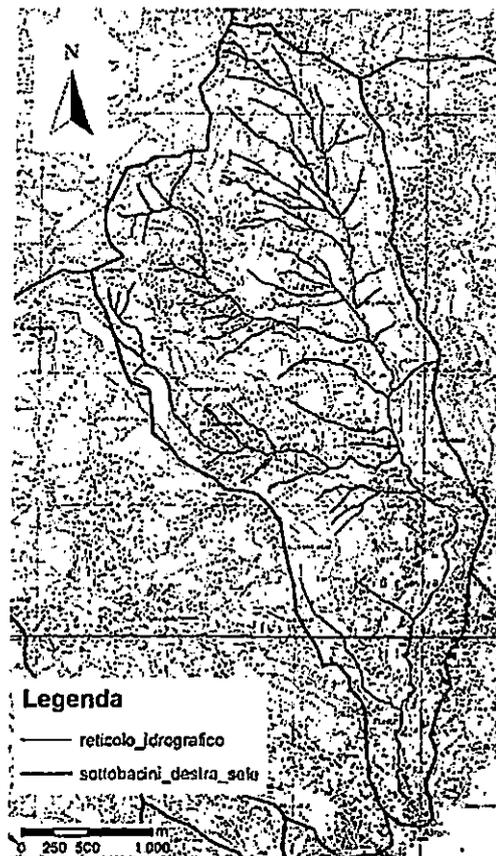


Figura 3.2 - Bacino Imbrifero e reticolo idrografico.

Nel settore montano del territorio del Comune di Ravello, dalla testata principale del bacino convergono verso il fondovalle alcuni impluvi ad elevata pendenza che contribuiscono alla formazione del tratto iniziale dell'asta torrentizia principale, che in questo settore viene denominato Vallone Reginola, mentre più a valle nel territorio del comune di Scala viene denominato Torrente Dragone. Il Torrente

Dragone si approfondisce e si sviluppa nell'ambito di una valle di origine tettonica con andamento prevalentemente meridiano.

Nel tratto montano il profilo trasversale della valle è asimmetrico in quanto il versante in destra orografica, per motivi strutturali, è meno acclive (Fig. 3.3). Questa condizione morfostrutturale favorisce la presenza sul versante in destra di numerosi solchi paralleli, ad andamento prevalentemente rettilineo, incisi nel substrato carbonatico, che confluiscono alla base del versante direttamente nell'asta del Torrente Dragone. In particolare, nel territorio del comune di Scala si verifica la confluenza del Torrente Nocelle e più a valle del Vallone Scalandrone che rappresentano gli impluvi in destra con maggiore sviluppo.

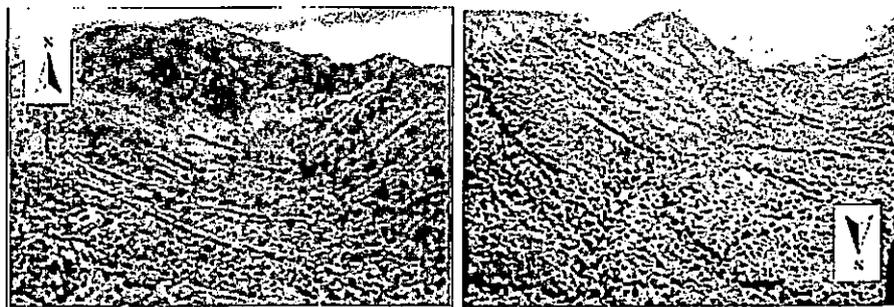


Figura 3.3 - Asimmetria morfologica della valle.

Sul versante opposto della valle il reticolo idrografico è rappresentato da rari impluvi con tracciati mal definiti che si estinguono nella macchia vegetazionale.

In corrispondenza dell'abitato di Ravello, il Torrente Dragone si sviluppa lungo una valle molto stretta ed approfondita, delimitata da pareti rocciose verticali, localmente aggettanti, costituenti la caratteristica forra di Atrani.

Nel suo tratto terminale il Torrente Dragone attraversa il sottosuolo del centro abitato di Atrani lungo uno scatolare in c.a., e in corrispondenza dello sbocco nel golfo di Salerno alimenta una piccola spiaggia che si sviluppa su un corpo deltzio con la classica forma a cono, posizionato in gran parte al disotto del livello del mare, che trova corrispondenza nell'area sottomarina della piattaforma continentale con un fan-delta di maggiore estensione.

### 3.1.1 Caratteri geologici del territorio del bacino idrografico

Le rocce che costituiscono il substrato del bacino del Torrente Dragone sono rappresentate dal *Complesso calcareo-dolomitico* mesozoico (Fig. 3.4). Si tratta di una successione continua di strati di calcari, dolomie calcaree, calcari dolomitici e calcari detritici dal colore grigio chiaro a grigio scuro, i cui piani di stratificazione sono raramente ben evidenti in quanto mascherati dall'intenso stato di fratturazione diffuso nell'ammasso roccioso e dai numerosi panneggi di alabastro concrezionati dal processo carsico superficiale. Nell'insieme è possibile distinguere monoclinali fagliate immergenti verso SE lungo i versanti orientali del bacino e verso SSE lungo i versanti occidentali. Lo spessore complessivo in affioramento di tale complesso litologico carbonatico è di un migliaio di metri.

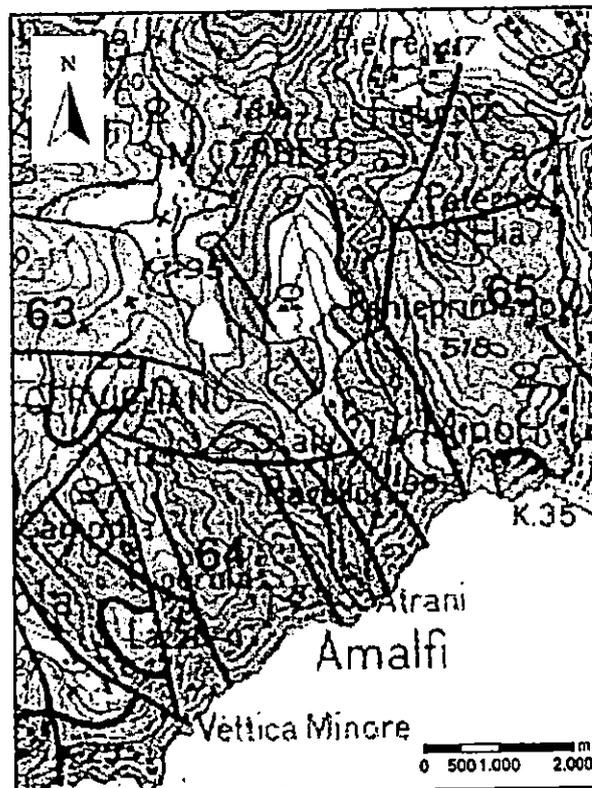


Figura 3.4 - Carta geologica del territorio circostante il bacino imbrifero del T. Dragone (da Bonardi et al., 1988), il cui limite è indicato con la linea rossa. Legenda: 11, depositi piroclastici (Attuale- Olocene); 63, Calcari a Rudiste (Cretacico sup.); 64, Calcari e calcari dolomitici (Lias - Cretacico inf.); 65, Dolomie, marne e calcari dolomitici (Trias sup. - Lias).

La tettonica plio-pleistocenica, che ha contribuito alla formazione dell'attuale assetto morfo-strutturale del territorio, ha smembrato e sollevato in maniera differenziale i vari blocchi del substrato carbonatico lungo sistemi di faglie orientate NNW-SSE, N-S e E-W, con rigetti di varie centinaia di metri, creando versanti molto inclinati, con pareti rocciose verticali, localmente anche aggettanti.

Al di sopra del substrato roccioso sono diffusi sedimenti recenti di ambiente continentale, talora con importanti intercalazioni di materiali vulcanici rimaneggiati.

In particolare si possono distinguere:

- depositi detritici di versante: presenti sotto forma di falde o coni detritici sviluppati alla base dei versanti carbonatici, costituiti da breccie calcaree eterometriche stratificate a scarsa matrice sabbioso-siltosa da cementate a parzialmente cementate. Tali depositi costituiscono accumuli detritici formati a seguito dei sollevamenti tettonici e dei conseguenti dilavamenti avvenuti nel Pleistocene-Olocene; presentano uno spessore massimo di 7-8 m e non sono stati rimobilizzati dall'evento del settembre 2009.
- depositi piroclastici: costituiti da tufiti, cineriti e lenti di pomice bianche con assenza di matrice, da sciolti o variamente addensate e pedogenizzate ricoprenti in maniera discontinua i calcari lungo i versanti e nelle testate degli impluvi. Si tratta di piroclastiti rappresentate da depositi da flusso (Ignimbrite Campana *auct.*) - e da depositi da caduta (ceneri, pomice e lapilli) prodotti dalle eruzioni esplosive, derivanti sia dall'apparato vulcanico Flegreo che dal M. Somma Vesuvio.
- depositi di conolite detritico-alluvionale: costituiti da ghiaie calcaree a spigoli subarrotondati ed a scarsa matrice, a luoghi ben stratificate e intercalate a livelli di piroclastiti sciolte.
- depositi eluviali e colluviali: costituiti da piroclastiti rimaneggiate e da limi di origine colluviale generalmente incoerenti frammisti a detrito carbonatico, accumulati in concavità morfologiche e alla base dei versanti

Altri depositi clastici sono rappresentati da terreni detritici misti che si rinvengono variamente diffusi a più altezze lungo i versanti; si tratta di depositi sciolti di ridotto spessore (1-2 m), che costituiscono i suoli agrari terrazzati, caratterizzati da una prevalente componente limosa e argillosa a struttura caotica e subordinatamente da inclusi lapidei, ovvero da materiali marnoso-argillosi.

Generalmente gli spessori di questi terreni sciolti variano da zona a zona, in funzione della morfologia del tetto dei calcari e vanno da un minimo di qualche metro fino a qualche decina di metri. In tutti questi affioramenti sono quasi sempre presenti spessori più o meno significativi di colluvioni piroclastiche.

### 3.2 Il centro abitato

Il Comune di Atrani è ubicato alla foce del Torrente Dragone (Fig. 3.5), ha una superficie di 0.2 km<sup>2</sup> ed una popolazione di circa 1000 abitanti. L'unica via di accesso al Comune è costituita dalla S.S. 163 che, in corrispondenza del territorio comunale, si sviluppa su uno storico viadotto. La S.S. 163, prima della galleria che conduce ad Amalfi, si dirama e scende fino alla marina di Atrani, dove sono ubicate il centro abitato e lo sbocco del Torrente Dragone.

Il centro abitato è situato, tra le quote 0-20 m s.l.m., e si caratterizza per uno sviluppo prevalentemente lineare lungo l'attuale Via dei Dogi.

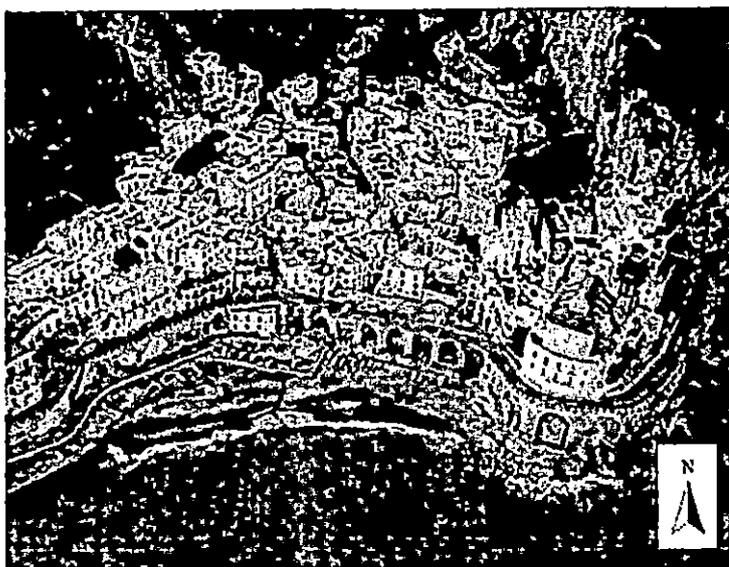


Figura 3.5 - Centro abitato di Atrani (foto scattata prima dell'evento del 9 Settembre 2010).

Via dei Dogi ha una lunghezza di circa 270 m e presenta una larghezza media di 6-7 m (Fig. 3.6). È importante sottolineare, sin d'ora, che la strada in questione è stata realizzata, a partire dagli anni '30, ricoprendo un tratto dell'alveo del Torrente Dragone. Via dei Dogi è attualmente delimitata su entrambi i lati da una cortina di

edifici (prevalentemente in muratura portante) che presentano al piano terra sia locali commerciali e sia ingressi di civili abitazioni.

Nel tratto terminale, la strada confluisce nella Piazza Umberto I (Fig. 3.6) che, attraverso due varchi (un varco principale "a", ed uno secondario "b"), consente l'accesso ad un'area destinata ad uso parcheggio, dalla quale si accede all'arenile sottostante attraverso un ulteriore varco ("c").

L'attuale configurazione urbana rende, quindi, il centro abitato estremamente compatto con una unica via di deflusso per pedoni e veicoli, corrispondente a Via dei Dogi.



Figura 3.6 - Vista dei varchi di accesso da Piazza Umberto I all'antistante zona adibita a parcheggio (foto scattata dai VV. FF. il 10 Settembre 2010).

### 3.2.1 Geologia del centro abitato di Atrani

L'abitato di Atrani si sviluppa allo sbocco di una profonda forra, in corrispondenza di una piccola conca che si affaccia al mare. L'area è delimitata da pareti verticali, localmente anche aggettanti, che conferiscono al paesaggio un caratteristico aspetto rupestre (Fig. 3.7).

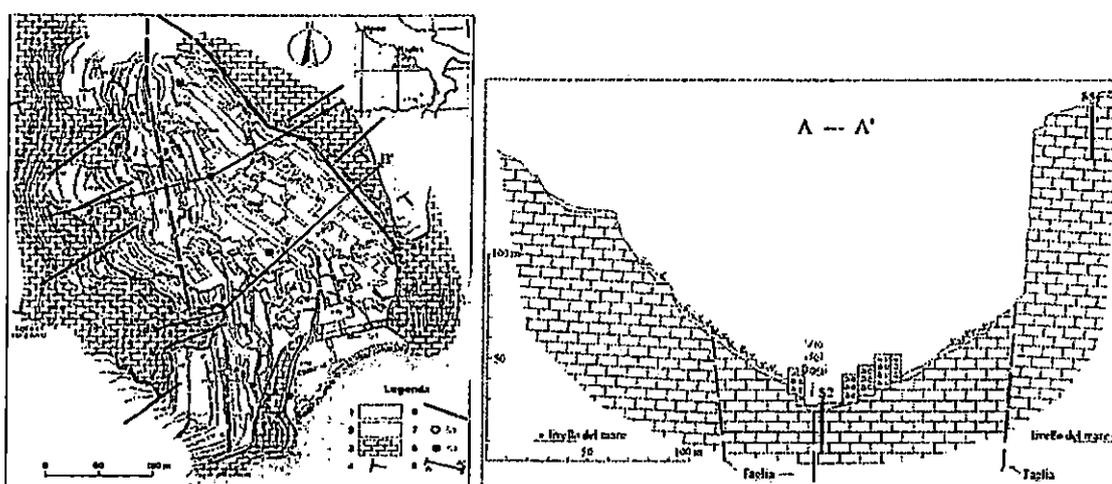


Figura 3.7 - Carta geologica del territorio di Atrani. 1: depositi alluvionali e di spiaggia attuali; 2: depositi detritico-piroclastici; 3: calcari dolomitici; 4: glacitura dei piani di strato; 5: faglia; 6: sondaggio geognostico; 7: sondaggio geognostico con esecuzione di prospezioni down-hole; 8: traccia di sezione geologica (Budetta & De Luca, 2004).

Il fronte orientale, lungo approssimativamente 320 m ed alto 100 m, presenta un andamento regolare secondo un piano di faglia la cui direzione è NW-SE. Il fronte ovest è anch'esso coincidente con un piano di faglia, orientato secondo la direzione NE-SW. I terreni affioranti sono rappresentati da calcari dolomitici e calcari in strati e banchi localmente con sottili interstrati marnoso-argillosi. Sul substrato calcareo poggiano, in corrispondenza dei settori di raccordo dei versanti, terreni detritico-piroclastici di spessore non superiore a 2-3 m (Fig. 3.8). Si tratta di piroclastiti incoerenti o pseudo coerenti costituiti granulometricamente da sabbie e sabbie limose da caduta e/o rimaneggiate, frammiste a detrito ciottoloso e ghiaioso proveniente dallo smantellamento dei versanti carbonatici. Questi terreni sono contenuti da macere che delimitano terrazzi coltivabili. La successione stratigrafica è completata dalla presenza di depositi alluvionali e di spiaggia, attuali, formati da

ghiaie e sabbie.



Figura 3.8 – Depositi detritico-piroclastici sui calcari lungo i versanti a monte del centro abitato di Atrani.

#### 4. L'EVENTO DEL 9 SETTEMBRE 2010

Il giorno 9 Settembre 2010, una'ampia porzione del territorio della Provincia di Salerno è stata interessata da intense precipitazioni meteoriche di breve durata, temporalmente verificatesi tra le ore 17 e le ore 21 circa, con picchi di maggiore intensità tra le ore 18 e le ore 19.

L'evento rientra nella categoria di "eventi pluviometrici con intensità elevata in intervalli temporali di breve durata (0÷6 ore), che possono generare situazioni di crisi in bacini imbriferi di estensione inferiore a 100 km<sup>2</sup> (incluso aree di drenaggio urbano)" secondo il D.P.G.R. 299/2005.

Allo scopo di fornire alcune informazioni di tipo quantitativo utili per caratterizzare l'intensità dell'evento pluviometrico, sono stati presi a riferimento i dati e le analisi meteorologiche fornite dalla Protezione Civile della regione Campania.

In particolare, per quanto riguarda i valori delle precipitazioni sono stati utilizzati i dati dei pluviografi di Agerola, Agerola Meteo, Amalfi, Cetara, Corbara-S.Egidio M., Gragnano, Maiori, Moiano, Pimonte, Pontecagnano, Ravello, Salerno Meteo, Tramonti ricadenti all'interno della zona in esame (Fig. 4.1).

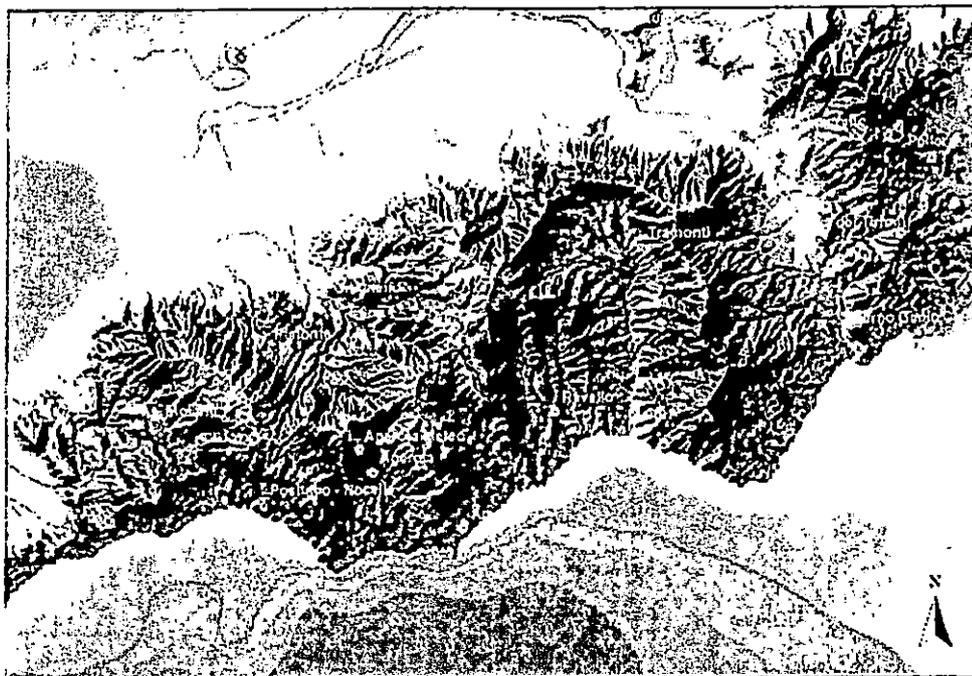


Figura 4.1 - Stazioni pluviometriche ricadenti nell'area interessata dall'evento  
(dati Protezione Civile della regione Campania).

In tabella 4.1 sono riportati i dati misurati in corrispondenza degli intervalli temporali 10, 20, 30 min e 1, 3, 6, 12h.

Si evidenzia che le massime altezze di pioggia in 30 min (59,4 mm) in 1h (92,2 mm) e in 3h (125,4 mm) si sono verificate rispettivamente ai pluviometri di Agerola, Pimonte e Ravello.

Pluviometro	P <sub>10',max</sub>	P <sub>20',max</sub>	P <sub>30',max</sub>	P <sub>1h,max</sub>	P <sub>3h,max</sub>	P <sub>6h,max</sub>	P <sub>12h,max</sub>
Pontecagnano	15,0	23,8	31,6	53,6	112,8	141,4	143,6
Salerno METEO	16,0	24,2	32,4	47,0	99,6	134,0	136,4
Ravello	19,4	38,2	49,4	80,8	115,4	123,6	124,4
Agerola METEO	26,2	46,8	59,4	80,8	110,2	114,2	115,6
Agerola	21,6	39,0	51,2	66,8	100,2	106,4	107,8
Moiano (V. Equense)	21,0	41,2	53,8	78,0	103,6	104,4	107,8
Pimonte	25,2	44,8	57,8	92,2	103,6	104,2	105,4
Maioni	12,0	20,0	26,0	43,0	83,2	96,4	97,0
Graguano	14,8	28,6	40,6	70,0	84,8	85,4	86,2
Amalfi	11,0	18,0	20,4	28,6	69,6	75,0	76,2
Cetara	9,8	16,0	20,4	27,2	58,8	65,4	66,8
Tramonti	12,4	23,4	31,0	42,6	64,0	64,6	64,6
Corbara	18,4	26,6	35,0	45,0	58,8	59,0	59,0

Tabella 4.1 - Dati pluviometrici del 09.09.2010 (dati Protezione Civile della regione Campania).

Alcune immagini satellitari particolarmente significative sono riportate nella figura 4.2 e mostrano l'evolversi delle perturbazioni meteoriche dalle ore 16 alle ore 19 del 9 Settembre 2010. Nella figura 4.3 sono invece rappresentate le isoiete di precipitazione tra le 16.00 e le ore 19.00 del 9 settembre 2010, mentre nella tabella 4.1 è riportato un confronto tra le altezze di pioggia misurate tra le ore 17.50 e le ore 20.00 alle stazioni di Pontecagnano, Salerno Meteo, Ravello, Agerola Meteo, Moiano e Pimonte della Protezione Civile.

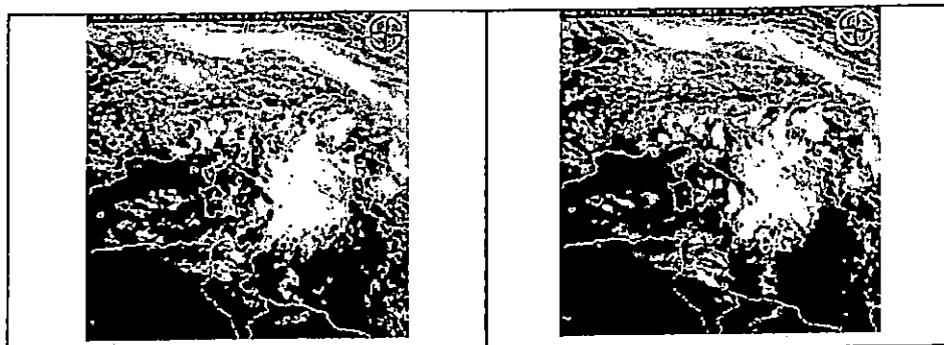


Figura 4.11: Immagine del satellite nel canale dell'infrarosso termico alle 16UTC del 09 settembre 2010.

Figura 4.12: Immagine del satellite nel canale dell'infrarosso termico alle 17UTC del 09 settembre 2010.



Figura 4.13: Immagine del satellite nel canale dell'infrarosso termico alle 18UTC del 09 settembre 2010.

Figura 4.14: Immagine del satellite nel canale dell'infrarosso termico alle 19UTC del 09 settembre 2010.

Figura 4.2 - Immagini satellitari della perturbazione meteorica del 09 Settembre 2010 (dati Protezione Civile della regione Campania).

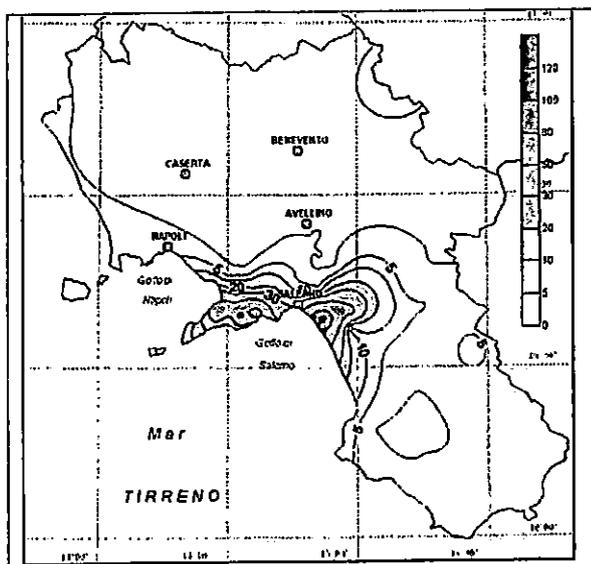


Figura 4.3 - Isoiete di precipitazione cumulata tra le ore 16:00 e le ore 19:00 del 09 Settembre 2010 (dati Protezione Civile della regione Campania).

Una prima valutazione dei dati acquisiti evidenzia che si è trattato di un evento pluviometrico di particolare intensità come messo in luce anche dalle analisi della Protezione Civile. Tali analisi, prendendo a riferimento le serie storiche delle precipitazioni misurate nei sette anni precedenti agli stessi pluviometri, evidenziano che alla stazione di Ravello sono stati registrati i valori storici massimi per intervalli temporali compresi tra 20 min e 12h, alla stazione di Agerola quelli compresi nell'intervallo 10 min - 3h, alla stazione di Pimonte quelli nell'intervallo 30min - 6h, a Gragnano per le durate di 1h e a Maiori per l'intervallo di 3 - 6 ore.

Dalla relazione della Protezione Civile risulta che: *"In data 09 settembre 2010, sono stati emessi l'Avviso Regionale di Avverse Condizioni Meteo e l'Avviso di Criticità Idrogeologica ed Idraulica Regionale, entrambi con decorrenza dalle ore 12:00 del 9 settembre e validità 24 ore. Nello specifico, l'Avviso di Avverse Condizioni Meteo. evidenziava possibili precipitazioni sparse a prevalente carattere di rovescio o temporale. L'Avviso di Criticità stabiliva un livello di criticità moderato per le zone di allerta 3, 5, 6, 7 e 8, e livello di criticità ordinario per le restanti zone 1, 2 e 4. L'Avviso di Criticità ravvisava, in particolare, possibili condizioni di rischio localizzato associato a fenomeni alluvionali in bacini minori"*.

Inoltre dall'esposto presentato dal Sig. Dipino e dal sito web del quotidiano on-line "è costiera on-line" risulta che dalla Sala Operativa Regionale della Protezione Civile è stato inviato un fax, protocollato in uscita alle ore 18:27 e con orario di stampa presso il fax del Comune di Atrani alle ore 18:59. In tale fax, si legge testualmente che *"Dalla elaborazione dei dati meteorologici, effettuata dal Centro Funzionale di questo Settore risulta che il pluviometro (Ravello) di riferimento per il territorio del Comune in indirizzo è interessato dal superamento del valore di soglia in fase di ALLARME 1h relativamente agli scenari di rischio per eventi pluviometrici della CLASSE I". Nel fax si legge, altresì, che "Dalle informazioni assunte dagli enti territoriali non sono segnalate al momento situazioni che determinano pericolo per la pubblica e privata incolumità" (Fig. 4.4).*

000310663534e1277031022032111Paciffivo

Comune di Atrani Proc. n. 2473 del 20/09/2010 in arrivo

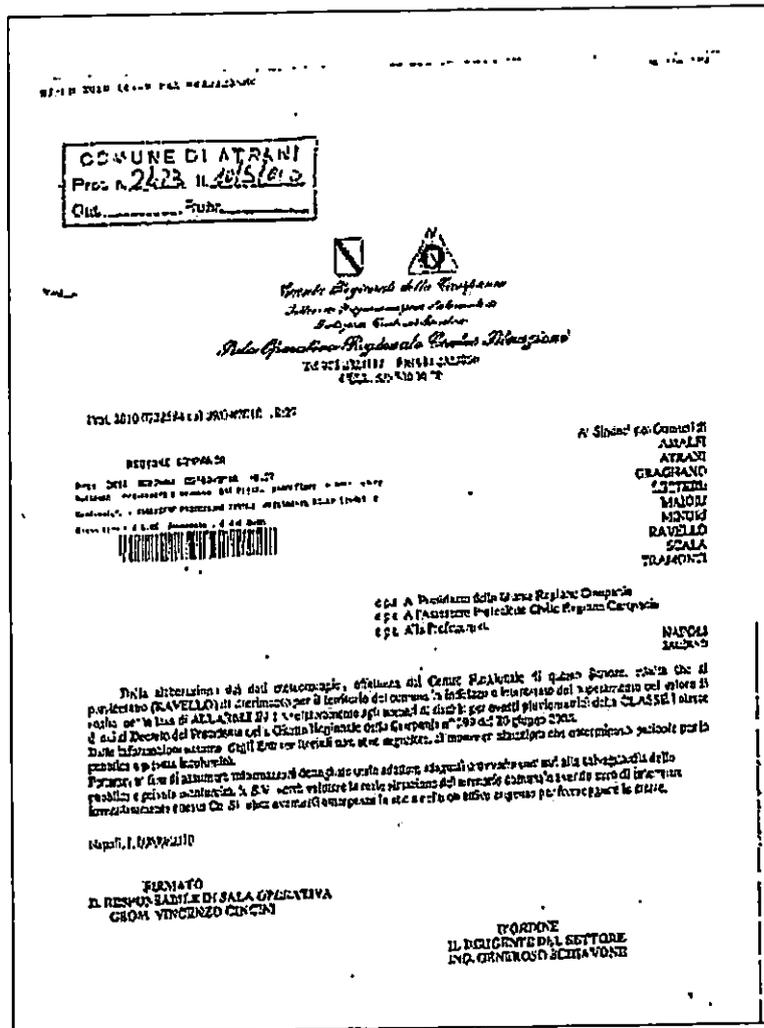


Figura 4.4 – Immagine del fax inviato dalla Sala Operativa della Protezione Civile della Regione Campania in data 09.09.2010.

Gli eventi pluviometrici innanzi citati hanno provocato allagamenti e danni in numerosi Comuni. Infatti, a partire dalle ore 18:00 circa, numerose sono state le chiamate di soccorso pervenute al Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Salerno, come riportato sinteticamente nella tabella 4.2.

10	orario	Segnalazione	Richiedente
1	18:01	richiesta squadra da Napoli	VV.F.
2	18:14	Allagamento Minori, Piazza Cantilena	Vigili urbani
3	18:15	Allagamento Salerno-Pastena	privato
4	18:15:15	Allagamento Salerno-Zona Industriale, prime avvisaglie Maiori-Nocera	VV.F.
5	18:16	Salerno-Ostaglio	privato
6	18:16:47	A Nocera piove a dritto	VV.F.
7	18:21	Salerno-Zona Industriale	privato
8	18:27:10	Amalfi, via Paradiso	privato
9	18:28:20	Salerno-Parco Arbostella, allagamento	privato
10	18:32	Tramonti, Scala (dietro Campo sportivo)	Tramonti
11	18:33:26	Scala allagamento strade (strada secondaria vicino falegneria)	privato
13	18:39:56	Scala, Sindaco Via Luogo	Sindaco Scala
14	18:44:26	Minori allagato completamente	VV.F.
15	18:44:26	Minori allagato completamente	VV.F.
16	18:46:35	Tramonti	privato
17	18:48:26	Atrani, piazza 3 m d'acqua	privato
18	18:49:20	Atrani, il fiume sta portando a mare le macchine	VV.F.
19	18:49:34	Maiori, il fiume è già straripato	VV.F.
20	18:50:29	Pontecagnano, 2m d'acqua	privato
21	18:53:11	Ravello, Torello, 20 cm d'acqua in strada (santuario S. Cosma e Damiano)	privato
22	18:53:40	Scala, Sindaco	Sindaco Scala
23	18:57:40	Pontecagnano,	Comune
24	18:58	Ravello, via valle del dragone, Pontone, fiume straripato	privato
25	19:05:30	Pontecagnano, autostrada	Comune
26	19:23:30	Corbara, bar, via Diaz	Vigili urbani
27	19:24	Sarno	privato
12	19:38:10	Cetara, località MaiStella caduta massi	privato
28	19:54:30	Mezzi da Napoli sull'A3	VV.F.
29	19:56	Mezzi da Napoli sull'A3	VV.F.

Tabella 4.2 - Richieste di soccorso ricevute dal Comando Provinciale dei Vigili del Fuoco di Salerno  
 in data 9 Settembre 2010.

Nel bacino idrografico del torrente Dragone, gli effetti delle precipitazioni sono stati numerosi e di diversa entità, ed hanno dato luogo a:

1. fenomeni erosivi particolarmente intensi in località Casa d'Amelia (Comune di Scala) e in località Crete (Comune di Ravello);
2. fenomeni franosi di tipo superficiale nelle frazioni S. Caterina e Vallone Nocelle (Comune di Scala);
3. invasione di Via dei Dogi e di piazza Umberto I (Comune di Atrani) da parte di ingenti quantità di acqua e di sedimenti che hanno determinato:
  - a. la scomparsa di una ragazza (Francesca Mansi, 25 anni), travolta e trasportata dai flussi, mentre si trovava a lavoro nel Bar "La Risacca" sito nella piazza, e ritrovata priva di vita nelle acque di Panarea in data 02/10/2010;
  - b. gravi problemi di salute per un anziano (Francesco Corvino, 87 anni),

- mentre si trovava nel Bar "La Risacca", che ne hanno determinato prima il ricovero in ospedale e poi il decesso in data 23.09.2010;
- c. la rottura della soletta di copertura del tratto di alveo tombato, in corrispondenza di Via del Dogi n. 16;
  - d. danni materiali alle attività commerciali ed alle civili abitazioni situate al piano terra degli edifici ubicati lungo via Dogi;
  - e. la rimozione ed il trasporto a valle di gran parte della pavimentazione ornamentale (blocchetti) di Via del Dogi;
  - f. la perdita di numerosi autoveicoli e motocicli trasportati dai flussi fino al mare.

Gli effetti devastanti causati dall'evento del 9 Settembre sono messi chiaramente in luce nella figura 4.5 che si riferisce alla mattina del giorno 10 Settembre.

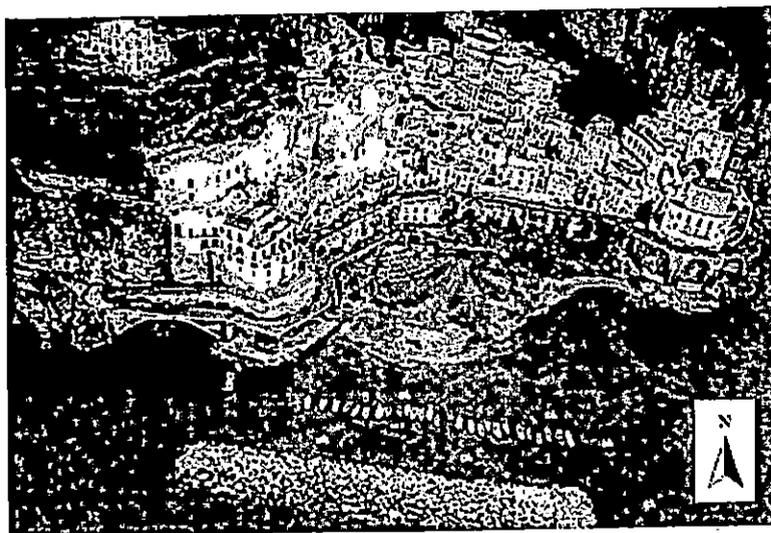


Figura 4.5 - Foto scattata dall'elicottero dei Vigili del Fuoco il 10 Settembre 2010.

## **5. LE INDAGINI ESEGUITE**

Al fine di una ricostruzione dell'evento su basi oggettive, ed in ottemperanza a quanto espressamente richiesto nel **quesito Q1c** "ispezione dei luoghi", sono state condotte numerose e molteplici attività di campo (di tipo geologico ed idraulico) ed è stata acquisita la cartografia e la relativa documentazione inerente la normativa sul rischio da frana e sul rischio idraulico nel territorio del Comune di Atrani.

Le modalità con le quali sono stati acquisiti i dati di campo ed il significativo incremento delle conoscenze che da tali attività è scaturito sono illustrati e discussi nel prosieguo del presente paragrafo.

### **5.1 I rilievi di campo di tipo geologico**

I rilievi geologici di campo sono stati condotti con lo scopo di individuare, analizzare e cartografare gli effetti dell'evento pluviometrico del 9 settembre 2010 in termini di fenomeni franosi ed erosivi, trasporto e deposizione che si sono verificati nell'ambito dell'intero bacino idrografico che incombe sul centro urbano. I rilievi sono stati eseguiti a valle del sorvolo dell'area, in data 11.09.2010, con elicottero del Comando Provinciale dei VV.FF. di Salerno. Nel corso delle attività di campo sono state condotte anche analisi litologiche e stratigrafiche sui terreni sciolti costituenti le coperture detritico-piroclastiche nei settori ove si sono registrati le maggiori erosioni, al fine di valutare l'entità dell'erosione e fornire una stima del volume solido trasportato dalle acque fino alla foce del torrente.

Nella stesura della carta di sintesi dei fenomeni avvenuti nel bacino imbrifero del Torrente Dragone in occasione dell'evento pluviometrico si è tenuto, altresì, conto dei rilievi condotti dai geologi dell'Autorità di Bacino regionale Destra Sele e di quanto riportato nell'esposto del 09.12.2010.

#### **5.1.1 I fenomeni di dissesto e di erosione nelle aree montane**

Le osservazioni di campo hanno evidenziato che l'evento pluviometrico del 9 settembre ha creato approfondite erosioni lineari lungo i valloni ed erosioni di tipo

areale sui versanti piani con trasporto di consistenti volumi di materiali detritici e fangosi. Si sono, altresì, verificati fenomeni franosi e dissesti di varia natura, anche se di limitata estensione, che si sono essenzialmente concentrati nel settore medio alto del bacino del Torrente Dragone nel territorio del Comune di Scala. I principali fenomeni rilevati nel corso dei sopralluoghi sono localizzati nella figura 5.1 e qui di seguito illustrati.

Sul versante in destra orografica del Torrente Dragone, intorno a quota 625 m s.l.m., nei pressi di loc. Casa D'Amelia, lungo due impluvi sono stati osservati nell'ambito della coltre piroclastica fenomeni di erosione lineare con affioramento del sottostante substrato calcareo; in tale zona discreti volumi di terreno sono stati asportati e trasferiti verso valle dalle acque. Sul versante opposto, in località Casa S. Maria Dei Monti, si sono osservate numerose tracce di erosione diffusa da correlare al percorso compiuto dalle acque superficiali lungo linee preferenziali di ruscellamento. Solo più a valle, in corrispondenza della confluenza del Torrente Nocelle, sul medesimo versante intorno a quota 590 m s.l.m. si è verificata nelle coperture piroclastiche una frana superficiale per erosione concentrata, della lunghezza di circa 50-60 m. Gran parte del materiale franato è stato trasferito verso valle.

Cesimare di Aversa prot. 00020635 del 21-7-2010-2022 in barriera

Comune di Atrani prot. 08610835 del 27-10-2022 in arrivo

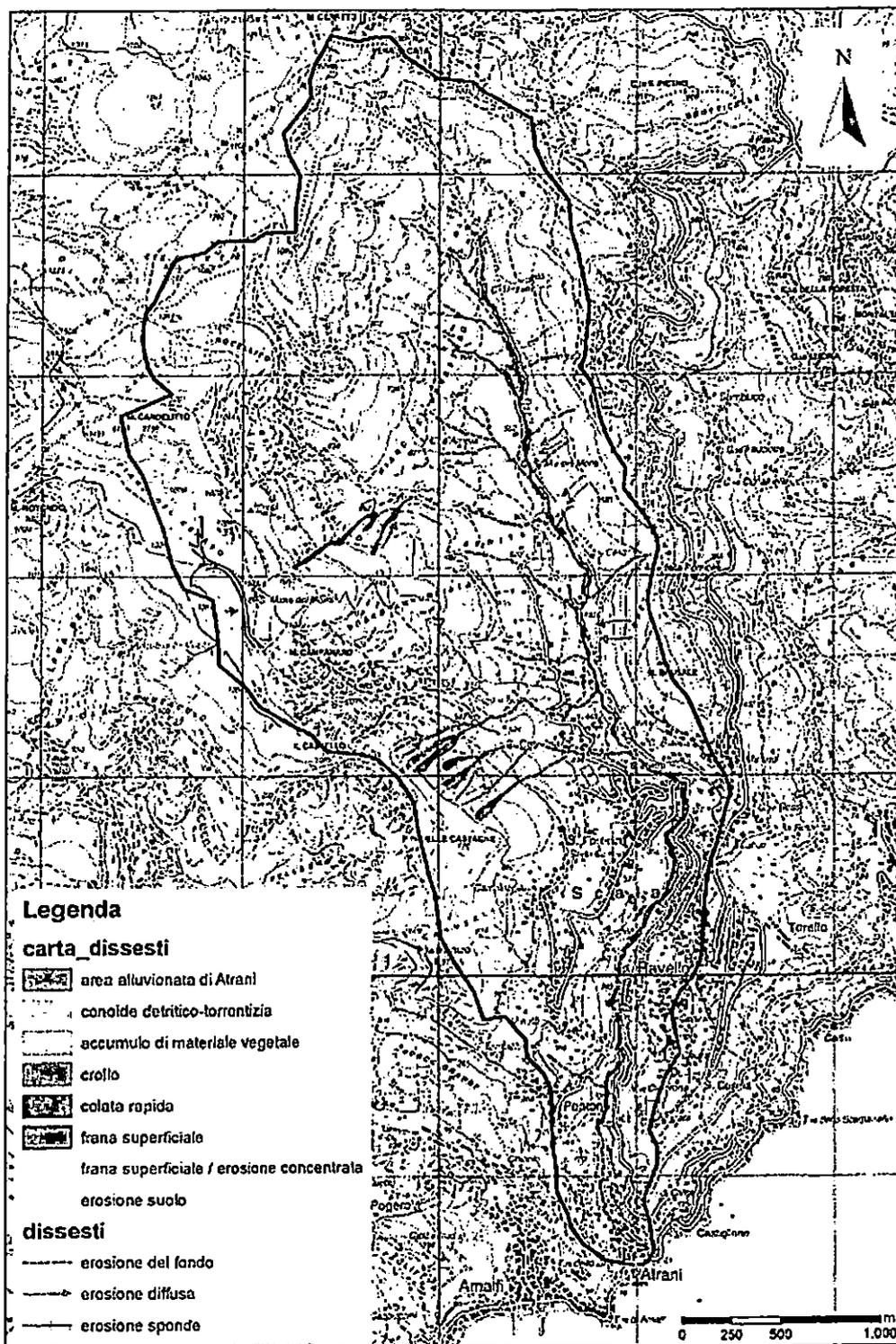


Figura 5.1 – Carta dei dissesti avvenuti nel bacino imbrifero del Torrente Dragone il 9/9/2010.

Lungo il tratto d'alveo del T. Dragone compreso tra quota 650 m s.l.m. e circa 540 m s.l.m., sulle due sponde si osservano erosioni di scalzamento al piede del versante, che hanno ampliato la sezione originaria del letto del torrente di almeno 2-3 m per l'asportazione di consistenti volumi di terreno.

In Località Selva del Perillo, in destra del T. Nocelle si osserva un'area di intensa erosione nell'ambito delle coperture piroclastiche, che si sviluppa lungo due impluvi da quota 700 m s.l.m. fino all'asse vallivo del torrente posto a quota 630 m s.l.m. Il fenomeno erosivo si estende per circa 100-130 m ed ha innescato ulteriori dissesti con conseguente sradicamento di alberi di alto fusto (Fig. 5.2).



Figura 5.2 - Area di erosione di pomice di colore chiaro lungo il Torrente Nocelle (quota 698 m s.l.m.).

Sul medesimo versante sono state osservate due colate rapide che hanno coinvolto le coperture piroclastiche presenti lungo due impluvi. La zona d'innescò di una delle due colate è posta a quota 1.000 m s.l.m. e si sviluppa lungo il versante per circa 400 m fino al fondo valle del T. Nocelle. In questa zona si osservano anche numerose altre piccole frane superficiali lungo le sponde del torrente.

Sul versante settentrionale di *Punta delle Castagne*, nel territorio del comune di Scala, sono presenti quattro colate rapide, le cui aree d'innescò sono poste intorno a quota 700 m s.l.m. Con ogni probabilità alcune di queste si sono attivate in aree già interessate da frane di colata rapida in occasione della tragica alluvione del 1954.

In questa area il sentiero che conduce alla cima del rilievo di Monte Castello, nei tratti di attraversamento degli impluvi sede delle frane di colata rapida, è interrotto per la presenza di accumulo di terreno proveniente dai settori montani; in

corrispondenza del tratto di alveo nel quale si è sviluppata la colata rapida di maggiore dimensione è franato anche parte del sentiero con conseguente incremento del volume dei sedimenti dislocati (Figura 5.3).



Figura 5.3 – Frana (a sinistra) ed erosione lineare con messa a giorno dei calcari (a destra) lungo il versante di Punta delle Castagne.

Alcuni processi erosivi sono stati individuati lungo l'alveo del T. Scalandrone nel tratto compreso tra la Piana del Ceraso posta a quota 1.050 m s.l.m. e quota 1.000 m s.l.m. Si tratta di erosioni di alcuni decimetri di terreni detritico-piroclastici presenti lungo il letto del torrente e lungo le sue sponde; localmente il fenomeno ha generato l'ampliamento dell'erosione alla base del versante coinvolgendo alberi di alto fusto.

Altri processi erosivi sono stati individuati all'interno degli alvei torrentizi ad elevata pendenza presenti sul versante del M.te Campanaro in destra del Torrente Dragone. I fenomeni più frequenti consistono nella erosione diffusa e concentrata delle coperture piroclastiche all'interno e lungo i fianchi dei valloni, dove le acque dilavanti hanno riesumato le radici degli alberi di alto fusto, minandone la stabilità (Fig. 5.4 e 5.5).

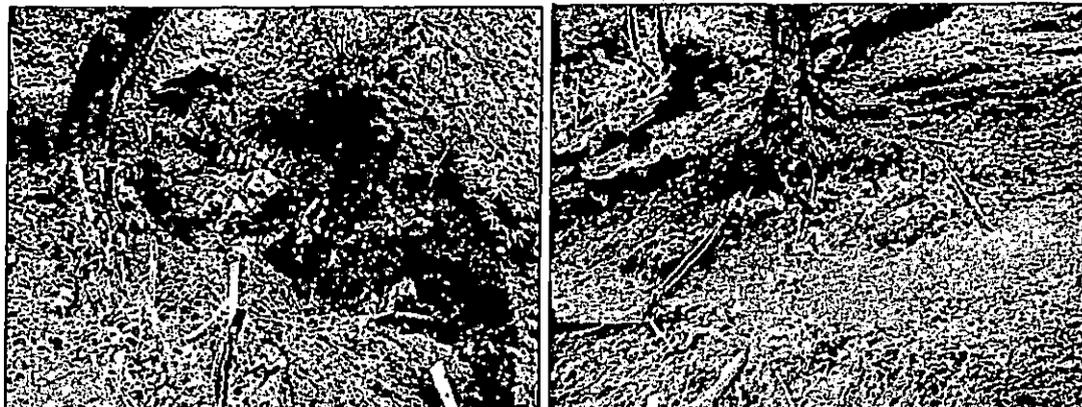


Figura 5.4 - Erosione nell'ambito dei terreni detritici (a sinistra) ed erosione della copertura vegetale con messa a giorno delle radici degli alberi di alto fusto (a destra).

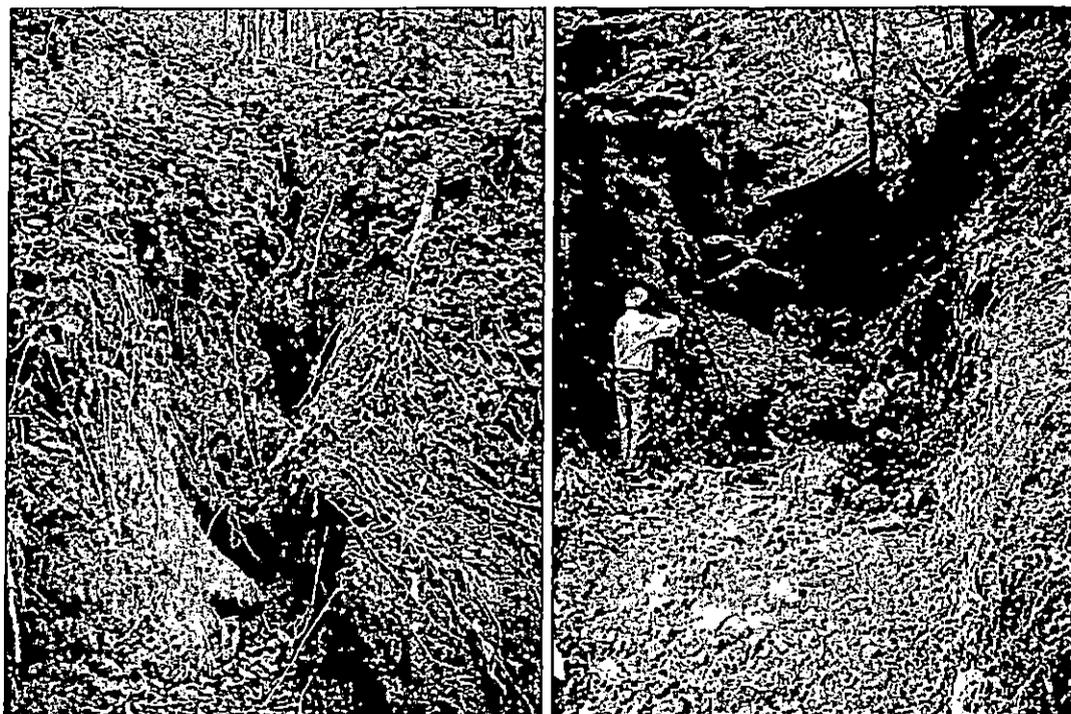


Figura 5.5 - Erosione lineare in piroclastici (a sinistra) e cumulo di frana lungo un alveo (a destra).

Questi dissesti hanno coinvolto un volume consistente di materiale detritico-piroclastico misto a blocchi e ciottoli calcarei, oltre ad un gran numero di tronchi di alberi di alto fusto, che nel trasferimento verso valle hanno contribuito ad allargare la fascia di territorio in erosione con conseguente messa a giorno del substrato carbonatico. I dissesti si sono verificati lungo gli impluvi per alcune decine di metri, particolarmente nei settori di raccordo con il fondovalle dove gli spessori delle

coperture sono maggiori (Fig. 5.1).

In alcune aree del versante orientale di Punta delle Castagne, che sovrasta gli abitati di S. Lorenzo e S. Caterina, i dissesti sono stati esaltati da banchi lenticolari di pomici bianche, spessi fino a 3-4 m, rinvenuti in alcuni tagli artificiali lungo il sentiero che conduce alla vetta del M.te Campanaro (Fig. 5.6). Le pomici si presentano di dimensioni medie di 1-2 cm, senza matrice cinerea, sciolte, ed appena protette da un sottile strato di colluvioni pedogenizzate; localmente l'azione erosiva delle acque ha generato sul versante solchi profondi alcuni metri.



Figura 5.6 - Lente di pomici bianche dello spessore di 5 m.

L'area maggiormente interessata dai fenomeni di erosione è compresa tra le confluenze del Vallone Nocelle e del Vallone Scalandrone, vale a dire gli unici due torrenti dotati di bacino imbrifero particolarmente sviluppato. La testata del bacino del T. Nocelle si apre sulle pendici meridionali di M.te Candilitto intorno a quota 1.100-1.150 m s.l.m.; il torrente attraversa una valle molto approfondita nell'ambito dei calcari per un tratto di circa 2.000 metri e sfocia nel Torrente Dragone intorno alla quota di 506 m s.l.m..

La testata del bacino del T. Scalandrone (Fig. 5.7) è posta intorno a quota 1.000 m s.l.m. sul Monte Campanaro; il torrente dopo un percorso quasi rettilineo ed incassato nei calcari, lungo circa 1.600 m, si immette nel Torrente Dragone poco a monte dell'abitato di S. Caterina intorno a quota 400 m s.l.m..

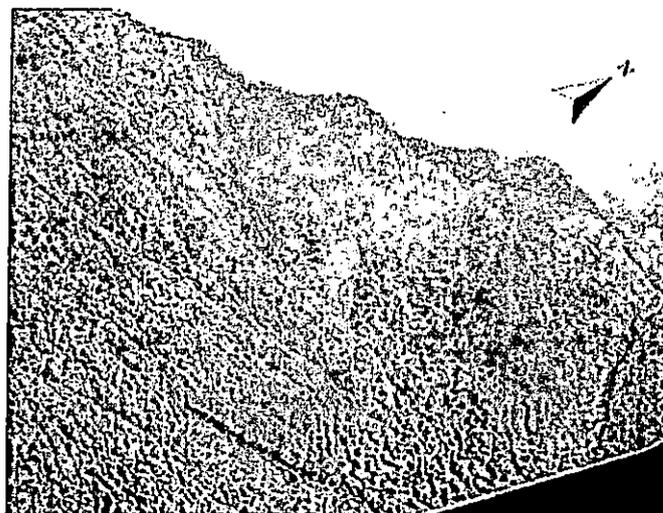


Figura 5.7 - Testata del bacino del T. Scalandrone.

Le osservazioni di campo sulle erosioni di sponda e sul materiale trasportato lungo gli alvei indicano come in tale zona si siano concentrati consistenti volumi di acqua, testimoniati sia dal trasporto di grossi tronchi di alberi e di massi rocciosi, di dimensioni fino a  $0.5 \text{ m}^3$ , e sia dalla presenza di dissesti e di erosioni di entità ancora maggiore lungo il tratto dell'alveo del Torrente Dragone compreso tra le confluenze dei due torrenti.

Si tratta di un settore esteso per una lunghezza di circa 1.000 m, racchiuso tra il versante orientale di M.te Campanaro ed il rilievo di M.te Brusale, lungo il quale il letto del Torrente Dragone mostra un dislivello da 506m s.l.m. a 350 m s.l.m.

In corrispondenza della quota 506 m s.l.m., dove si registra la confluenza del T. Nocelle, è presente una ampia conoide di deiezione, attualmente re-incisa per quasi tutta la sua altezza (Fig. 5.8), costituita da accumuli di materiale detritico-clastico spessi fino ad una decina di metri, da addensati a ben cementati.



Figura 5.8 - Testata del bacino imbrifero del T. Nocelle e conoide reinclisa alla confluenza con il T. Dragone.

In corrispondenza della confluenza del T. Nocelle nel Torrente Dragone, al di sopra dei calcari è presente un banco di *durece*; si tratta di deposito stratificato di natura piroclastica costituito da clasti pomicei e calcarei a grana media e grossa con abbondante matrice cinerea, ben cementato. Il deposito è largamente diffuso in molti valloni della costiera amalfitana e rappresenta una particolare rielaborazione sedimentaria dei prodotti piroclastici dell'eruzione del 79 d.c. del Vesuvio. Lungo questo tratto vi sono varie evidenze del passaggio delle acque tumultuose che hanno eroso le sponde e trasportato per brevi tratti blocchi di *durece* di dimensioni di almeno 2-3 m<sup>3</sup> (Fig. 5.9).



Figura 5.9 - Erosione e trasporto di blocchi di *durece* (parte 1).

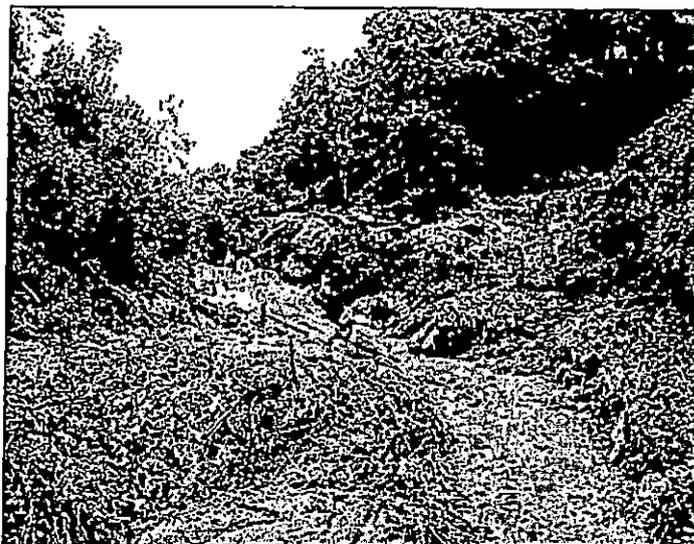


Figura 5.9 - Erosione e trasporto di blocchi di *durece* (parte 2).

In base ai rilievi effettuati in sito, si stima che il livello dell'acqua abbia raggiunto una altezza di 4-5 m dal letto del torrente la cui sezione trasversale in questo tratto è larga 4-5 m. Inoltre, più a valle e fino alla frazione di S. Caterina, in corrispondenza della confluenza del V.ne Scalandrone vi sono altri tre impluvi minori nei quali sono state osservate erosioni di scalzamento al piede che comportano locali ampliamenti laterali degli impluvi. Nell'alveo, come nel medesimo Torrente Dragone, sono state osservate le testate di numerose briglie, distanziate tra loro ogni 30 - 50 m, costruite probabilmente a seguito dell'evento del 1954, ed attualmente non più funzionanti in quanto completamente plene di deposito alluvionale misto a colluvioni piroclastiche (Fig. 5.10).

Nel settore del bacino dove sono state rilevati i fenomeni erosivi e di dissesto di maggiori dimensioni sono presenti alcune risorgenze di natura carsica. La sorgente perenne Cesaro, con portata di 16 l/s, si rinviene nell'alveo del Torrente Dragone a quota 465 m s.l.m., poco a valle della confluenza del T. Nocelle. Altre due sorgenti intermittenti si rinvengono sul versante orientale di M.te Campanaro: Sorgente Valano a quota 573 m s.l.m. e sorgente Fontanelle a quota 540 m s.l.m., ambedue ubicate in corrispondenza di due impluvi dove sono stati rilevate erosioni della coltre vegetale e del substrato di natura piroclastica.



Figura 5.10 - Briglie completamente sepolte e/o danneggiate da deposito alluvionale.

Le particolari caratteristiche idrogeologiche del bacino sono strettamente correlate al profondo substrato carbonatico interessato da faglie e da numerose famiglie di fratture, lungo le quali il processo carsico risulta ben sviluppato, come documentato in tutta la penisola sorrentino-amalfitana. Non si può, quindi, escludere che nel corso dell'evento del 9 settembre 2010 le portate di acqua siano state in qualche misura incrementate dal sistema carsico sotterraneo, anche se tali aliquote non appaiono particolarmente significative e non sono in ogni caso quantificabili.

### 5.1.2 I detriti che hanno invaso le aree di valle

I fenomeni illustrati nel paragrafo precedente sono stati alla base di numerose problematiche nella zona di valle avendo causato:

- la deposizione di detriti e di fango lungo Via dei Dogi (Fig. 5.11);
- la invasione completa di Piazza Umberto I, con deposito di fango e detriti per uno spessore medio di circa 1.5 m;
- l'avanzamento dell'arenile del Comune di Atrani di circa 30 m (Fig. 5.12 e 5.13);
- la presenza di fanghi sospesi nelle acque antistanti il Comune di Atrani che hanno assunto per molte ore una colorazione scura (Fig. 5.12);
- il trasferimento e la risedimentazione di depositi nel *fan-delta* sottomarino ubicato nell'area della piattaforma continentale antistante la zona costiera di Atrani da 10 m a 50 m di profondità (Sacchi et al., 2009).

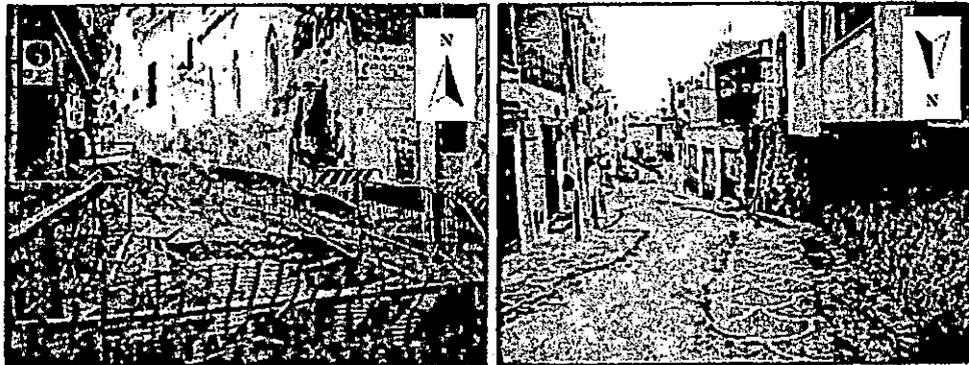


Figura 5.11 – Danneggiamento di Via dei Dogi; vicino alle mura si può osservare l'altezza raggiunta dal fango nel corso dell'alluvione.



Figura 5.12 – Viste della spiaggia di Atrani dopo l'evento (foto del 10.10.2010).

Il volume di terreno che si è depositato in piazza Umberto I è stato stimato in 900 m<sup>3</sup> considerando un'area complessiva (A) pari a 600 m<sup>2</sup> A ed una altezza media di invasione (h) pari a 1.5 m; analoghi volumi di terreno si sono depositati lungo Via dei Dogi.

Il volume di terreno depositato sulla spiaggia di Atrani (Fig. 5.12 e 5.13) è stato determinato (Tab. 5.1), portando in conto:

- i) il volume depositato sulla spiaggia esistente (4.800 m<sup>3</sup>),
- ii) il volume che ha costituito la nuova spiaggia (5.500 m<sup>3</sup>),
- iii) il volume che si è depositato sotto il pelo libero dell'acqua (2.250 m<sup>3</sup>).

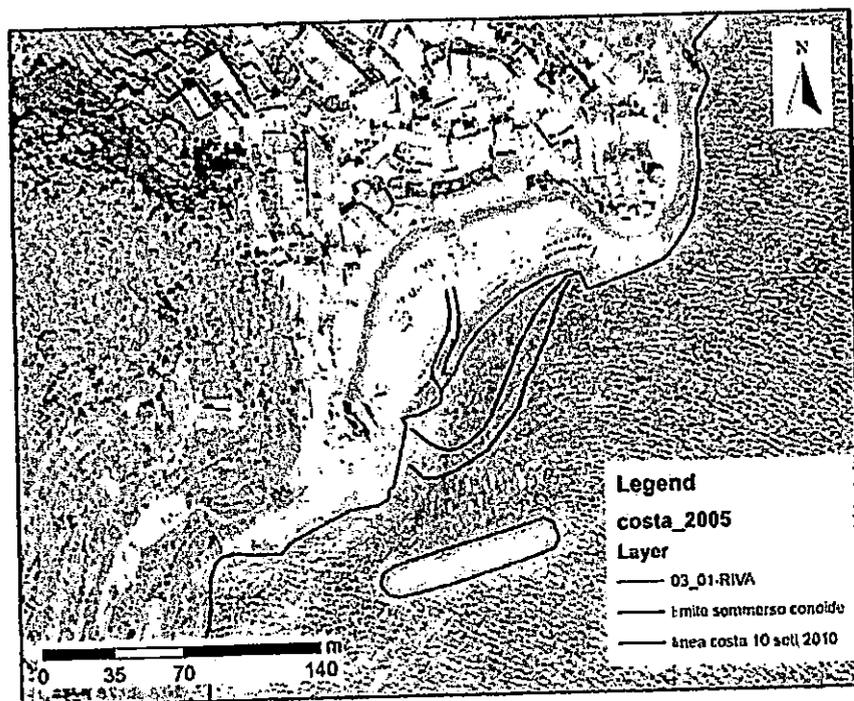


Figura 5.12 - Variazione linea di costa tra il 2005 (Ortofoto ORCA) e il 10/9/2010

Comune di Atrani prot. 06610335 del 27/10/2002 in paragrafo

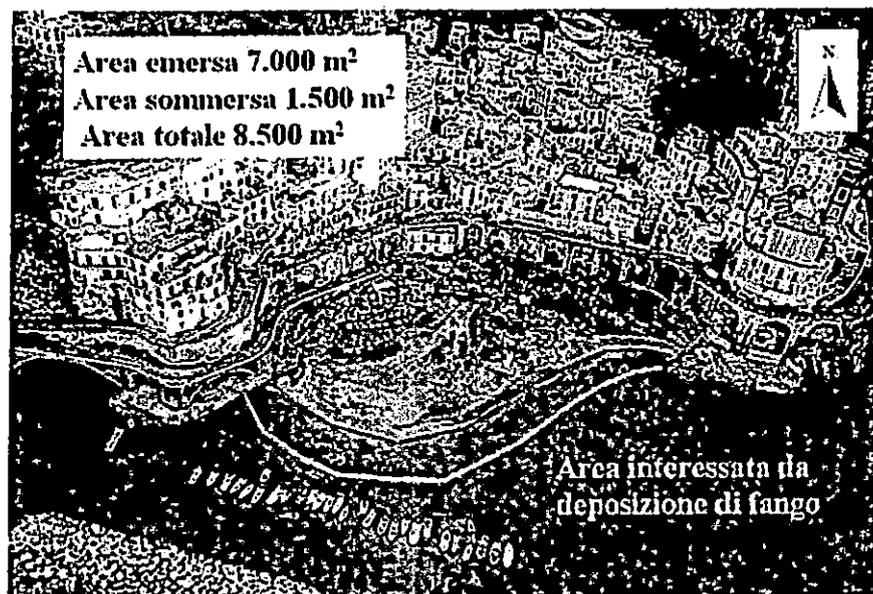


Figura 5.13 – Ricostruzione delle aree sull'arenile di Atrani.

	Area	Spessore medio	Volume
splagga già esistente interessata dalla deposizione	4.800 m <sup>2</sup>	1 m	4.800 m <sup>3</sup>
nuova spiaggia emersa	2.200 m <sup>2</sup>	2,5m	5.500 m <sup>3</sup>
nuova splagga sommersa	1.500 m <sup>2</sup>	1,5 m	2.250 m <sup>3</sup>
<b>totale</b>	<b>8.500 m<sup>2</sup></b>		<b>12.550 m<sup>3</sup></b>

Tab. 5.1 Stime dei volumi depositati sulla spiaggia di Atrani

Dalle precedenti valutazioni scaturisce, quindi, un volume complessivo di circa 14.000 - 15.000 m<sup>3</sup> che si è depositato nel centro urbano e in corrispondenza della spiaggia di Atrani .

Stime altrettanto accurate non possono essere effettuate per i depositi dispersi in mare non essendo disponibili dati significativi al riguardo; sono, viceversa, possibili stime di larga massima facendo riferimento all'aliquota risedimentata nell'area di fan-delta sottomarino nel corso degli eventi storici degli ultimi secoli (1822 - 2009) e della concomitante crescita del corpo sedimentario subacqueo (Sacchi et al., 2009). Sulla base di tali elementi scaturisce un volume complessivo minimo di 25.000m<sup>3</sup> di sedimenti trasportati e ridepositati sul fondale marino antistante il

comune di Atrani in concomitanza dell'evento alluvionale.

In definitiva, tutti gli elementi acquisiti portano ad un volume globale dei sedimenti trasportati a valle nel corso dell'evento verosimilmente compreso nell'intervallo 15.000-40.000 m<sup>3</sup>, valori che appaiono congruenti con la estensione e la profondità dei depositi erosi o collassati secondo i meccanismi descritti nel precedente paragrafo.

## 5.2 I rilievi di campo di tipo Idraulico

Dalla prima visione dei luoghi interessati dal fenomeno di allagamento è subito emersa l'esigenza di effettuare una accurata ispezione del tratto di alveo tombato al fine di valutarne le effettive caratteristiche geometriche e lo stato di conservazione e manutenzione.

Tale ispezione visiva è stata accompagnata anche da un rilievo di dettaglio che è stato commissionato alla Società di Ingegneria Integrata Tecnoglobo s.r.l..

Le attività di campo svolte sono rappresentate da:

- rilievo di dettaglio dell'area che si sviluppa dalla foce del Torrente Dragone, lungo la Via dei Dogi fino ad arrivare ad una distanza di circa 100 metri a monte dell'imbocco dello scatolare;
- rilievo tridimensionale dell'interno dello scatolare sottostante Via dei Dogi;
- rilievo fotografico della zona in superficie e dell'interno dello scatolare.

I rilievi effettuati sono stati di importanza decisiva ai fini della ricostruzione delle criticità idrauliche del sistema. I risultati delle attività di rilievo è di ricognizione visiva sono riportati nell'Allegato 1 "Rilievi fotografici e plano-altimetrici".

In via sintetica si evincono i seguenti aspetti:

- la struttura con cui è stato tombato l'alveo Dragone nel tratto terminale è uno scatolare di dimensioni 5,5 x 1,36 m;
- l'andamento planimetrico del canale scatolare non è rettilineo ma sono presenti alcune curve;
- le sezioni trasversali della struttura è variabile con la presenza di tratti banchinati e di una cunetta carrabile (Fig. 5.14);
- le dimensioni delle sezioni trasversali variano da 5,5x2,9m (sezione di imbocco a monte) a 5,5x1,36m (sezione di sbocco a valle);

- la pendenza di fondo è anch'essa variabile per tratti del valore 0,05 al valore di 0,02;
- al momento del sopralluogo non erano presenti nel canale quantità significative di sedimenti sul fondo, né ostruzioni;
- strutturalmente la sezione presenta spalle sub-verticali in cemento e una copertura a travetti precompressi accostati;
- In corrispondenza della sezione ubicata a circa 200m dall'imbocco si evidenzia un'ampia zona di rottura della soletta di copertura determinatosi durante l'evento critico del 9 settembre;

Nelle figure 5.14 - 5.16 di seguito riportate sono evidenziate alcune delle caratteristiche del collettore prima indicizzate.

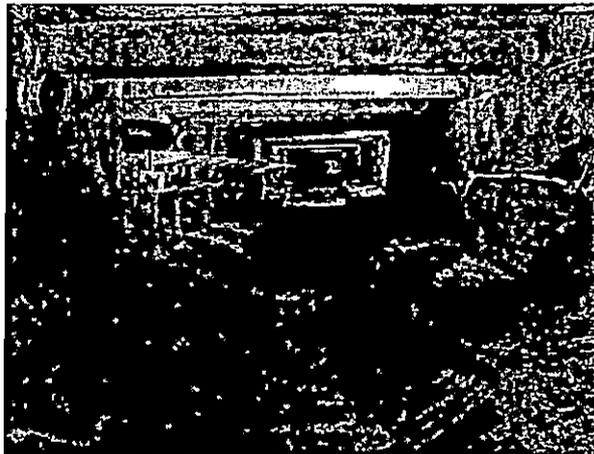


Figura 5.14 - Foto scattate all'interno del collettore.

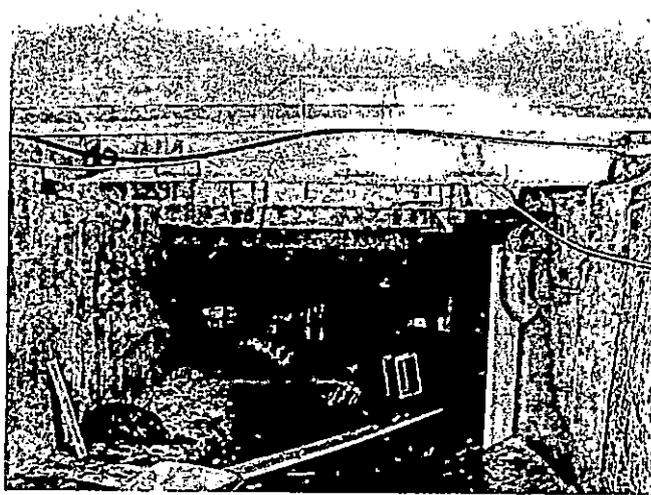


Figura 5.15 - Foto con vista dell'intradosso di copertura.



Figura 5.16 - Foto con vista delle sezioni banchinate e non banchinate.

### 5.3 La documentazione sulla normativa del rischio

La normativa sul rischio di alluvione e da frana ha trovato, dal punto di vista normativo, un importante punto di partenza nella Legge 183/89 (Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo), seguita da integrazioni successive fino al D.L. n. 152/2006 (T.U. delle Norme in materia ambientale). In particolare, la Legge 183/89 ha previsto la nascita di una nuova Istituzione, denominata Autorità di Bacino che, allo stato attuale, può essere di rilievo nazionale, interregionale o regionale.

A questa articolazione istituzionale il D.L. 152/2006 sostituisce i Distretti Idrografici (6 per tutto il territorio nazionale) che dovevano sostituire le precedenti Autorità di Bacino a partire dal 30/04/2006. Giova osservare però che, a tutt'oggi, non si è avuta la piena applicazione delle suindicate prescrizioni normative e, pertanto, le attività relative alla pianificazione e programmazione nel campo del rischio di alluvione e da frana sono ancora in capo alle Autorità di Bacino presenti sul territorio nazionale.

Un significativo impulso delle azioni di pianificazione e programmazione si è registrato in Italia a seguito della emergenza idrogeologica del 5-6 maggio 1998, causata da un numero elevato di colate rapide di fango di rilevante intensità che produssero 160 vittime e ingenti danni economici in 5 Comuni della Regione Campania (Bracigliano, Quindici, San Felice a Cancelli, Sarno e Siano).

A seguito di tale evento catastrofico, il Governo centrale emanò, infatti, il D.L. 180/98 che, convertito nella Legge n. 267 del 3 agosto 1998, richiedeva a tutte le Autorità di Bacino di rilievo nazionale ed interregionale, nonché alle regioni per i restanti bacini, di adottare entro il 30 giugno 1999 piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico (alluvioni e frane) che contenessero, in particolare, "l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico (alluvioni e frane)".

Successivamente, tale disposto venne modificato ed integrato dal D.L. 132/99 (convertito nella Legge 266/99) che richiedeva la approvazione, entro il 31 ottobre 1999, da parte delle Autorità di Bacino di rilievo nazionale ed Interregionale e delle regioni per i restanti bacini, di piani straordinari diretti a rimuovere le situazioni a

rischio più alto, da redigere anche sulla base delle proposte delle regioni e degli enti locali.

La Legge 365/2000, recante "interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile ..." sancì, infine, che i progetti di piano stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico di cui al D.L. 180/98, fossero adottati entro il termine perentorio del 30 aprile 2001.

L'Atto di indirizzo e coordinamento del D.L. 180/1998 (D.P.C.M. del 29 settembre 1998) indicava che i progetti di piano stralcio fossero elaborati, a partire da un'analisi territoriale svolta in scala adeguata (almeno 1:25:000) e con l'ausilio di cartografia tecnica (a scala minima 1:25.000), facendo riferimento alle seguenti classi di rischio:

- **molto elevato R4:** per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche;
- **elevato R3:** per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità dei medesimi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale;
- **medio R2:** per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;
- **moderato R1:** per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.

Le zonazioni del rischio idraulico e da frana sono state effettuate per il territorio del Comune di Atrani dall'Autorità di Bacino del Destra Sele, che ha competenza sull'intero territorio della Costiera Amalfitana. Stralci della cartografia prodotta per il rischio da frana sono riportati nelle Fig. 5.17 - 5.19, dalle quali si evince che i Piani sin qui redatti hanno sempre classificato a rischio molto elevato (R4) l'area nella quale è occorso l'evento del 9 settembre 2009. Naturalmente il livello di dettaglio prodotto si è andato progressivamente affinando nel tempo, in funzione degli elementi acquisiti e della modellazione svolta dall'Autorità di Bacino.

I risvolti che da tali zonazioni scaturiscono in materia di gestione del rischio e dell'evento calamitoso del 9 settembre 2010 sono approfonditi nel paragrafo 8.

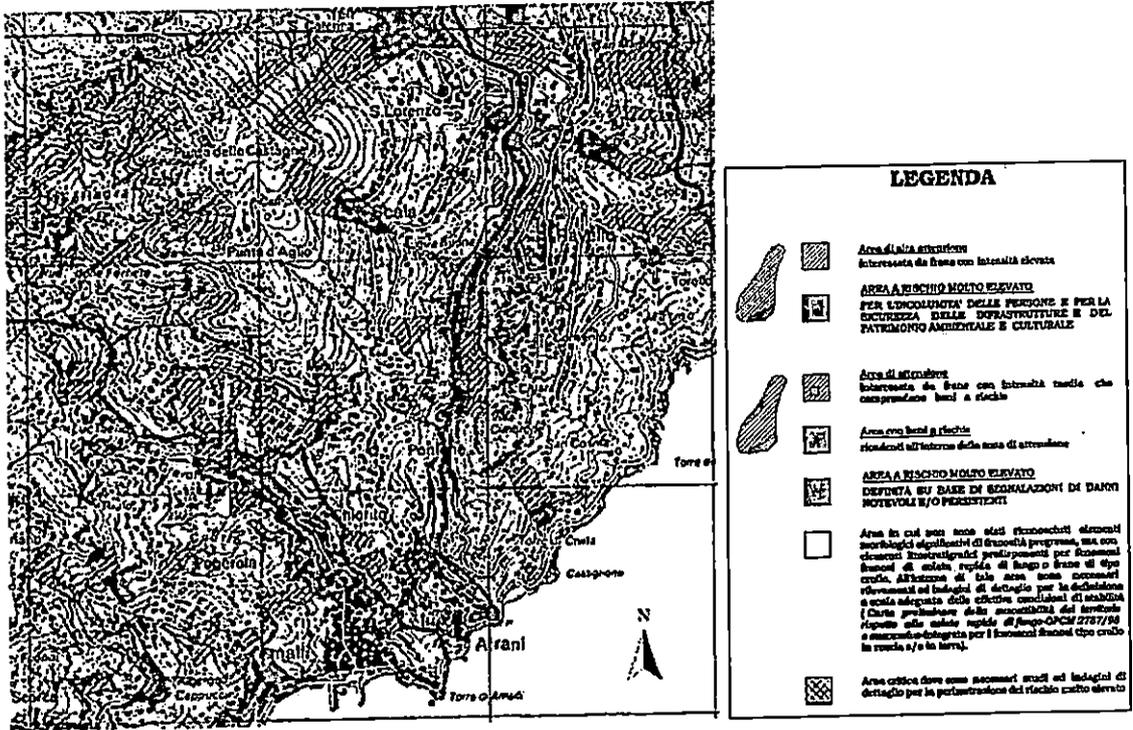


Figura 5.17 - Carta delle aree a rischio di frana molto elevato in scala 1:25.000, Piano Straordinario Autorità di Bacino Destra Sele (ottobre 1999).

Comune di Aversa prot. 00010835 del 27-10-2022 in barriera

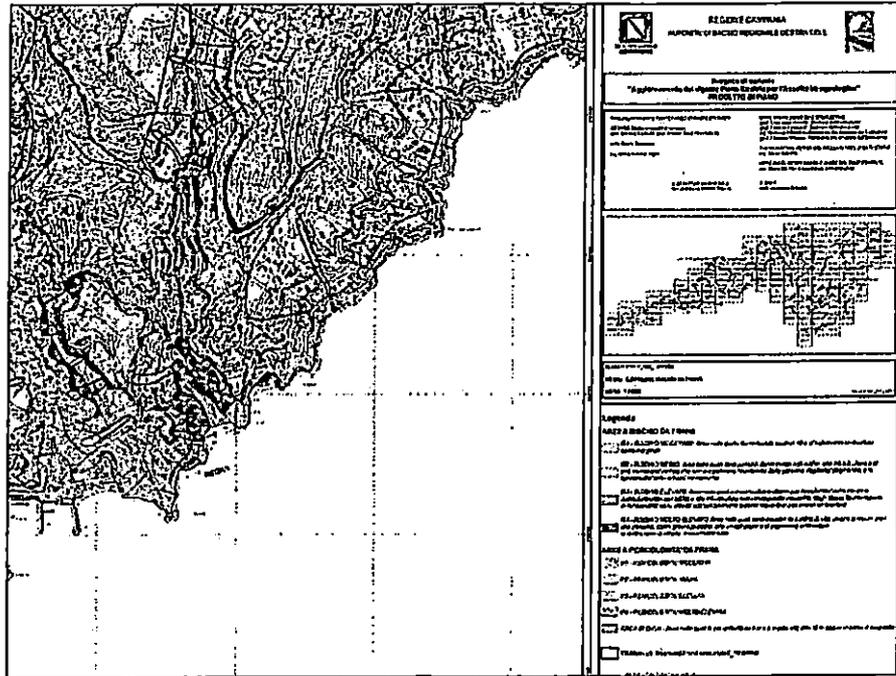


Figura 5.18 - Carta delle Aree a Rischio Frana in scala 1:5.000, Stralcio del Piano per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino Destra Sele (Novembre 2002, aggiornata nel settembre 2009).

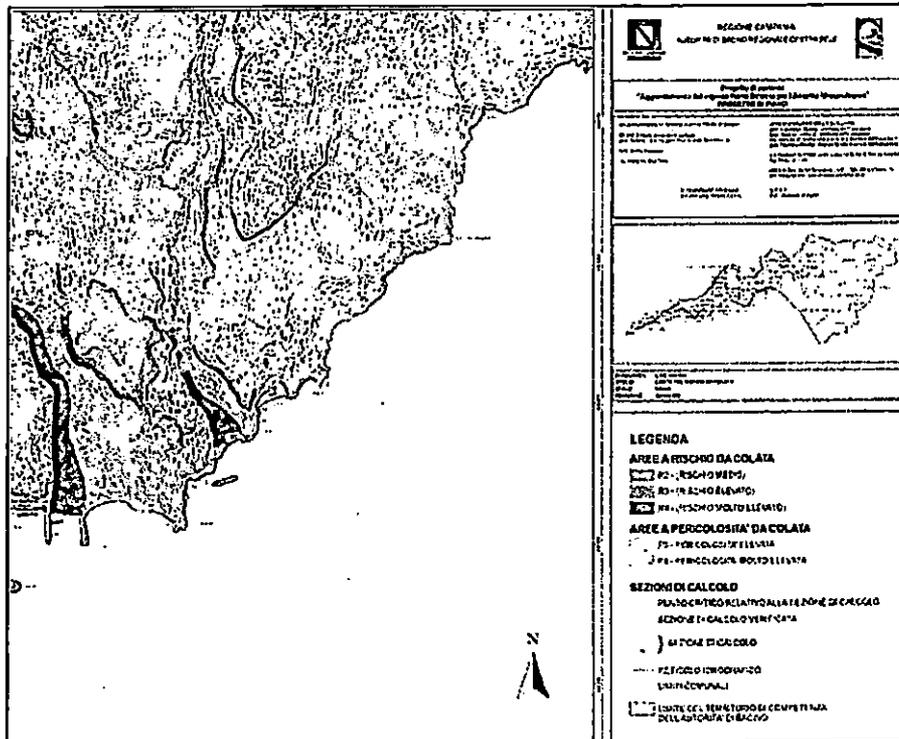


Figura 5.19 - Carta delle Aree a Rischio Colata in scala 1:5.000, Stralcio del Piano per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino Destra Sele (Novembre 2002, aggiornata nel settembre 2009).

## 6. LA RICOSTRUZIONE DELL'EVENTO

Per l'espletamento del mandato, si è ritenuto opportuno reperire informazioni direttamente dai testimoni oculari dell'evento del 9 settembre. Come si vedrà nelle successive sezioni, è così risultato possibile ottenere una dettagliata ricostruzione dei fenomeni occorsi che ha concorso a rispondere in modo adeguato ai **quesiti Q2a "serie causale" e Q2b "legge scientifica di spiegazione causale"**.

Le fonti documentarie consultate e la ricostruzione dell'evento, con l'ausilio sia delle fonti documentarie e sia di modelli idraulici, sono illustrate e discussi nel prosieguo del presente paragrafo.

### 6.1 Le fonti documentarie

Nel presente paragrafo si analizzano n. 10 filmati che sono stati acquisiti dai dispositivi elettronici (fotocamere o telefoni cellulari) utilizzati dagli autori delle registrazioni e che risultano corredati di data e ora di registrazione. Gli elementi che sono scaturiti dai filmati sono stati verificati sia in modo qualitativo (sulla base delle testimonianze oculari) e sia su base quantitativa (attraverso il confronto dei tempi relativi all'inquadratura di uno o più oggetti da parte di differenti operatori).

I filmati coprono un arco temporale di 23 minuti circa (Tab. 6.1), a partire dalle ore 18:18 e fino alle 19:06, corrispondente alla fase parossistica delle fenomenologie occorse. Le immagini sono state registrate da 5 punti di ripresa (Fig. 6.1) e sono relative allo sbocco a mare del tratto tombato (video 1, 3, 5, 6, 7), all'imbocco di Via dei Dogi con Piazza Umberto I (video 2, 4, 8, 9) ed alla parte medio-alta di Via dei Dogi (video 10). Alcuni filmati risultano particolarmente significativi per la durata (video 3 e 4) e per la continuità delle immagini, elementi quest'ultimi che hanno reso possibile una ricostruzione temporale dell'evento di estremo dettaglio.

In aggiunta a tali filmati, si sono prese in considerazione anche alcune foto, riportate in allegato all'esposto del Sig. Dipino Rosario (cfr. paragrafo 2), che ritraggono la parte iniziale del tratto tombato da un sesto punto di ripresa (punto 11 in figura 6.1).

Una ricostruzione dettagliata degli eventi occorsi, come scaturisce dalla documentazione consultata, è qui di seguito riportata.

Testimonianze		Punto di ripresa	inizio	fine	durata
Sbocco tratto tombato	video 1	1	18:18	18:26	8:37
	video 3	2	18:40	18:55	15:05
	video 5	5	18:57	19:00	2:58
	video 6	6	19:01	19:02	01:26
	video 7	7	19:01	19:03	1:49
Piazza Umberto I	video 2	2	18:41	18:43	01:44
	video 4	4	18:43	18:55	11:34
	video 8	8	19:03	19:03	00:20
	video 9	9	19:05	19:06	00:34
Via dei Dogi (parte bassa)	video 10	10	18:59	19:02	02:53
Via dei Dogi (parte alta)	foto 1-4	11	18:30	18:33	

Tabella 6.1 - Filmati ed immagini acquisiti ed utilizzati per la ricostruzione temporale dell'evento.



Figura 6.1 - Punti di ripresa dei 10 filmati e delle immagini utilizzati per la ricostruzione temporale dell'evento.

Dalle immagini relative al video 1 (Fig. 6.2), è possibile osservare il notevole e rapido incremento, in soli 8 minuti, della portata fluida in uscita dal tratto tombato (dalle 18:18 alle 18:26).

Comune di Aversa IPSECT. 00010335 del 12/7/2022 inpartiva

Tra le 18:30 e le 18:33 (Fig. 6.3), le portate che defluiscono all'interno del tratto tombato sono già tali da determinare un tirante idrico non di molto inferiore all'altezza dello scatolare, con un franco di circa 80-90 cm, alla sezione di imbocco.

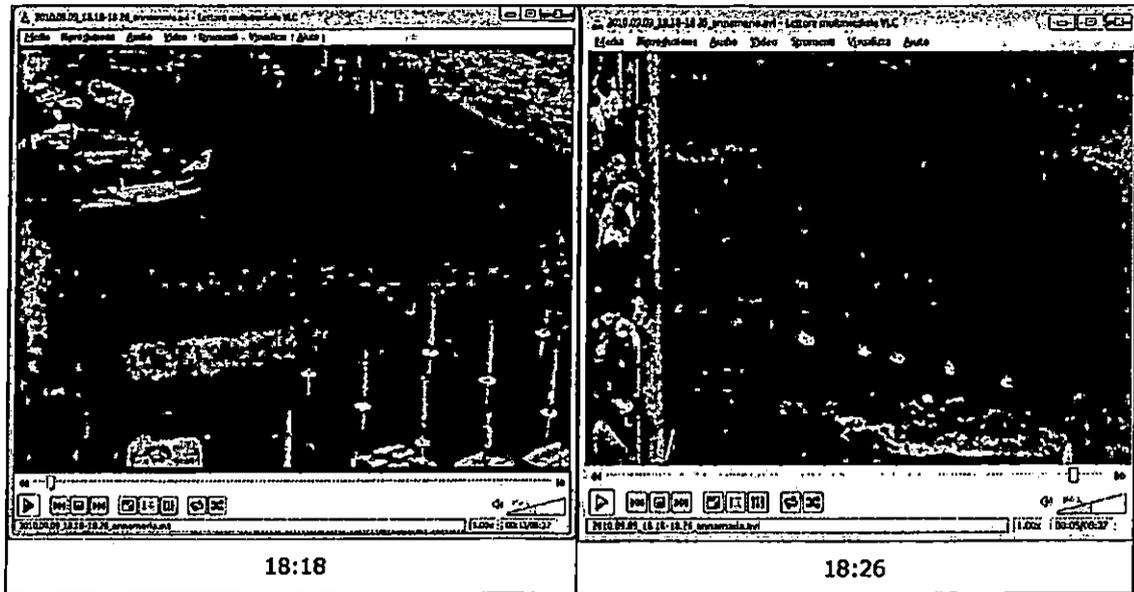


Figura 6.2 - Fotogrammi relativi al video 1 di tabella 6.1.



Figura 6.3 - Foto riportate in allegato all'esposto del Sig. Dipino Rosario (parte 1/2).

Cesimare di Averani deposit. 00020635 del 21/01/2022 in parireva

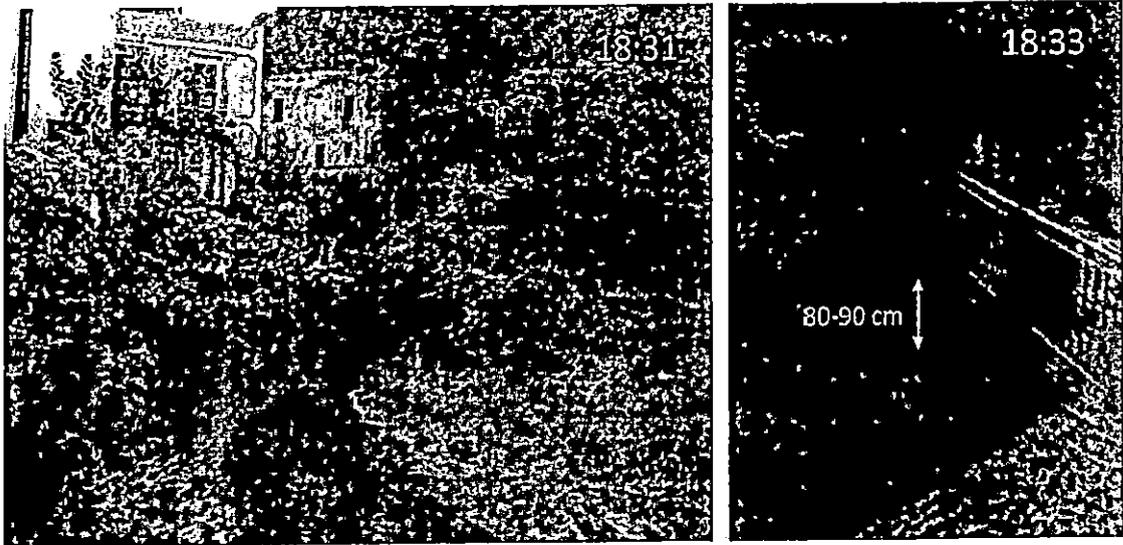


Figura 6.3 – Foto riportate in allegato all’esposto del Sig. Dipino Rosario (parte 2/2).

Alle ore 18:40 (Fig. 6.4) la portata uscente dal tratto tombato risulta ulteriormente incrementata, come mostrano le immagini del video 3, ed alle ore 18:41 una prima lama di acqua di colore marrone arriva nell’area di parcheggio sita a valle di Piazza Umberto I.

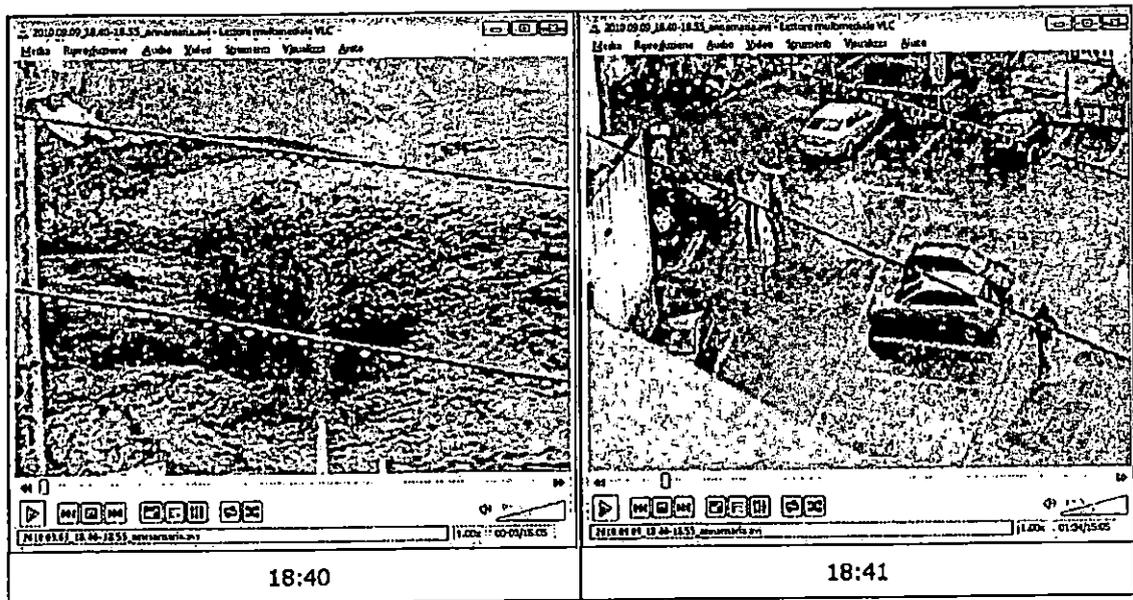


Figura 6.4 - Fotogrammi relativi al video 3 di tabella 6.1.

Comune di Afragoli, prot. 0883835 del 27-10-2022 in arrivo

Qualche minuto dopo (ore 18:43), la lama di acqua e di fango inizia ad incrementare la propria portata; a partire da tale orario si osserva il trasporto di oggetti di notevoli dimensioni e peso, quali ciclomotori ed autoveicoli. Nelle immagini sono, altresì, chiaramente distinguibili molteplici "ondate" di acqua e di materiale solido (Fig. 6.5).

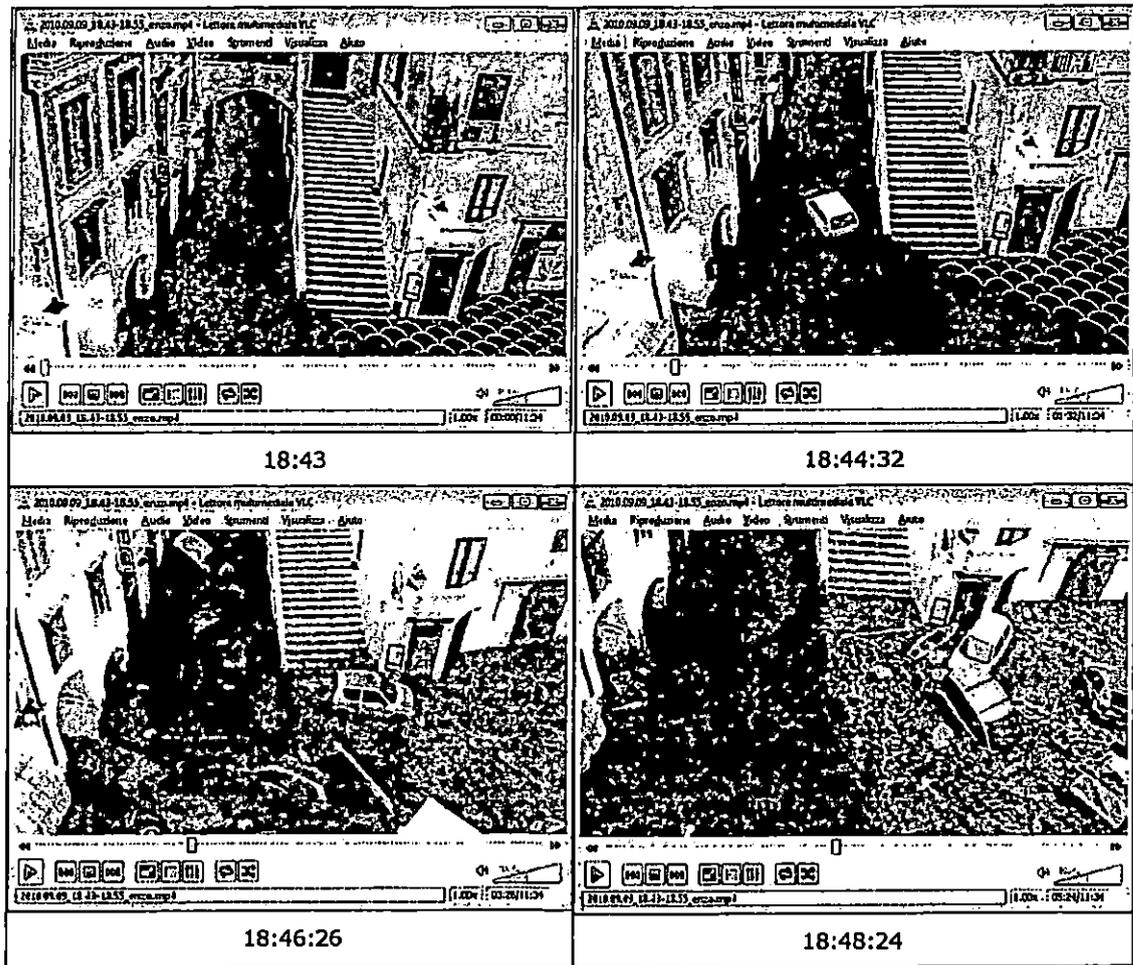


Figura 6.5 - Fotogrammi relativi al video 4 di tabella 6.1.

In questo intervallo temporale, i flussi di acqua e di sedimenti che provengono dalla parte alta di Via dei Dogi sono caratterizzati da tiranti idrici dell'ordine di 1 -2 metri, come chiaramente mostrato dalle immagini di un filmato registrato da una abitazione ubicata nella parte medio-alta di Via dei Dogi (Fig. 6.6), e dalle numerose tracce lasciate dal passaggio dei flussi lungo gli edifici adiacenti la strada.



Figura 6.6 - Fotogrammi relativi al video 10 di tabella 6.1.

Ulteriori filmati registrati qualche minuto dopo (Fig. 6.7), mostrano un progressivo diminuire dei tiranti idrici in transito lungo Via dei Dogi e nella piazza Umberto I.

Comune di Aversa prot. 0883835 del 27-10-2022 in arrivo

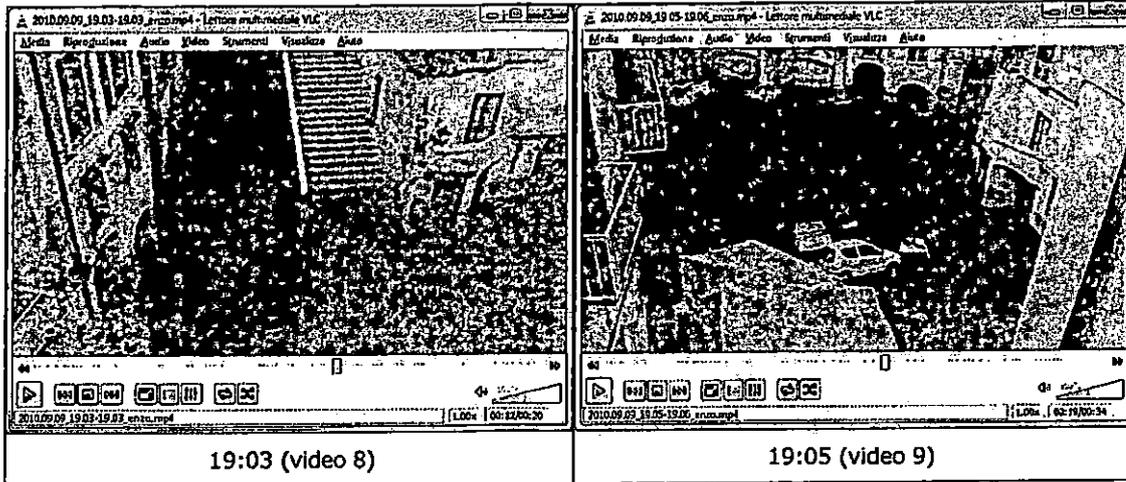


Figura 6.7 - Fotogrammi relativi al video 8 e 9 di tabella 6.1.

## 6.2 Ricostruzione dell'evento su basi documentarie

Quanto precedentemente esposto evidenzia la complessità dell'evento le cui principali e peculiari caratteristiche sono qui di seguito ricostruite (**quesito Q2a**) sulla base della documentazione analizzata e dei rilievi eseguiti in sito.

In particolare, i sopralluoghi effettuati all'interno del centro abitato hanno messo in luce che le masse di acqua e sedimenti si sono propagate, in Via dei Dogi, con altezze in media pari a 1.5 - 2.0 m. Dall'analisi delle immagini dei filmati è stato, inoltre, ricavato che le velocità massime hanno raggiunto valori di 3-5 m/s (10-18 km/h) lungo Via dei Dogi, mentre le portate in essa transitate sono risultate pari a valori massimi di 50-60 m<sup>3</sup>/s (Fig. 6.8).

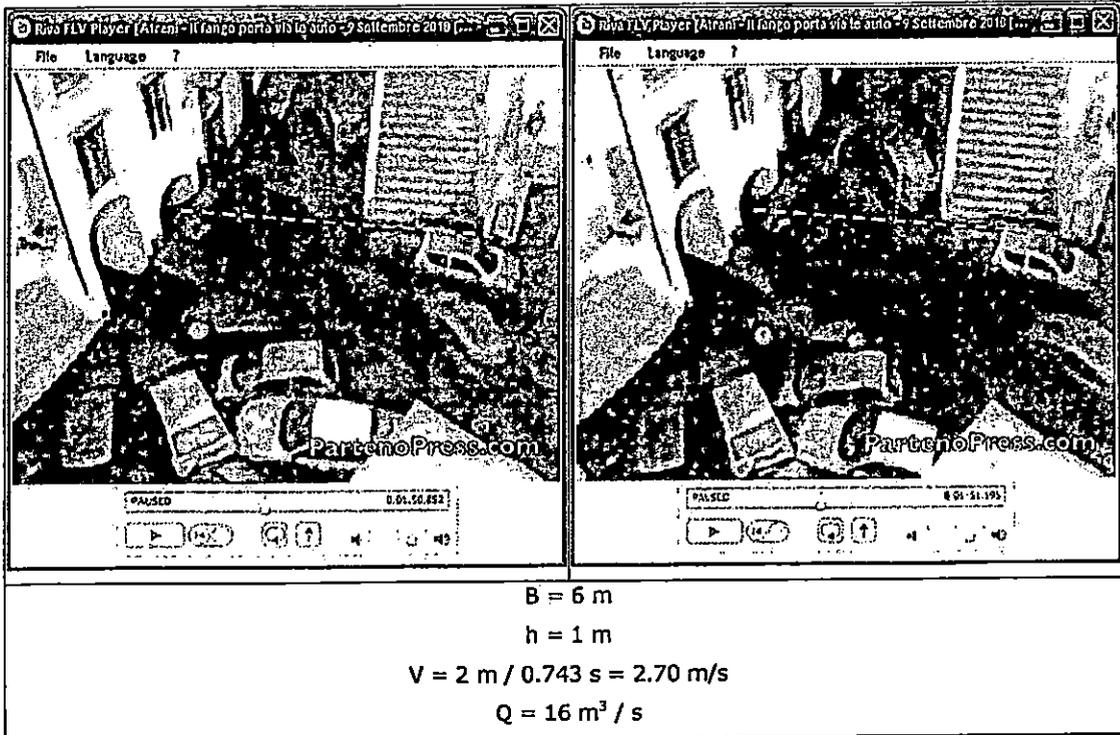


Figura 6.8 - Esempio di elaborazione dei fotogrammi del video 3 di tabella 6.1 (parte 1 / 2).

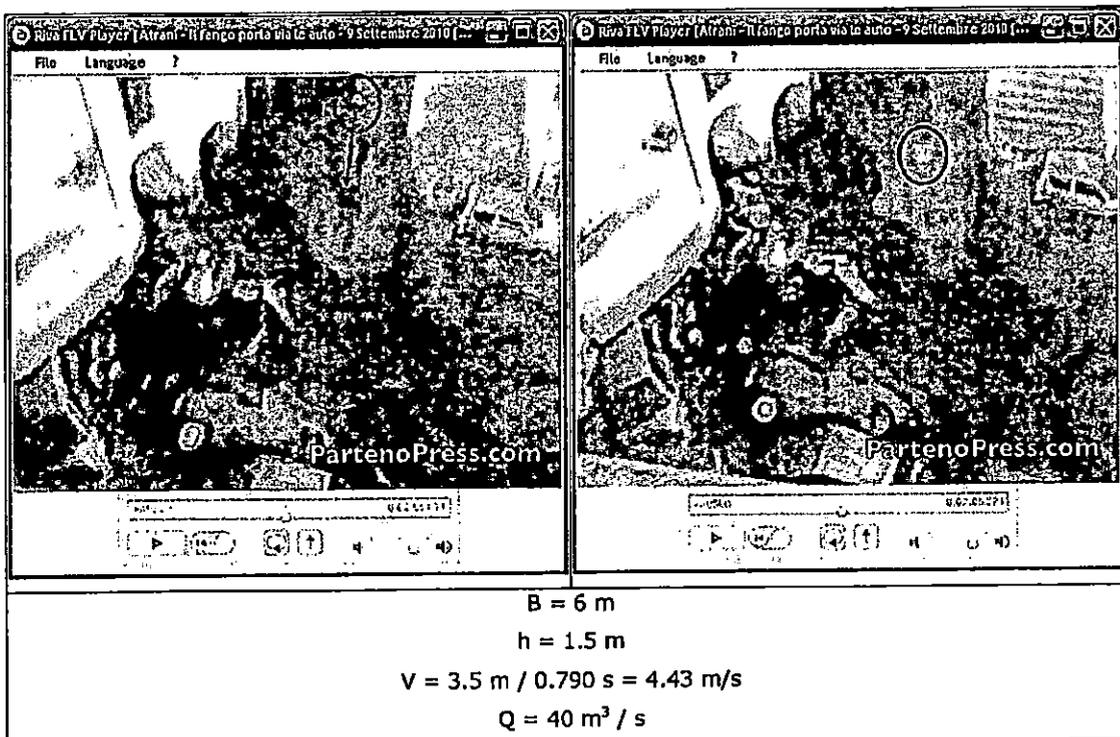


Figura 6.8 - Esempio di elaborazione dei fotogrammi del video 3 di tabella 6.1 (parte 2 / 2).

Le portate defluite in strada, così come ottenute dall'analisi delle fonti documentarie, sono riportate nella figure 6.9 e 6.10, dove sono pure indicati i valori di pioggia cumulati registrati al pluviometro di Ravello gestito dal "Centro Funzionale per la previsione meteorologica e il monitoraggio meteopluvioidrometrico e delle frane" della Regione Campania. Dalla figura si evince il carattere "impulsivo" di tale portata che passa da un valore nullo a 60 m<sup>3</sup>/s in soli 9 minuti (dalle ore 18:41 alle ore 18:50).

Come in precedenza descritto, le portate defluite lungo via Dei Dogi hanno trasportato un volume complessivo di sedimenti, verosimilmente compreso nell'intervallo 15.000-40.000 m<sup>3</sup> (paragrafo 5.1.2), che ha causato i fenomeni oggetto di interesse.

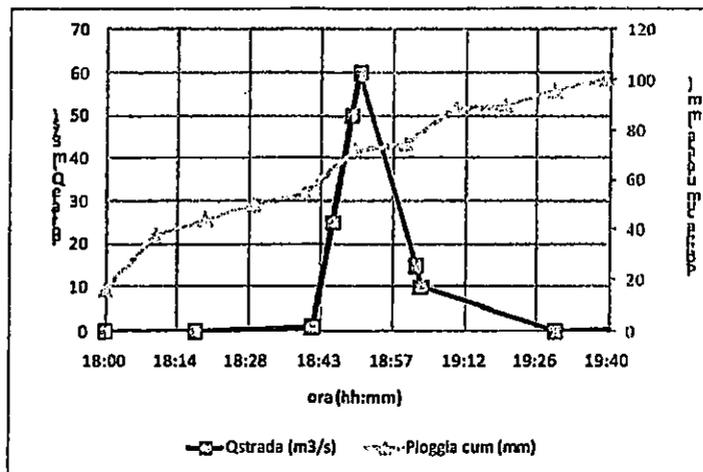


Figura 6.9 - Ricostruzione delle portate defluite in Via dei Dogi (desunte dalle fonti documentarie).

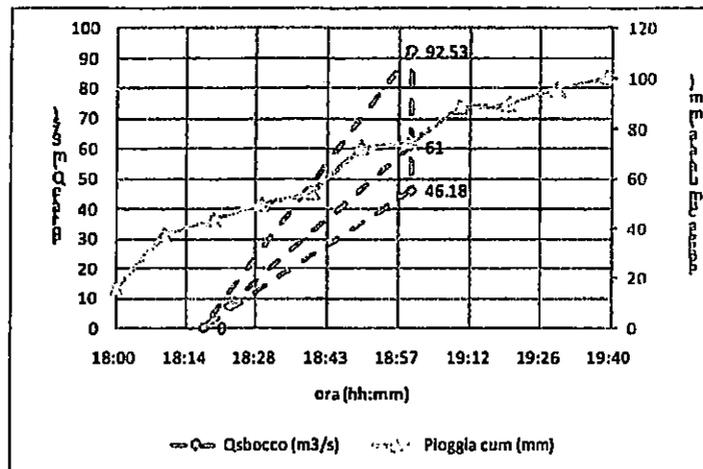


Figura 6.10 - Ricostruzione delle portate defluite nel tratto tombato (desunte dalle fonti documentarie).

### **6.3. Ricostruzione dell'evento su basi analitico-numeriche**

Al fine di effettuare una ricostruzione dell'evento critico su basi scientifiche e quantitative è stato necessario sviluppare uno studio analitico articolato nei seguenti passi:

1. ricostruzione del pluviogramma dell'evento critico;
2. ricostruzione dell'idrogramma di piena determinatosi durante l'evento pluviometrico critico;
3. valutazione dei volumi di materiale solido prodotto dai fenomeni erosivi di versante;
4. ricostruzione del fangogramma che ha causato il fenomeno di alluvionamento;
5. studio delle condizioni di deflusso attraverso la struttura scatolare sottostante via dei Dogi.

#### **6.3.1. Ricostruzione del pluviogramma**

Le caratteristiche pluviometriche dell'evento alluvionale in esame possono essere significativamente descritte dai dati registrati alla stazione di Ravello.

Tale stazione ricade infatti all'interno del bacino idrografico del torrente Dragone ed è ubicata ad una altitudine (390 m s.l.m.) prossima a quella media del bacino stesso (circa 550 m s.l.m.).

Nelle tabelle 6.3 e 6.4. si riportano i valori delle altezze di pioggia (mm) e delle relative intensità medie (mm/h) con intervallo temporale di 10 min, rilevate dal suindicato pluviometro, evidenziando in particolare i valori registrati nell' arco temporale critico che va dalle ore 16:50 alle ore 20:50 del 09.09.2010; nelle figure 6.11 e 6.12 si riportano invece l'istogramma delle altezze e quello dell'intensità di pioggia relative allo stesso evento.

ORA (legale vigente)	ORA (legale vigente)	09-set												
00:10	01:10	0.2	05:10	06:10	0	10:10	11:10	0	15:10	16:10	0	20:10	21:10	0
00:20	01:20	0.2	05:20	06:20	0	10:20	11:20	0	15:20	16:20	0	20:20	21:20	0
00:30	01:30	0	05:30	06:30	0	10:30	11:30	0	15:30	16:30	0	20:30	21:30	0
00:40	01:40	0	05:40	06:40	0	10:40	11:40	0	15:40	16:40	0	20:40	21:40	0
00:50	01:50	1	05:50	06:50	0	10:50	11:50	0	15:50	16:50	0	20:50	21:50	0.2
01:00	02:00	0.6	06:00	07:00	0	11:00	12:00	0	16:00	17:00	1.6	21:00	22:00	0
01:10	02:10	0.2	06:10	07:10	0.6	11:10	12:10	0	16:10	17:10	4	21:10	22:10	0
01:20	02:20	0.2	06:20	07:20	0.4	11:20	12:20	0	16:20	17:20	2	21:20	22:20	0
01:30	02:30	0	06:30	07:30	0.2	11:30	12:30	0	16:30	17:30	0	21:30	22:30	0
01:40	02:40	0	06:40	07:40	0	11:40	12:40	0	16:40	17:40	0	21:40	22:40	0
01:50	02:50	0	06:50	07:50	0	11:50	12:50	0	16:50	17:50	0	21:50	22:50	0
02:00	03:00	0	07:00	08:00	0.2	12:00	13:00	0	17:00	18:00	19.4	22:00	23:00	0
02:10	03:10	0	07:10	08:10	0	12:10	13:10	0	17:10	18:10	18.8	22:10	23:10	0
02:20	03:20	0	07:20	08:20	0	12:20	13:20	0	17:20	18:20	11.2	22:20	23:20	0
02:30	03:30	0	07:30	08:30	0.2	12:30	13:30	0	17:30	18:30	14.8	22:30	23:30	0
02:40	03:40	0	07:40	08:40	0	12:40	13:40	0	17:40	18:40	14	22:40	23:40	0
02:50	03:50	0	07:50	08:50	0.2	12:50	13:50	0	17:50	18:50	2.6	22:50	23:50	0
03:00	04:00	0	08:00	09:00	0	13:00	14:00	0	18:00	19:00	9.2	23:00	24:00	0
03:10	04:10	0	08:10	09:10	0.2	13:10	14:10	0	18:10	19:10	4.4	23:10	00:10	0
03:20	04:20	0	08:20	09:20	0	13:20	14:20	0	18:20	19:20	1.2	23:20	00:20	0
03:30	04:30	0	08:30	09:30	0.2	13:30	14:30	0	18:30	19:30	0.4	23:30	00:30	0.2
03:40	04:40	0	08:40	09:40	0	13:40	14:40	0	18:40	19:40	1.2	23:40	00:40	0.2
03:50	04:50	0	08:50	09:50	0	13:50	14:50	0	18:50	19:50	5.6	23:50	00:50	0
04:00	05:00	0	09:00	10:00	0.2	14:00	15:00	0	19:00	20:00	5.4	24:00	01:00	0
04:10	05:10	0	09:10	10:10	0	14:10	15:10	0	19:10	20:10	3.4			
04:20	05:20	0	09:20	10:20	0	14:20	15:20	0	19:20	20:20	2.6			
04:30	05:30	0	09:30	10:30	0.2	14:30	15:30	0	19:30	20:30	0.4			
04:40	05:40	0	09:40	10:40	0	14:40	15:40	0	19:40	20:40	0.4			
04:50	05:50	0	09:50	10:50	0.2	14:50	15:50	0	19:50	20:50	0.4			
05:00	06:00	0	10:00	11:00	0	15:00	16:00	0.2	20:00	21:00	0			

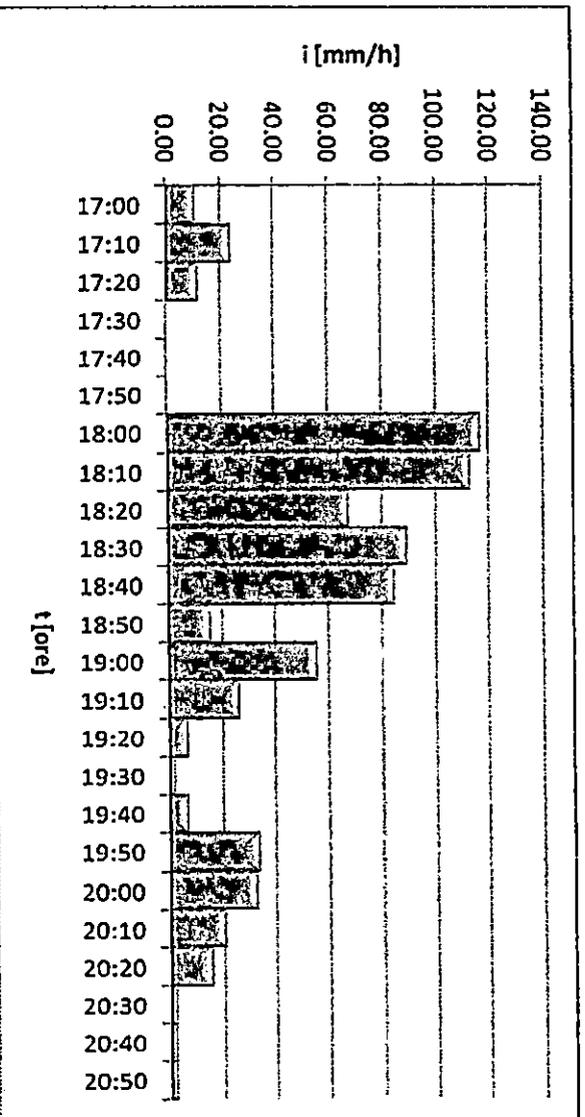
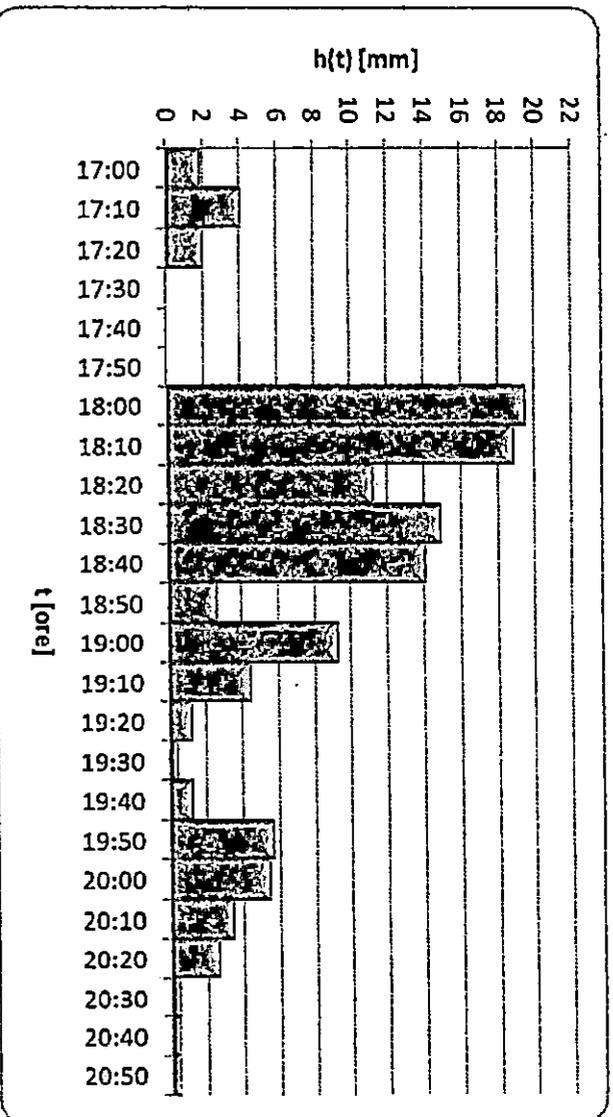
Tabella 6.3 - Valori delle altezze di pioggia registrate alla stazione di Ravello dalle ore 0:00 alle ore 24:00 del 09.09.2010 (dati Protezione Civile della regione Campania).

Ore evento	Δt [min]	h1 [mm]	I1 [mm/h]
16:50	0	0	0
17:00	10	1.8	10.8
17:10	20	4	24
17:20	30	2	12
17:30	40	0	0
17:40	50	0	0
17:50	60	0	0
18:00	70	19.4	116.4
18:10	80	18.8	112.8
18:20	90	11.2	67.2
18:30	100	14.8	88.8
18:40	110	1.4	8.4
18:50	120	2.6	15.6
19:00	130	9.2	55.2
19:10	140	4.4	26.4
19:20	150	1.2	7.2
19:30	160	0.4	2.4
19:40	170	1.2	7.2
19:50	180	5.6	33.6
20:00	190	5.4	32.4
20:10	200	3.4	20.4
20:20	210	2.6	15.6
20:30	220	0.4	2.4
20:40	230	0.4	2.4
20:50	240	0.4	2.4

Tabella 6.4 - Altezze ed Intensità di pioggia rilevate dal pluviometro di Ravello durante l'evento del 09.09.2010 (dati Protezione Civile della regione Campania).

Comune di Aversa dal 21/09/2010 in carica

PROCURA DELLA REPUBBLICA PRESSO IL TRIBUNALE DI SALERNO  
 Proc. Pen. N. 12815/10 R.G. /44  
 CTU PROF. L. CASCINI, M. DI NATALE, S. DI NOCERA



prof. ing. Leonardo Cascini  
 Via Kerbaker, 101 - 80129 NAPOLI  
 prof. ing. Michele Di Natale  
 Via Roma 29, Aversa 81031 (CE)  
 prof. Silvio Di Nocera  
 Via S. Giacomo del Capri 109, 80129 NAPOLI

### 6.3.2. Ricostruzione dell'idrogramma di piena

La determinazione dell'idrogramma di piena è stata effettuata utilizzando il modello di trasformazione afflussi-deflussi noto come modello di Nash a tre serbatoi.

Secondo tale modello, l'idrogramma di piena è fornito dalla relazione :

$$Q(t) = \int_0^t h_n(\tau) \cdot h(t-\tau) \cdot d\tau \quad (1)$$

nella quale la funzione  $h(t)$  rappresenta l'IUH del modello e  $p(t)$  rappresenta la pioggia netta al variare del tempo. L'espressione dell'IUH è la seguente:

$$h(t) = \frac{1}{(n-1)!k_0} \left( \frac{t}{k_0} \right)^{n-1} e^{-\frac{t}{k_0}} \quad (2)$$

In cui  $k_0 = t_r/n$ , essendo  $t_r$  il tempo di ritardo del bacino ed  $n$  il numero dei serbatoi.

Per la stima di  $t_r$  è stata utilizzata l'espressione

$$t_r = 0.77 \cdot \left( \frac{L}{\sqrt{i_m}} \right)^{0.295} \quad (3)$$

nella quale  $L$  è la lunghezza dell'asta principale (in km), in la pendenza media dell'asta principale (in m/m), e  $t_r$  è espresso in ore.

Nel caso in esame è risultato  $t_r = 1.78$  ore e, quindi essendo  $n = 3$ ,  $K_0 = 0.59$ .

La valutazione della pioggia netta richiede la stima del coefficiente di afflusso  $\phi$ .

Tale coefficiente, la cui valutazione è notoriamente alquanto complessa, è stato determinato attraverso il metodo del Curve Number.

Tale metodo messo a punto nel 1972 dal Soil Conservation Service (SCS) – United States Department of Agriculture, considera il deflusso superficiale come la differenza fra precipitazione e perdite, dove in queste ultime si inglobano oltre alle perdite per infiltrazione anche quelle per intercettazione da parte delle piante, per accumulo sulle depressioni superficiali e per l'imbibimento iniziale del terreno.

L'ipotesi di base del metodo è che il rapporto tra il volume defluito ed il volume di pioggia depurato delle perdite iniziali (coefficiente di afflusso  $\phi$ ) rimanga, in ogni istante, uguale al rapporto tra il volume infiltrato ed il volume massimo teorico delle

perdite:

$$\varphi = \frac{h_n}{h - I_a} = \frac{F_a}{S} \quad (4)$$

dove:

- $h_n$  [mm] è l'altezza idrica corrispondente al volume specifico complessivamente defluito durante l'evento,
- $h$  [mm] è l'altezza idrica corrispondente volume specifico di pioggia lorda,
- $S$  [mm] è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, equivalente l'altezza idrica corrispondente al volume immagazzinabile nello stesso a saturazione,
- $I_a$  è l'aliquota del volume affluito che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio,
- $F_a$  [mm] è l'altezza idrica corrispondente al volume specifico infiltrato,

Considerata poi l'equazione di continuità:

$$h = h_n + I_a + F_a$$

è possibile scrivere la (4) nella forma:

$$h_n = \frac{(h - I_a)^2}{h - I_a + S} \quad (5)$$

Per la determinazione di  $S$ , si utilizza l'espressione:

$$S = 254 \left( \frac{100}{CN^*} - 1 \right) \quad (6)$$

dove

$$CN^* = \alpha CN$$

nella quale compare il  $CN$ , Curve Number, parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, che può assumere valori compresi tra 0 (superficie totalmente permeabile) e 100 (superficie totalmente impermeabile).

Il  $CN$  risulta legato a diversi parametri, come la tipologia litologica del suolo, l'uso del suolo, il grado di umidità del suolo prima dell'evento meteorico esaminato e la stagione vegetativa.

Comune di Atrani prot. 00010035 del 27/10/2022 in arrivo

Per quanto riguarda la tipologia litologica del suolo, l'SCS ha classificato i vari tipi di suolo in quattro gruppi (A, B, C, D) sulla base della capacità di assorbimento del terreno nudo a seguito di un prolungato adacquamento (Tab. 6.5).

Tipo di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloid, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici

Tabella 6.5 - Metodo CN: classificazione dei suoli.

In relazione all'uso del suolo, sono state individuate un numero piuttosto elevato di classi che, incrociate con i quattro tipi di suolo, permettono di individuare un valore di CN (Tab. 6.6).

Valori del parametro CN (adimensionale)	← Tipo idrologico Suola →			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
	buone condizioni	39	61	74
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	53	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m <sup>2</sup> (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m <sup>2</sup> (area imperm. 36%)	51	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000-1500 m <sup>2</sup> (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m <sup>2</sup> (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m <sup>2</sup> (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m <sup>2</sup> (area imperm. 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetri, autostrade, ...	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Tabella 6.6. Metodo CN: valori del parametro CN.

Per tener conto dello stato iniziale di umidità del suolo e introdurre il fattore di correzione  $\alpha$ , l'SCS individua tre classi (I, II e III) caratterizzate da differenti condizioni iniziali di umidità (AMC) a seconda del valore assunto dall'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento meteorico esaminato e della stagione vegetativa. Poiché lo studio è rivolto al calcolo delle portate di piena e considerato che in occasione di queste ultime il terreno si trova generalmente in condizioni di elevato imbibimento, si sceglie di adottare il valore di CN\* corrispondente alla classe AMC-tipo III, legata al valore standard del CN dalla relazione:

$$CN^* = \alpha CN = \frac{CN}{0.43 + 0.0057CN} \quad (7)$$

Per la determinazione del parametro  $I_a$  viene generalmente suggerita dal Soil

Conservation Service l'espressione:

$$I_a = 0.2S$$

Nel caso in esame, posto  $CN=65$  e quindi  $CN=81$ , dalla (6) è stato ricavato il valore di  $S$  e dalla (5), essendo noto il valore di  $h$  e di  $I_a$ , è stato determinato il valore dell'altezza di pioggia netta  $h_n$  e quindi, dalla (4) il valore del coefficiente di afflusso  $\varphi$ .

In definitiva, dall'applicazione del metodo suindicato, è stato ottenuto un valore del coefficiente di afflusso  $\varphi = 0.55$ .

Una volta determinato il coefficiente  $\varphi$  è possibile valutare la pioggia netta  $h_n(t)$ . Nella figura 6.13 che segue è riportato l'istogramma delle altezze di pioggia nette ( $h_n$ ), ricavate per il caso in esame

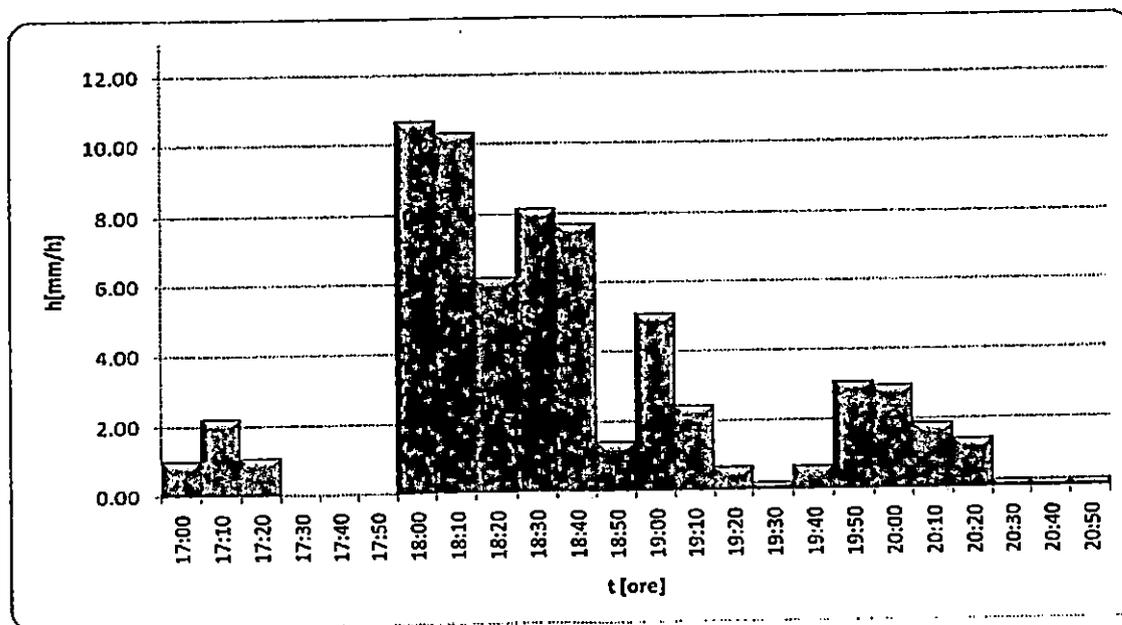


Figura 6.13 - Istogramma di pioggia netta del 09.09.2010.

Sulla base di quanto prima descritto, è stato ricostruito, attraverso la (2), l'IUH e di conseguenza, mediante la (1), l'idrogramma di piena relativo all'evento del 09.09.2010.

L'andamento grafico dell'IUH è riportato in figura 6.14. mentre quello dell'idrogramma di piena è in figura 6.15.

La portata al colmo di piena dell'evento ricostruito risulta essere pari a circa,  $Q \cong 60$   $m^3/s$ .

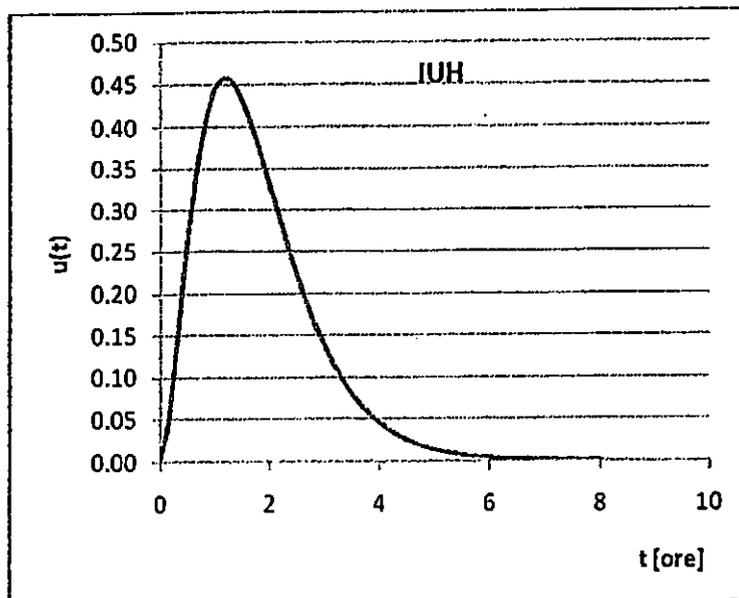


Figura 6.14 - Ricostruzione dell'IUH.

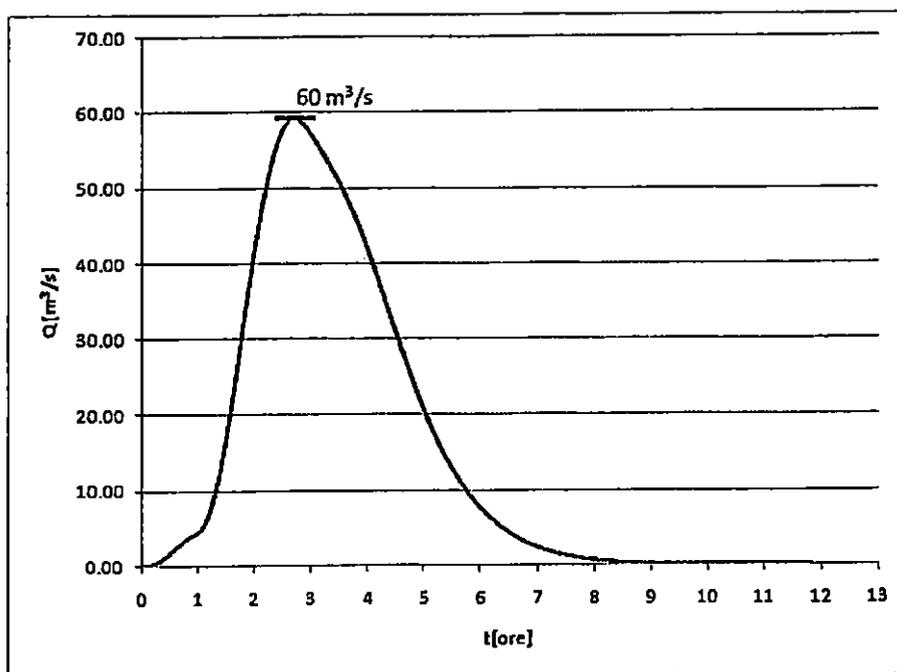


Figura 6.15 - Idrogramma di piena dell'evento del 09.09.2010.

### 6.3.3. Ricostruzione del fangogramma

Come evidenziato nel paragrafo 6.3.1, l'evento pluviometrico critico, accanto alla formazione di un'onda di piena nell'alveo del torrente Dragone, ha determinato anche la mobilitazione, per effetto di processi erosivi dei versanti del bacino, di un volume di sedimenti stimato tra 15000 m<sup>3</sup> e 40000 m<sup>3</sup>. Tali sedimenti hanno trasformato la corrente idrica in un flusso iperconcentrato caratterizzato da una distribuzione temporale (fangogramma) diversa da quella delle sole acque meteoriche (idrogramma).

Allo scopo di stimare le caratteristiche del suindicato fangogramma, si è fatto necessariamente ricorso alle evidenze fenomenologiche con cui l'evento alluvionale si è manifestato.

In particolare, tenuto conto di quanto detto nel paragrafo 6.2 si è riscontrato che il volume dei sedimenti mobilizzati si è concentrato in un arco temporale molto breve, stimato tra 10 e 20 minuti, che i filmati e le testimonianze raccolte racchiudono tra le 18:40 e le 19:00.

Il dato riscontrato si presenta in qualche modo atipico rispetto alle schematizzazioni più comuni utilizzate per la ricostruzione dei fangogrammi teorici dove i volumi di sedimenti vengono distribuiti in tempi più lunghi (in genere dello stesso ordine di grandezza della durata dell'idrogramma. Nel caso in esame si osserva, invece, una fenomenologia molto diversa perché caratterizzata da una fase impulsiva del flusso iperconcentrato che si manifesta in 10-20 minuti rispetto alle circa 4 ore di durata dell'idrogramma.

Tenuto conto dei dati volumetrici e temporali prima indicati si è allora proceduto ad effettuare una ricostruzione del fangogramma che ha caratterizzato l'evento. In particolare, sono stati ipotizzati più scenari facendo variare i volumi nell'intervallo 15000 - 40000 m<sup>3</sup> ed i tempi nell'intervallo 10-20 minuti ed 1 ora.

Nelle successive figure 6.16 - 6.21 sono riportate le ricostruzioni grafiche dei fangogrammi ottenuti.

Si evidenzia il notevole peso che l'effetto impulsivo della componente solida ha avuto nel far aumentare la portata al colmo. Quest'ultima, infatti, è passata da un valore di 60 m<sup>3</sup>/s, stimato in presenza di sole portate liquide (idrogramma), ha raggiunto valori di 70-180 m<sup>3</sup>/s, per la presenza anche dei sedimenti (tra le 18:40

Comune di Aversa, Proc. N. 12815/10 R.G. /44, art. 10, c. 1, lett. a)

e le 19:00 del 09/09/2010).

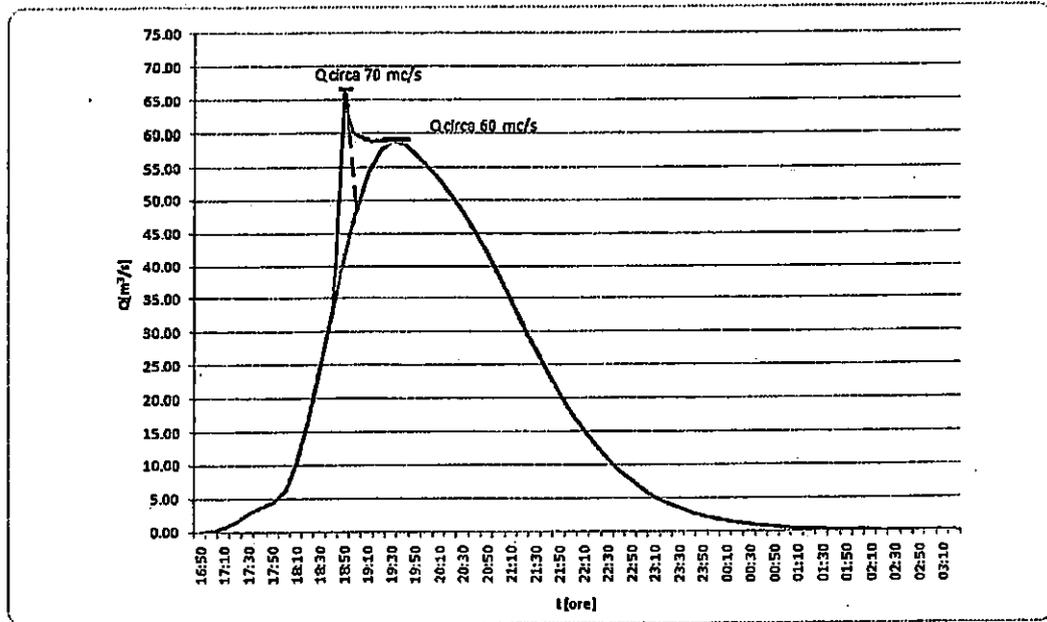


Figura 6.16 - Idrogramma di piena in presenza ed in assenza di sedimenti ( $V=15000 m^3$ ), tra le ore 18.40 alle 19.00.

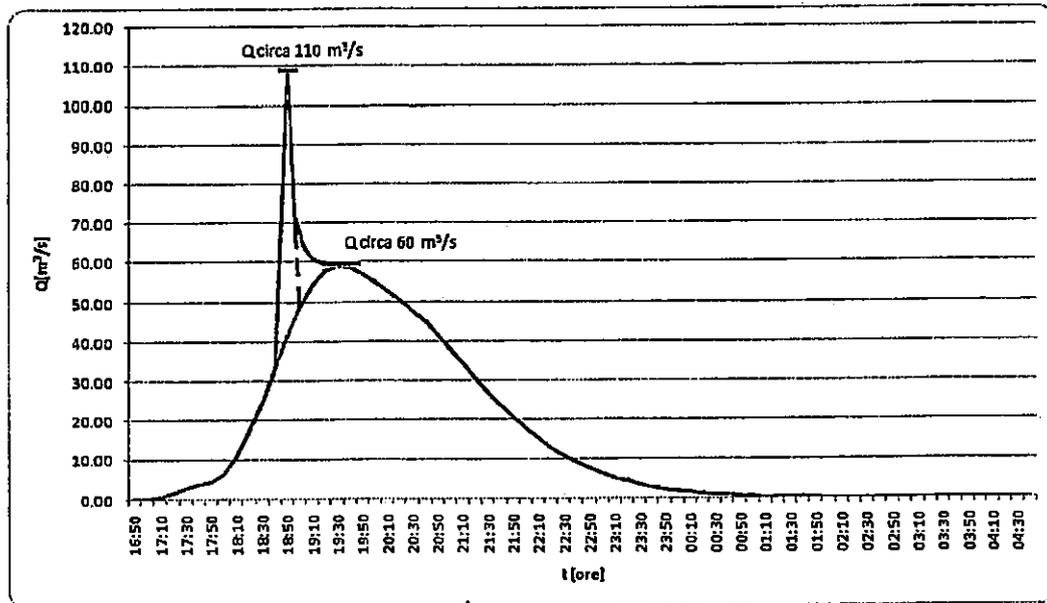


Figura 6.17 - Idrogramma di piena in presenza ed in assenza di sedimenti ( $V=40000 m^3$ ), tra le ore 18.40 alle 19.00.

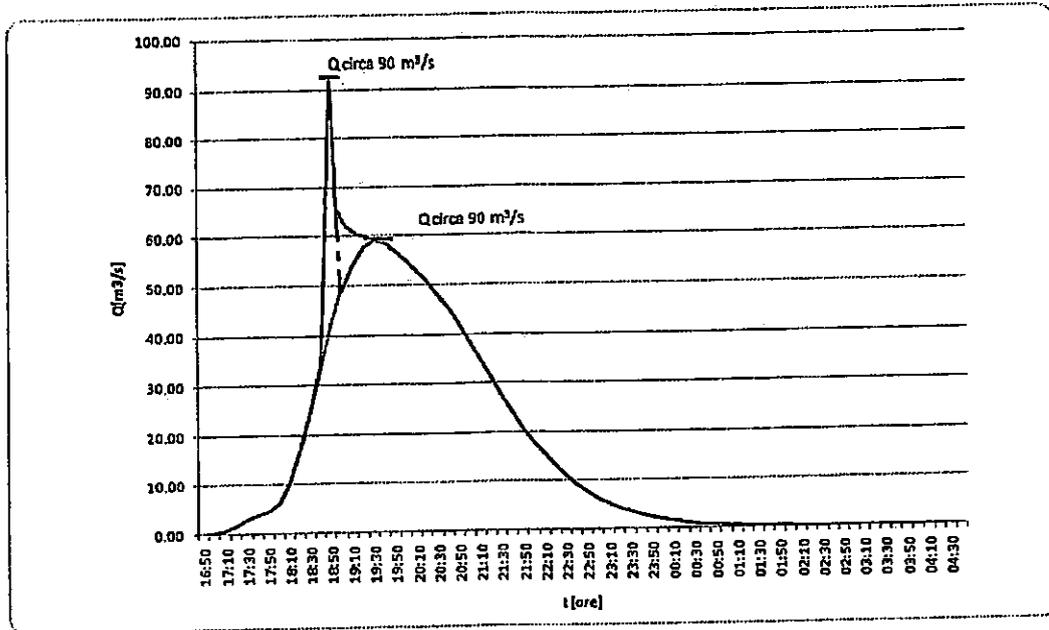


Figura 6.18 - Idrogramma di piena in presenza ed in assenza di sedimenti ( $V=15000 \text{ m}^3$ ), tra le ore 18:45 alle 18:55.

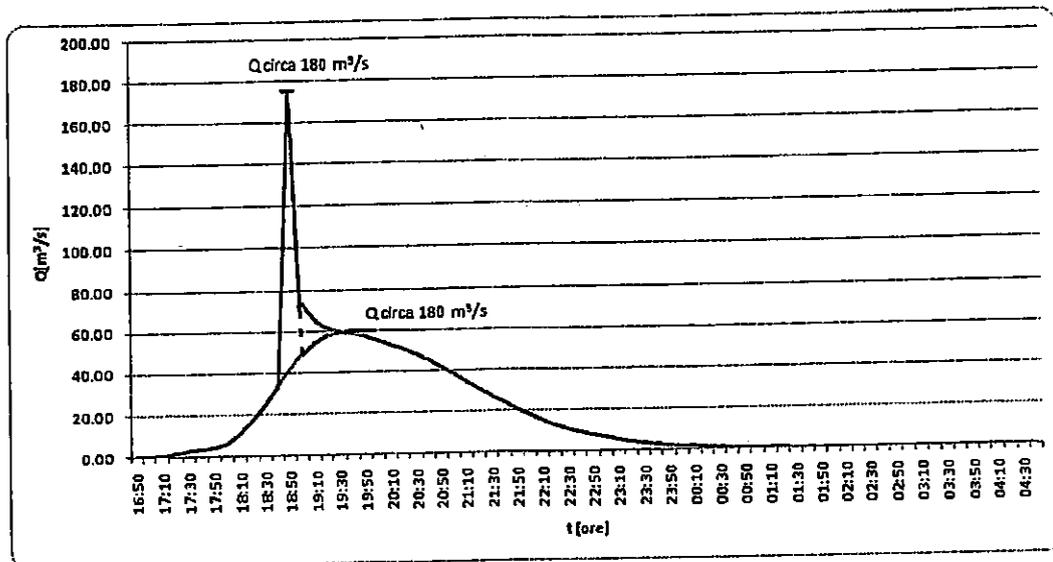


Figura 6.19 - Idrogramma di piena in presenza ed in assenza di sedimenti ( $V=40000 \text{ m}^3$ ), tra le ore 18:45 alle 18:55.

Comune di Aversa prot. 00030895 del 27-03-2022 in Aversa

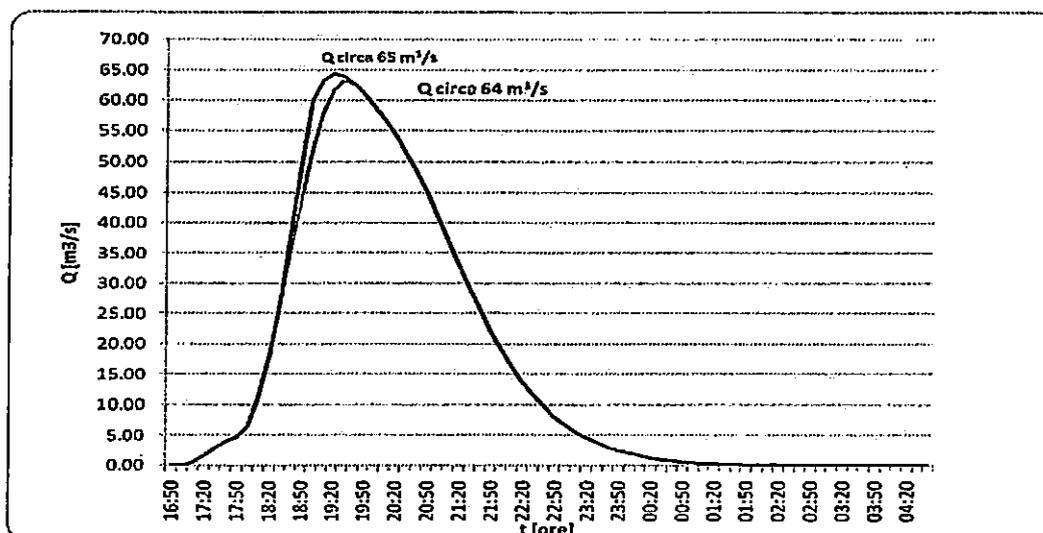


Figura 6.20 - Idrogramma di piena in presenza ed in assenza di sedimenti ( $V=15000$  m<sup>3</sup>), tra le ore 18:30 alle 19:30

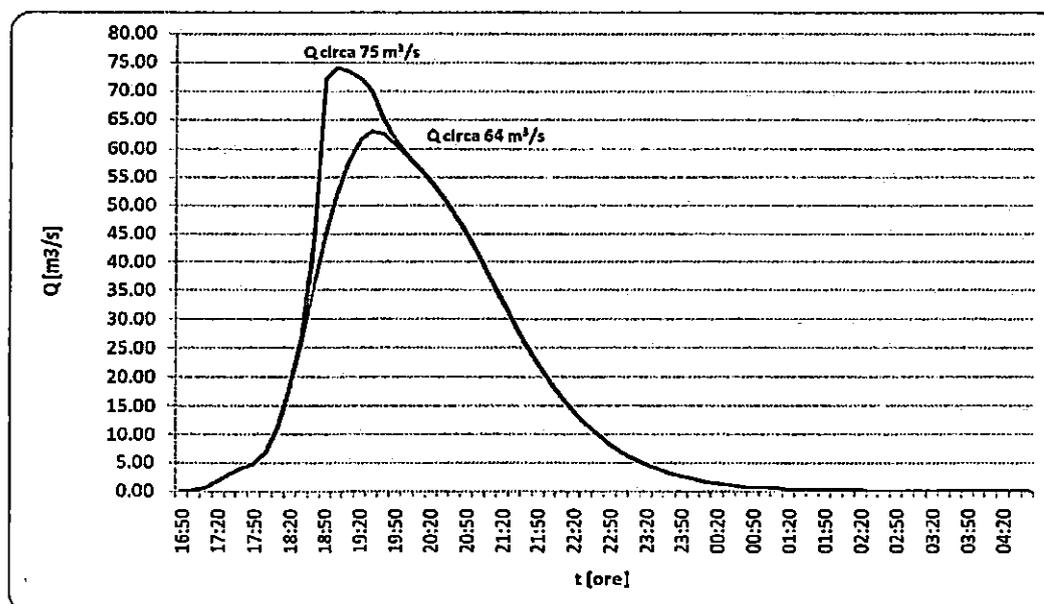


Figura 6.21 - Idrogramma di piena in presenza ed in assenza di sedimenti ( $V=40000$  m<sup>3</sup>), tra le ore 18:30 alle 19:30.

Commento di Azzurra prof. 00010635 del 12/2/2022 in privato

#### **6.3.4. Studio delle condizioni di deflusso**

In questo paragrafo viene riportato lo studio effettuato per pervenire su basi scientifiche alla comprensione della dinamica del fenomeno alluvionale in esame.

In via preliminare giova precisare che, il processo di moto, sviluppatosi tra la sezione di imbocco e quella di sbocco del canale tombato che corre sotto via dei Dogi, è caratterizzato da notevoli complessità calcolative; trattasi, infatti, di una corrente con presenza di abbondanti sedimenti che defluisce in condizioni di moto vario all'interno di un canale artificiale con geometria variabile, come riportato dettagliatamente nell'allegato rilievo topografico (Allegato 1).

Nella schematizzazione idrodinamica del fenomeno è stato, pertanto, necessario utilizzare alcune ipotesi semplificative che non incidono, tuttavia, sulla validità scientifica dei risultati cui si è pervenuti. Le suindicate schematizzazioni sono così sintetizzate:

- il processo di moto vario viene analizzato come una successione di moti permanenti con portata variabile all'interno dei valori minimo e massimo dell'idrogramma e del fangogramma stimati;
- non si è tenuto conto della variazione delle caratteristiche reologiche del flusso idrico in presenza dei sedimenti;
- si è trascurata la presenza di depositi significativi di sedimenti sul fondo della struttura scatolare e si è trascurata altresì la presenza nella stessa di corpi flottanti (tronchi di alberi, vegetazione, materiale ingombrante, ecc.) perché dai video esaminati non se ne ha traccia (fatta eccezione per le automobili trascinate dalla corrente che però non hanno avuto nessuna interazione con il flusso idrico avvenuto all'interno del canale).

Si precisa altresì che lo studio del deflusso nella struttura scatolare è stato effettuato considerando, solo la presenza di portate liquide (idrogramma) e, successivamente, sia la presenza di acqua e sedimenti (fangogramma); in tal modo è stato possibile evidenziare l'effettivo ruolo che ha svolto nella evoluzione dinamica del fenomeno la crescita impulsiva della portata solida.

### **Le condizioni al contorno del canale scatolare**

Prima di entrare nel merito delle calcolazioni effettuate è necessario soffermarsi su alcune considerazioni che riguardano la caratterizzazione idraulica e geometrica delle sezioni di monte (imbocco) e di valle (sbocco) del canale tombato.

Il ruolo giocato da queste condizioni al contorno nel fenomeno di alluvionamento accaduto è infatti di grande rilevanza.

#### **Sezione di imbocco**

Il rilievo topografico effettuato evidenzia che, subito a monte dell'imbocco del canale tombato, l'alveo del torrente Dragone, dopo un salto di quota di circa 7 m, presenta un breve tratto di curva cui segue una zona di allargamento subito a valle della quale ha inizio il tratto tombato (Fig. 6.22).

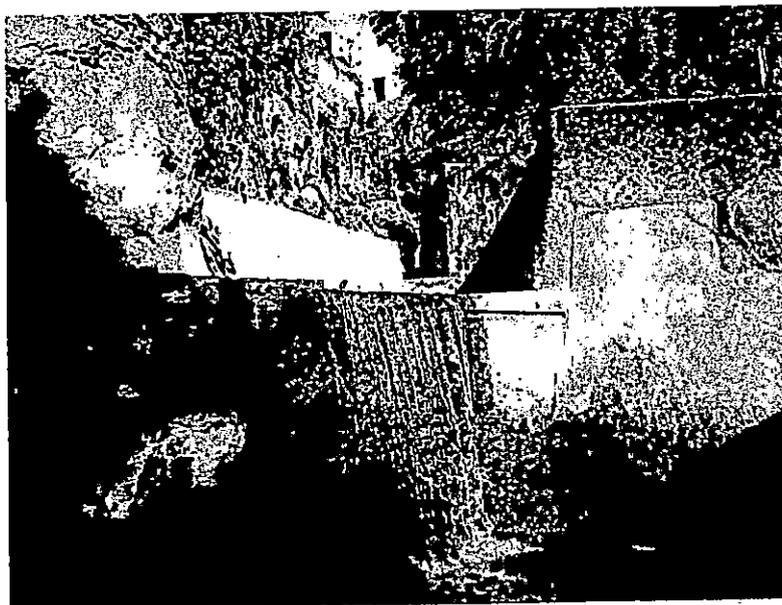


Figura 6.22 - Salto di quota a monte della sezione di imbocco.

La geometria rilevata e l'assenza di corpi flottanti significativi durante l'evento permettono di escludere che in questa sezione si siano verificate condizioni di impedimento e/o condizionamento del flusso idrico che si è immesso nel canale scatolare, addebitabili a cause determinatesi a monte della sezione stessa.

*Sezione di sbocco*

Il canale tombato sfocia direttamente sull'arenile con una quota di fondo pari a 0.52 m s.l.m.m. (Fig. 6.23).



Figura 6.23 - Sbocco in mare del tratto tombato di via dei Dogi.

Poiché in presenza di onde, di vento e/o di marea si determinano sovralti anche significativi del medio mare (fenomeno di set up) e tenuto conto del fatto che la quota di sbocco del canale è molto prossima a quella del medio mare, si è verificato che non si siano determinate allo sbocco del canale condizioni di rigurgito della corrente ascrivibili alla suindicate cause.

A tal proposito sono stati utilizzati i dati delle misure eoliche ed ondometriche registrati dalla Protezione Civile il giorno 09.09.2010 alla boa ondometrica di Capri. Il valore del sovrizzo rispetto al l.m.m., determinato dal moto ondoso, è stato calcolato mediante la seguente relazione (Longuet-Higgins):



In definitiva il sovrizzo del medio mare determinatosi in corrispondenza dell'evento critico è stato pari a circa **0.23 m.**

Relativamente agli effetti della marea non sono stati reperiti dati misurati ma, tenuto conto che i valori massimi lungo le coste tirreniche non superano i 0.25-0.30 m, si ricava che, anche in presenza di una condizione sigiziale (massimo livello della marea) il sovrizzo totale del medio mare sarebbe stato non superiore ai 0.50-0.55 m.

Tali valori escludono il verificarsi di condizioni di rigurgito idraulico del collettore in esame.

### **Ricostruzione delle condizioni di deflusso in presenza dell'idrogramma di piena**

Nelle calcolazioni che seguono, ipotizzando, come prima detto, che il moto vario reale sia assimilato ad una successione di moti permanenti, è stata effettuata la valutazione della capacità idrovettrice del sistema.

A tal fine, in via preliminare, è stata calcolata la scala di deflusso in condizioni di stato critico e in condizioni di moto uniforme per ciascuna delle 11 sezioni trasversali misurata nel rilievo topografico del canale tombato.

Per la determinazione delle altezze di moto uniforme si è fatto riferimento alla nota formula di Gauckler-Strickler :

$$Q = K \sigma R^{2/3} J^{1/2} \quad (10)$$

in cui:

K= scabrezza

$\sigma$ = area della sezione

R= raggio idraulico

J=cadente piezometrica

Per quanto concerne il coefficiente di scabrezza K sono stati assunti valori K = 40 e K=50 che appaiono essere adatti al caso in esame (canale in calcestruzzo invecchiato e con macroscabrezze)

Nelle successive figure 6.24 - 6.26 sono riportate le scale di deflusso calcolate.

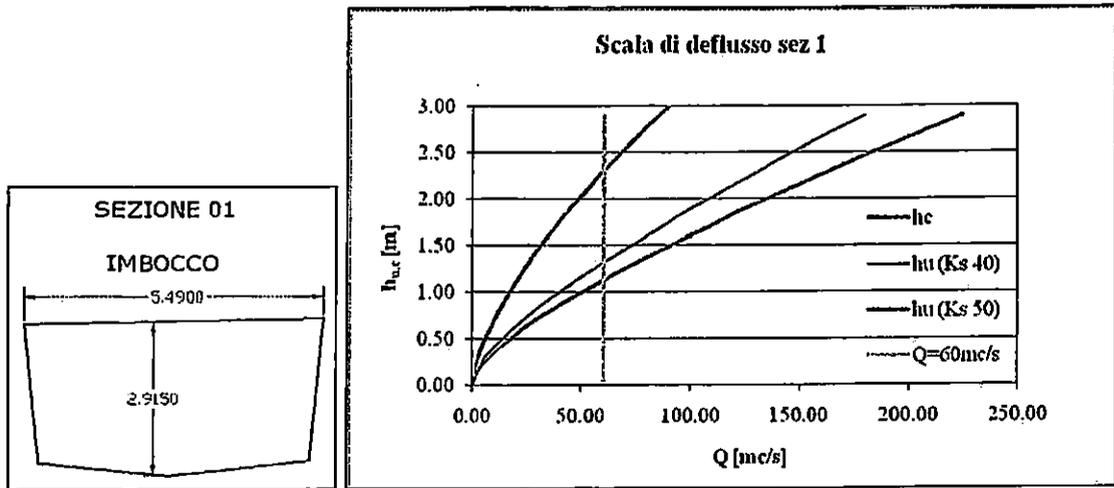
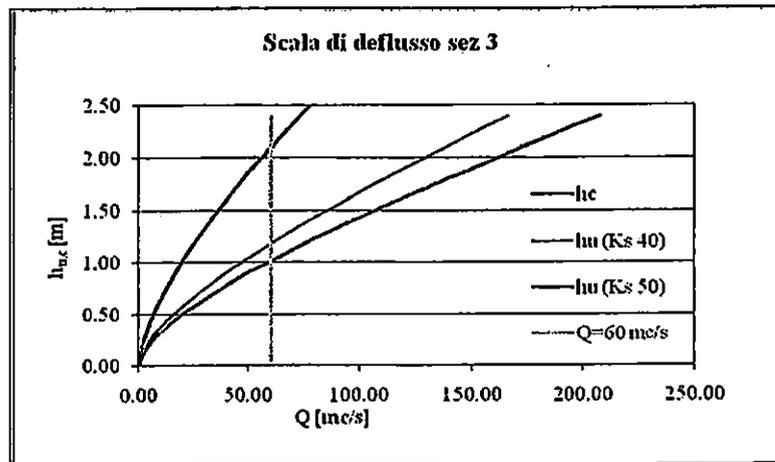
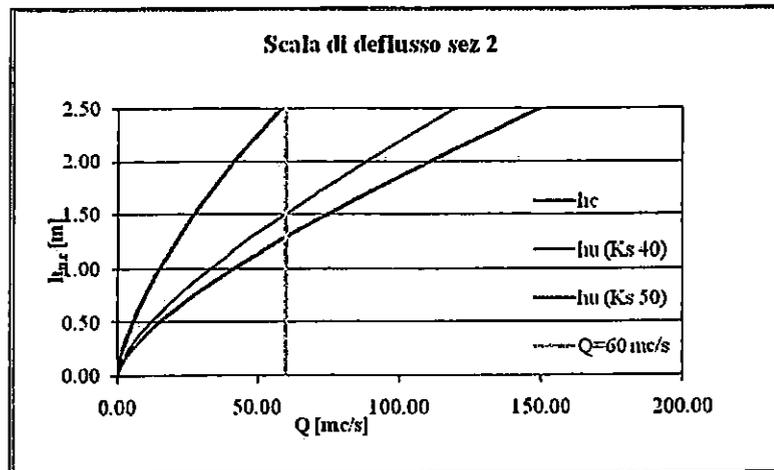
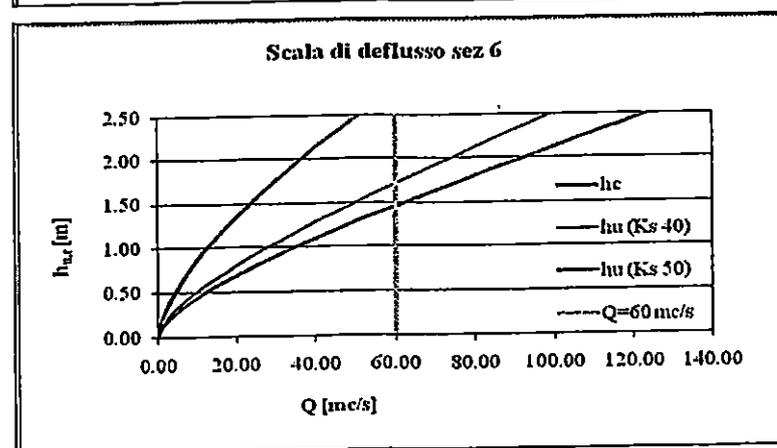
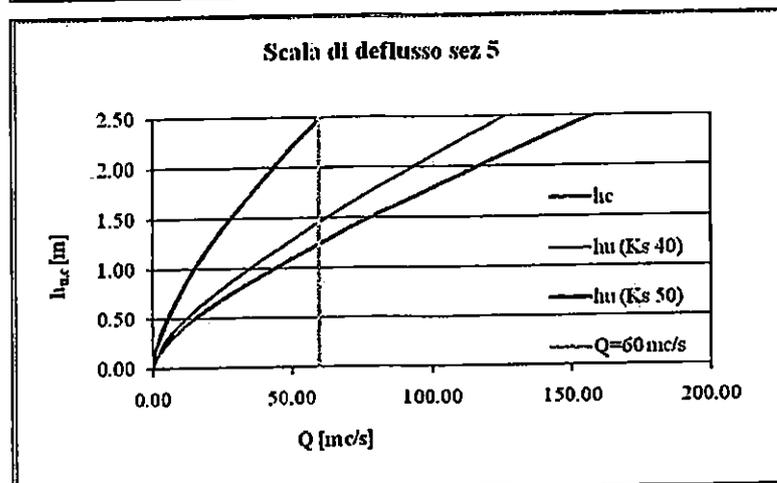
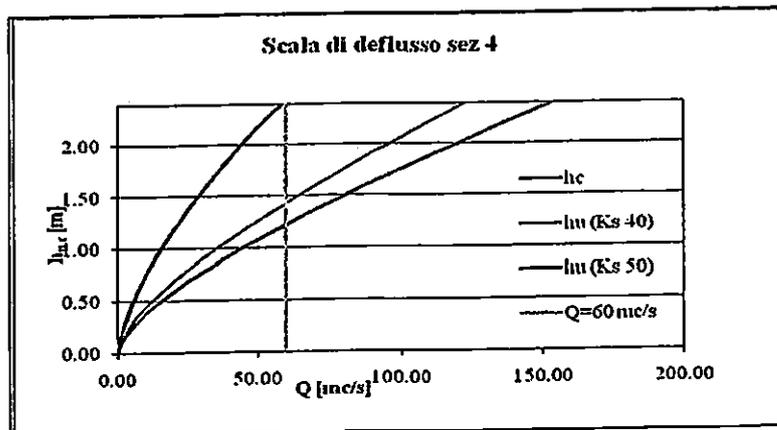


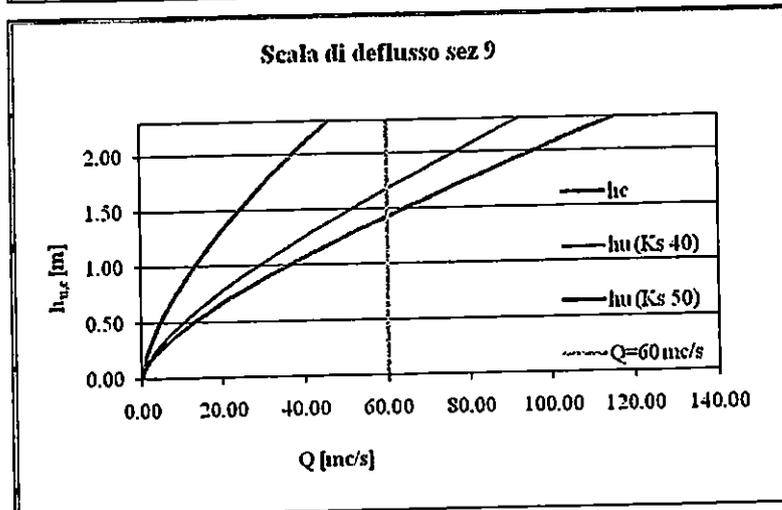
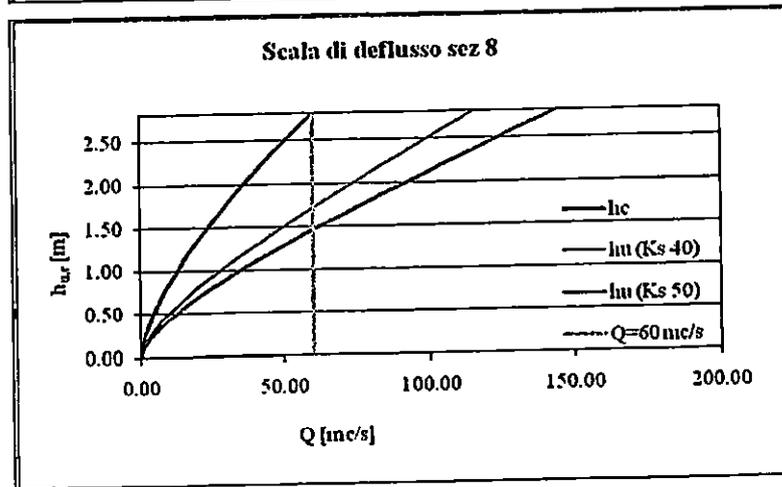
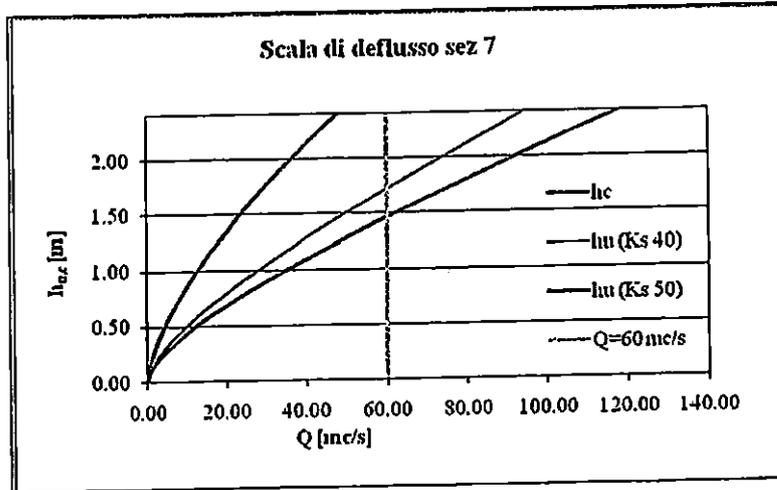
Figura 6.24 - Sezione di rilievo 1 e relativa scala di deflusso (sezione di imbocco).



Comune di Atrani prot. 0883835 del 27-10-2022 in arrivo



Comune di Atrani prot. 0606635 del 27-10-2022 in parrifuga



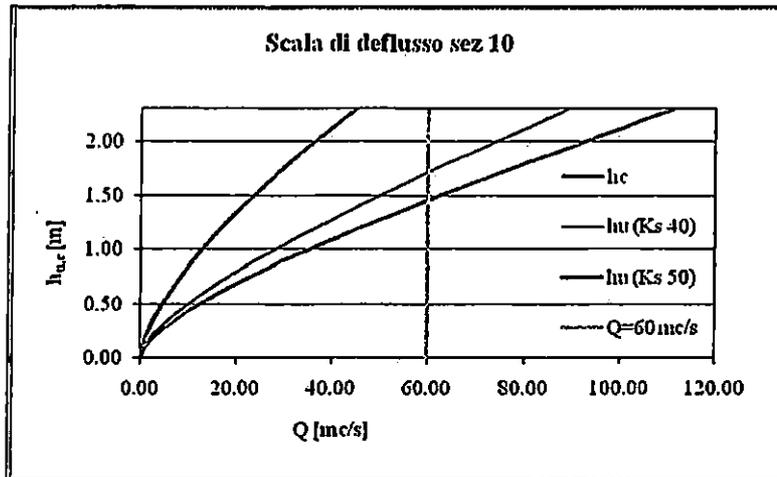


Figura 6.25 - Sezioni di rilievo 2-10 e relative scale di deflusso.

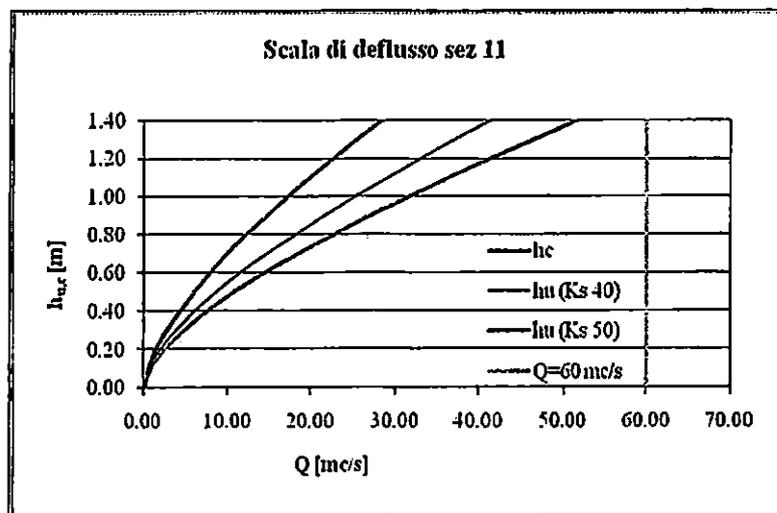
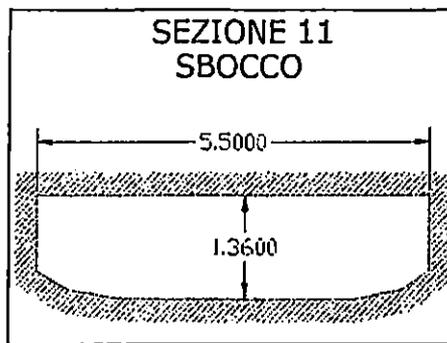


Figura 6.26 - Sezione di rilievo 11 e relativa scala di deflusso (sezione di sbocco).

Dall'esame delle suindicate scale di deflusso, si evidenzia che in tutti i casi e per tutti

Comune di Aversa prot. 000100315 del 27/10/2022 in arrivo

i valori delle portate le altezze di stato critico ( $h_c$ ) sono sempre maggiori di quelle di moto uniforme ( $h_u$ ) e, pertanto, in condizioni di deflusso a pelo libero il canale tombato si comporta come "alveo a forte pendenza"; inoltre, tenuto conto di quanto prima detto, circa le caratteristiche delle sezioni di imbocco e di sbocco del canale (condizioni al contorno), i profili di corrente a pelo libero sono di tipo "veloce accelerato", cioè dalle condizioni di stato critico ( $h_c$ ) nella sezione di imbocco, tendono asintoticamente verso valle al moto uniforme ( $h_u$ ).

Ciò premesso, se si prende a riferimento la portata massima al colmo di piena,  $Q=60\text{m}^3/\text{s}$ , (Fig. 6.15), si osserva quanto segue:

- nella sezione di imbocco (sez. 1), dove si verifica una altezza idrica pari a quella di stato critico  $h_c$ , la portata  $60\text{m}^3/\text{s}$  è defluita con un grado di riempimento soddisfacente (80%);
- dalla sez. 2 e fino alla sez. 10, la portata  $Q=60\text{m}^3/\text{s}$  defluisce a pelo libero sia in condizioni di stato critico che, a maggior ragione, di moto uniforme;
- nella sez. 11 allo sbocco (Fig. 6.26), dove la corrente tende a raggiungere le condizioni di moto uniforme, lo speco non è sufficiente a lasciar defluire a pelo libero la portata di  $60\text{m}^3/\text{s}$  (sia per  $K=50$  che per  $K=40$ ); il canale passa, quindi, ad una condizione di deflusso in pressione.

I risultati evidenziano che il deflusso idrico delle portate di piena nel canale scatolare è fortemente condizionato dalle dimensioni geometriche (sezione e pendenza) del tratto finale, come è immediato verificare osservando la sensibile riduzione dello speco allo sbocco che il rilievo topografico eseguito ha messo in evidenza.

La condizione di andata in pressione del tratto terminale del canale rappresenta un "disturbo" idraulico che si propaga verso monte e tende a mandare in pressione l'intero canale attraverso la formazione di una zona di macroturbolenza che si sposta verso monte. Tale fenomeno può arrestarsi prima della sezione di imbocco oppure interessare l'intero canale. Nel primo caso non si determina una condizione di grave rigurgito mentre, nel secondo, a monte dell'imbocco si ha una risalita più o meno intensa del pelo libero che può essere causa di fenomeni di alluvionamento per le zone limitrofe.

Per verificare quale delle situazioni può verificarsi, sono stati confrontati in una generica sezione,  $s$ , i valori delle spinte idrauliche totali,  $Ms_1$  ed  $Ms_2$ , calcolati considerando le condizioni di deflusso a pelo libero ( $Ms_1$ ) derivanti da monte e quelle in pressione ( $Ms_2$ ) determinatesi a valle (v. schema di Fig. 6.27).

In corrispondenza di un assegnato valore di  $Q$  se  $Ms_1 > Ms_2$  nel canale prevarranno le condizioni di funzionamento a pelo libero; viceversa, per  $Ms_1 < Ms_2$  la sezione  $s_1$  andrà in pressione.

Si ricorda che i valori della spinta totale  $M$  si calcolano attraverso la nota relazione:

$$M = \sigma \xi + Q^2 / g \sigma \quad (11)$$

In cui:

$\sigma$  = area della sezione idrica

$\xi$  = affondamento del baricentro della sezione idrica

Con riferimento alla figura 6.28 per valutare  $Ms_1$ , fissato un valore della portata,  $Q$  (ipotesi di funzionamento a pelo libero), è necessario conoscere l'altezza idrica,  $h_1$ , di pelo libero mentre per valutare  $Ms_2$  (ipotesi di sezione in pressione) occorre il valore dell'altezza piezometrica  $p_2/\gamma$ .

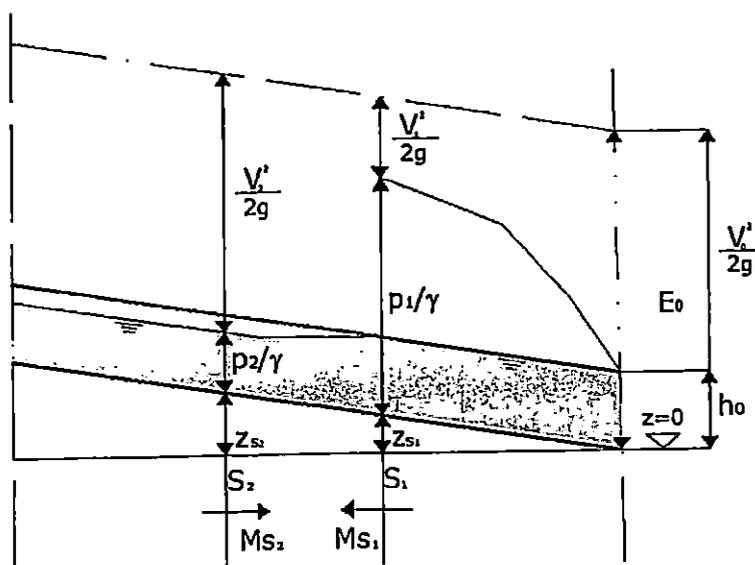


Figura 6.27 - Schema idraulico di riferimento.

Nelle valutazioni effettuate, il valore  $h_1$  è stato approssimativamente posto pari all'altezza di moto uniforme e quindi è semplice individuare il valore di  $Ms_1$ ; per valutare  $p_2/\gamma$ , è stato sviluppato invece il seguente procedimento:

- la geometria variabile della struttura scatolare è stata semplificata riconducendola a 5 tratti di lunghezza prefissata, con sezioni e pendenze costanti in ciascun tratto. Nella tabella 6.7. sono riportate le suindicate caratteristiche geometriche del canale tombato.

tratto	i media	sezione tipo (rettangolare)	dimensioni b x h (mxm)		tratto	L (m)
a	0.007	Sez a	4.08	2.29	La	62.66
b	0.04	Sez b	4.08	2.29	Lb	48.27
c	0.082	Sez c	4.21	2.22	Lc	84.34
d	0.083	Sez d	4.09	2.475	Ld	63.98
e	0.023	Sez e	4.72	2.44	Le	51.36

Tabella 6.7 - Dati relativi ai singoli tratti in cui è stato suddiviso il collettore di via dei Dogi.

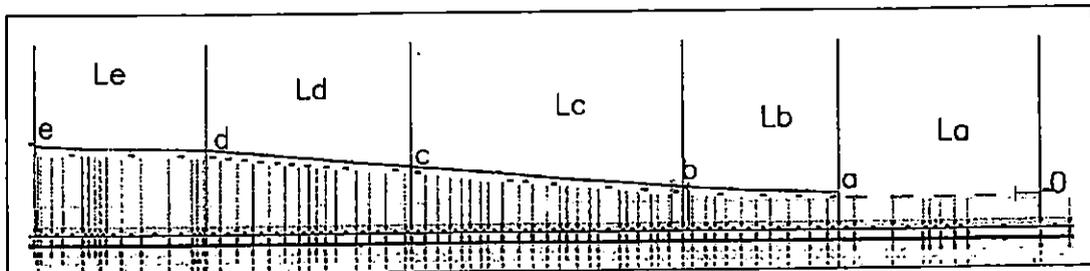


Figura 6.28 - Suddivisione in tratti del collettore di via dei Dogi.

- con riferimento allo schema di figura 6.28 partendo dalla sezione di sbocco del canale, per il primo valore della portata  $Q$  che determina condizioni di moto in pressione all'interno dello stesso ( $Q = 50$  per  $K=40$  e  $Q=60$  per  $K=50$ ), è stata calcolata la linea dei carichi idraulici totali,  $E(s)$ , lungo tutto il canale, utilizzando come piano orizzontale di riferimento quello coincidente con la quota di sbocco del canale stesso assunta pari a zero:

$$E_s = z_s + p_s/\gamma + V_s^2/2g \quad (12)$$

dove

$E_s$  = energia totale della corrente nella sezione s

$z_s$  = altezza geometrica

$P_s/\gamma$  = altezza piezometria

$V_s^2/2g$  = altezza cinetica

- Il valore di  $E_0$  relativo alla sezione di sbocco è noto una volta fissata la portata e quindi la velocità (condizione di funzionamento in pressione) e ricordando che allo sbocco la pressione relativa è nulla ( $p_0/\gamma = h_0$ ).

Una volta noto il valore di  $E_0$  è stato calcolato quello nella sez a:

$$E_a = z_a + p_a/\gamma + V_a^2/2g + J_a L_a = E_0 + J_a L_a = H_0 + \Delta z + V_a^2/2g + J_a L_a \quad (13)$$

dove:

$J_a L_a$  rappresenta le perdite di carico nel tratto  $L_a$

e

$H_0 = z_0 + p_0/\gamma$  (carico piezometrico).

Trascurando in prima approssimazione le perdite di carico e ipotizzando che il funzionamento in pressione sia presente anche nella sez a, dalla (13), noto il valore di  $V_a$ , è possibile ricavare  $p_a/\gamma$ . Si procede poi al calcolo del termine  $J_a L_a$  delle perdite di carico. A tal proposito si fa riferimento, come di consueto ad una condizione di moto uniforme e si utilizza una formula di resistenza (Gauckler-Strickler) relativa ad una velocità media calcolata tra sez 0 e la sez a. ed ad un coefficiente di scabrezza  $K = 40-50$ .

Note le perdite di carico viene ricalcolato il valore di  $E_a$ , come  $E_a = E_0 + \Delta J$ , e quindi anche si il valore effettivo di  $p_a/\gamma$ .

- Noto  $p_a/\gamma$  è possibile valutare il termine  $Ma_2$ .

Calcolati i valori di  $Ma_1$  ed  $Ma_2$  si effettua il confronto tra gli stessi e si otterranno le seguenti possibilità:

1.  $Ma_1 > Ma_2$

prevale la spinta della corrente a pelo libero di monte e le condizioni di moto in pressione rimangono limitate al primo tratto di valle

2.  $Ma_1 < Ma_2$

Prevale la spinta della corrente di valle e, quindi, tutto il tratto a va in pressione.

Si ripete lo stesso procedimento illustrato per verificare le condizioni del tratto b ,  
e così via.

Tutto ciò premesso, il criterio proposto è stato applicato al caso in esame, cioè alle  
condizioni di deflusso del solo contributo delle piogge (idrogramma). Nelle tabelle  
6.8-6.10 vengono riportati i calcoli effettuati; da questi ultimi si evince che:

- $Q \cong 40 - 50 \text{ m}^3/\text{s}$  (a seconda di K) rappresenta primo valore della portata in  
corrispondenza del quale la sezione di sbocco raggiunge condizioni di  
funzionamento in pressione;
- $Q \cong 50 - 60 \text{ m}^3/\text{s}$  (a seconda di K) rappresenta il primo valore della portata in  
corrispondenza del quale tutto il tratto tombato va in pressione).

Alla luce delle precedenti calcolazioni si evince che:

**nell'evento del 09.09.2010, se il deflusso delle portate fosse stato quello  
corrispondente al solo apporto delle piogge (idrogramma con  $Q \cong 50-60 \text{ m}^3/\text{s}$ ),  
non si sarebbero verosimilmente determinati significativi  
fenomeni di rigurgito del canale scatolare sotto via dei Dogi e di  
conseguenza anche i fenomeni di alluvionamento sarebbero stati molto  
limitati o trascurabili.**

PROCURA DELLA REPUBBLICA PRESSO IL TRIBUNALE DI SALERNO  
 Proc. Pen. N. 12815/10 R.G. /44  
 CTU PROF. L. CASCINI, M. DI NATALE, S. DI NOCERA

Q	K	A	V	$\chi$	z	$E_0$	$E_a$	$P_a/\gamma$	Vm tratti	J	JL	$E_s$	$P_s'/\gamma$	hi	hi - Pa'/ $\gamma$	$E_0$	$E_s$	$E_b$	$E_c$	$E_d$	$E_e$	$P_b'/\gamma$	$P_c'/\gamma$	$P_d'/\gamma$	$P_e'/\gamma$	$V^2/2g$
41	40	7.48	5.48	0.91	0.00	2.89										2.89										1.53
41	40	9.34	4.39	1.08	0.42		2.76	1.36	4.9	0.0138	0.862	4.17	2.77	2.29	-0.482		4.17									1.24
41	40	9.34	4.39	1.08	2.33				4.4	0.0109	0.525							7.03				3.72				0.98
41	40	9.35	4.39	1.08	9.23				4.4	0.0109	0.915								17.17				6.96			0.98
41	40	10.12	4.05	1.12	14.54				4.2	0.0096	0.612									32.33				16.878		0.91
41	40	11.52	3.56	1.20	15.73				3.8	0.0071	0.365										48.42				31.95	0.74

Q	K	A	V	$\chi$	z	$E_0$	$E_a$	$P_a/\gamma$	Vm tratti	J	JL	$E_s$	$P_s'/\gamma$	hi	hi - Pa'/ $\gamma$	$E_0$	$E_s$	$E_b$	$E_c$	$E_d$	$E_e$	$P_b'/\gamma$	$P_c'/\gamma$	$P_d'/\gamma$	$P_e'/\gamma$	$V^2/2g$
50	40	7.48	6.68	0.91	0.00	3.64										3.64										2.28
50	40	9.34	5.35	1.08	0.42		3.24	1.36	6.0	0.0205	1.282	5.34	3.46	2.29	-1.169		5.34									1.85
50	40	9.34	5.35	1.08	2.33				5.4	0.0162	0.781							8.45				4.66				1.46
50	40	9.35	5.35	1.08	9.23				5.4	0.0161	1.361								19.04				8.35			1.46
50	40	10.12	4.94	1.12	14.54				5.1	0.0142	0.910									34.49				18.602		1.35
50	40	11.52	4.34	1.20	15.73				4.6	0.0106	0.542										50.76				33.94	1.10

Tabella 6.8 - Calcolazioni effettuate per la valutazione della linea dei carichi lungo il collettore di via dei Dogi per K=40.

PROCURA DELLA REPUBBLICA PRESSO IL TRIBUNALE DI SALERNO  
 Proc. Pen. N. 12815/10 R.G. /44  
 CTU PROFF. L. CASCINI, M. DI NATALE, S. DI NOCERA

Q	K	A	V	$\chi$	z	E <sub>0</sub>	E <sub>a</sub>	P <sub>a</sub> /γ	V <sub>m</sub> tratti	J	JL	E <sub>a</sub>	P <sub>a</sub> '/γ	h <sub>i</sub>	h <sub>i</sub> - P <sub>a</sub> '/γ	E <sub>0</sub>	E <sub>a</sub>	E <sub>b</sub>	E <sub>c</sub>	E <sub>d</sub>	E <sub>e</sub>	P <sub>b</sub> '/γ	P <sub>c</sub> '/γ	P <sub>d</sub> '/γ	P <sub>e</sub> '/γ	V <sup>2</sup> /2g	
52	50	7.48	6.95	0.91	0.00	3.82										3.82											2.46
52	50	9.34	5.57	1.08	0.42		3.36	1.36	6.3	0.0142	0.887	5.13	3.13	2.29	-0.842		5.13										2.00
52	50	9.34	5.57	1.08	2.33				5.6	0.0112	0.540							8.00				4.09					1.58
52	50	9.35	5.56	1.08	9.23				5.6	0.0112	0.942								18.17				7.36				1.58
52	50	10.12	5.14	1.12	14.54				5.4	0.0098	0.630										33.34				17.344		1.46
52	50	11.52	4.52	1.20	15.73				4.8	0.0073	0.375											49.45				32.53	1.19

Q	K	A	V	$\chi$	z	E <sub>0</sub>	E <sub>a</sub>	P <sub>a</sub> /γ	V <sub>m</sub> tratti	J	JL	E <sub>a</sub>	P <sub>a</sub> '/γ	h <sub>i</sub>	h <sub>i</sub> - P <sub>a</sub> '/γ	E <sub>0</sub>	E <sub>a</sub>	E <sub>b</sub>	E <sub>c</sub>	E <sub>d</sub>	E <sub>e</sub>	P <sub>b</sub> '/γ	P <sub>c</sub> '/γ	P <sub>d</sub> '/γ	P <sub>e</sub> '/γ	V <sup>2</sup> /2g		
60	50	7.48	8.02	0.91	0.00	4.64										4.64												3.28
60	50	9.34	6.42	1.08	0.42		3.88	1.36	7.2	0.0189	1.181	6.24	3.72	2.29	-1.4288		6.24										2.66	
60	50	9.34	6.42	1.08	2.33				6.4	0.0149	0.720							9.29				4.86					2.10	
60	50	9.35	6.42	1.08	9.23				6.4	0.0149	1.254								19.77				8.44				2.10	
60	50	10.12	5.93	1.12	14.54				6.2	0.0131	0.839										35.15				18.671		1.94	
60	50	11.52	5.21	1.20	15.73				5.6	0.0097	0.500											51.38				34.07	1.58	

Tabella 6.9 - Calcolazioni effettuate per la valutazione della linea dei carichi lungo il collettore di via dei Dogi per K=50.

PROCURA DELLA REPUBBLICA PRESSO IL TRIBUNALE DI SALERNO  
 Proc. Pen. N. 12815/10 R.G. /44  
 CTU PROFF. L. CASCINI, M. DI NATALE, S. DI NOCERA

tratti	i media	sezione tipo		L tratto	Q	K	A	h <sub>i</sub>	p/γ	M	M pelo libero	M in pressione
a	0.007	4.08	2.29	62.66	50	40	9.34		3.46	M1		43.437
b	0.040	4.08	2.29	48.27	50	40	9.34	1.63	4.66	M2	43.740	49.047
c	0.082	4.21	2.22	84.34	50	40	9.35	1.23	8.35	M3	52.398	66.296
d	0.083	4.09	2.475	63.98	50	40	10.12	1.27	18.60	M4	52.360	119.328
e	0.023	4.72	2.44	51.36	50	40	11.52	1.83	33.94	M5	37.407	217.545

tratti	i media	sezione tipo		L tratto	Q	K	A	h <sub>i</sub>	p/γ	M	M pelo libero	M in pressione
a	0.007	4.08	2.29	62.66	60	50	9.34		3.72	M1		56.655
b	0.040	4.08	2.29	48.27	60	50	9.34	1.59	4.86	M2	61.726	61.981
c	0.082	4.21	2.22	84.34	60	50	9.35	1.20	8.44	M3	75.670	78.705
d	0.083	4.09	2.475	63.98	60	50	10.12	1.23	18.67	M4	76.040	130.748
e	0.023	4.72	2.44	51.36	60	50	11.52	1.78	34.07	M5	51.156	228.053

Tabella 6.10 - Calcolazioni effettuate per la valutazione della quantità di moto totale lungo il collettore di via dei Dogi per K=40 e K=50.

**Ricostruzione delle condizioni di deflusso in presenza del fangogramma di piena**

Come più volte accennato in precedenza il fenomeno alluvionale del 09.09.2010 è stato caratterizzato non solo da un notevole eccesso pluviometrico ma anche dalla presenza di un volume di sedimenti generato dall'azione erosiva della pioggia sulla coltre di materiale piroclastico che copre la struttura rocciosa di base. Dalla evidenza dei dati osservati e dalle stime effettuate si è potuto dedurre che, anche se il volume di sedimenti mobilizzati non è stato particolarmente elevato (15000 - 40000 m<sup>3</sup>) rispetto agli apporti potenziali, singolare e degno di molta attenzione è il fatto che il suindicato volume di sedimenti sia pervenuto in alveo insieme ai deflussi idrici in un arco di tempo molto breve (circa 10 - 20 min). Questa circostanza come precedentemente illustrato (fangogrammi stimati) ha dato luogo ad una impulsiva impennata delle portate defluite in alveo con valori di punta superiori anche di 2,5 volte a quello dovuto al solo contributo della pioggia ( $Q_{max} = 60 \text{ m}^3/\text{s}$ ).

Per effettuare una verifica idraulica del deflusso nel canale scatolare in presenza dei fangogrammi stimati, è stato utilizzato lo stesso procedimento illustrato al punto precedente.

I risultati ottenuti dalle elaborazioni effettuate evidenziano quanto segue:

- In corrispondenza del valore di portata  $Q \cong 50-60 \text{ m}^3/\text{s}$ , tutta la canna dello scatolare va in pressione;
- a partire da tale valore di portata e fino al valore massimo raggiunto dalla corrente nel fangogramma stimato ( $Q=70-180 \text{ m}^3/\text{s}$ ) si è sviluppato un intenso fenomeno di rigurgito idraulico che, in corrispondenza della sezione di imbocco del canale scatolare, ha determinato l'ingente sversamento della miscela di acqua e fango che ha invaso le strade cittadine di valle e in particolare via Dogi;
- i volumi di fango pervenuti a valle sono stati stimati dal fangogramma e risultano essere compresi tra 6000-40.000 m<sup>3</sup>.

Nelle tabelle 6.11 e 6.12 sono riportati i calcoli effettuati per  $Q=70 \text{ m}^3/\text{s}$  e  $Q = 180$

$m^3/s$  sia con  $K=40$  che con  $K=50$ ; nelle figure 6.29 e 6.30 è riportato invece lo schema utilizzato per la stima dei volumi di fango che hanno invaso la strada.

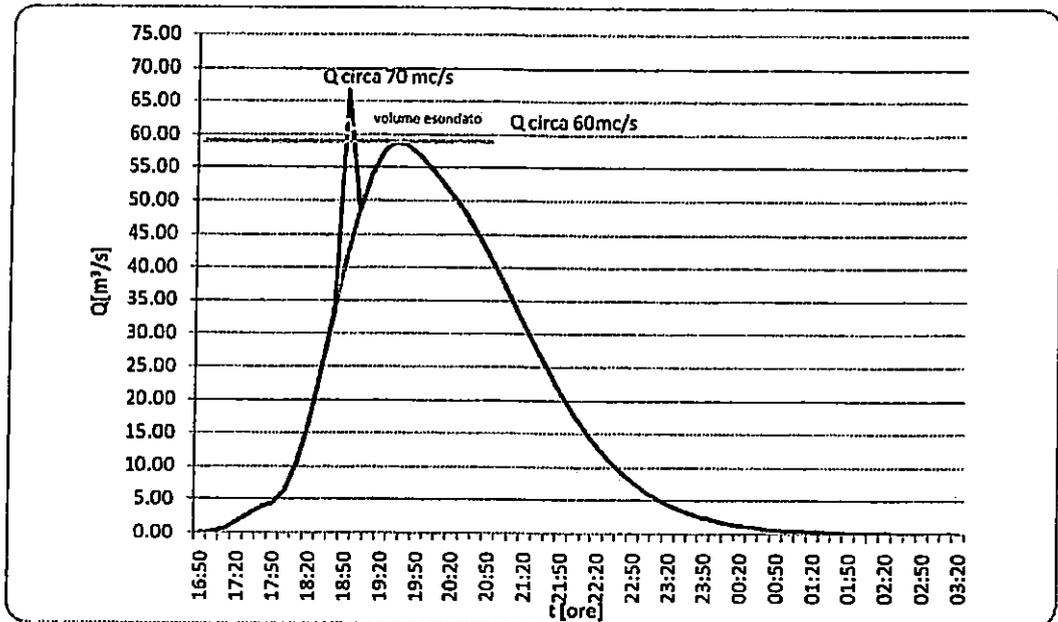


Figura 6.29 - Schema utilizzato per la stima dei volumi di fango che hanno invaso la strada  $Q=70 m^3/s$ .

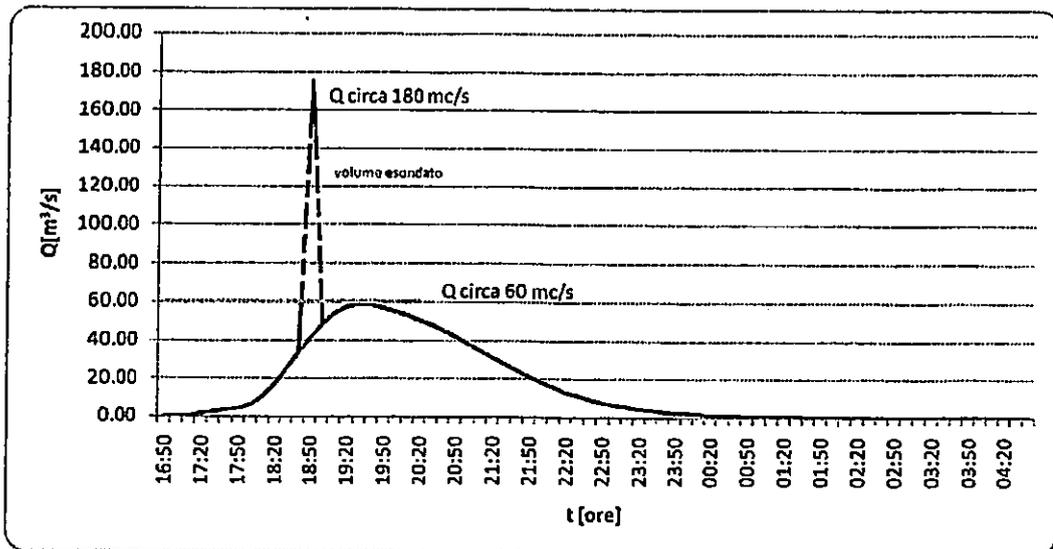


Figura 6.30 - Schema utilizzato per la stima dei volumi di fango che hanno invaso la strada  $Q = 180 m^3/s$ .

PROCURA DELLA REPUBBLICA PRESSO IL TRIBUNALE DI SALERNO  
 Proc. Pen. N. 12815/10 R.G. /44  
 CTU PROFF. L. CASCINI, M. DI NATALE, S. DI NOCERA

Q	K	A	V	$\chi$	z	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> /γ	V <sub>m</sub> tratti	J	JL	E <sub>1</sub> '	P <sub>1</sub> '/γ	h <sub>i</sub>	h <sub>i</sub> - P <sub>1</sub> '/γ	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> '/γ	P <sub>3</sub> '/γ	P <sub>4</sub> '/γ	P <sub>5</sub> '/γ	V <sup>2</sup> /2g	
70	40	7.48	9.36	0.91	0.00	5.82										5.82											4.46
70	40	9.34	7.49	1.08	0.42		4.64	1.36	8.4	0.0401	2.512	8.76	5.47	2.29	3.185		8.76										3.62
70	40	9.34	7.49	1.08	2.33				7.5	0.0317	1.530							12.62					7.43				2.86
70	40	9.35	7.49	1.08	9.23				7.5	0.0316	2.668								24.51					12.42			2.86
70	40	10.12	6.92	1.12	14.54				7.2	0.0279	1.784									40.84					23.654		2.64
70	40	11.52	6.08	1.20	15.73				6.5	0.0207	1.063										57.63				39.75		2.15

Q	K	A	V	$\chi$	z	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> /γ	V <sub>m</sub> tratti	J	JL	E <sub>1</sub> '	P <sub>1</sub> '/γ	h <sub>i</sub>	h <sub>i</sub> - P <sub>1</sub> '/γ	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> '/γ	P <sub>3</sub> '/γ	P <sub>4</sub> '/γ	P <sub>5</sub> '/γ	V <sup>2</sup> /2g		
70	50	7.48	9.36	0.91	0.00	5.82										5.82												4.46
70	50	9.34	7.49	1.08	0.42		4.64	1.36	8.4	0.0257	1.608	7.85	4.57	2.29	2.281		7.85											3.62
70	50	9.34	7.49	1.08	2.33				7.5	0.0203	0.979							11.16					5.97					2.86
70	50	9.35	7.49	1.08	9.23				7.5	0.0202	1.707								22.10						10.01			2.86
70	50	10.12	6.92	1.12	14.54				7.2	0.0178	1.142										37.78					20.596		2.64
70	50	11.52	6.08	1.20	15.73				6.5	0.0132	0.680											54.19				36.31		2.15

Tabella 6.11 - Calcolazioni effettuate per la valutazione della linea dei carichi lungo il collettore di via dei Dogi per Q=70m<sup>3</sup>/s K=40 e 50.

prof. ing. Leonardo Cascini  
 Via Kerbaker, 101 - 80129 NAPOLI

prof. ing. Michele Di Natale  
 via Roma 29, Aversa 81031 (CE)

prof. Silvio Di Nocera  
 via S. Giacomo dei Capri 109, 80129 NAPOLI

PROCURA DELLA REPUBBLICA PRESSO IL TRIBUNALE DI SALERNO  
 Proc. Pen. N. 12815/10 R.G. /44  
 CTU PROFF. L. CASCINI, M. DI NATALE, S. DI NOCERA

Q	K	A	V	$\chi$	z	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> /γ	Vm tratti	J	JL	E <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> '/γ	hi	hi- P <sub>1</sub> '/γ	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> '/γ	P <sub>3</sub> '/γ	P <sub>4</sub> '/γ	P <sub>5</sub> '/γ	V <sup>2</sup> /2g	
180	40	7.48	24.06	0.91	0.00	30.88										30.9											29.52
180	40	9.34	19.27	1.08	0.42		20.70	1.36	21.7	0.265	16.61	47.91	28.57	2.29	26.28		47.9										23.92
180	40	9.34	19.27	1.08	2.33				19.3	0.210	10.12							60.4					39.1				18.92
180	40	9.35	19.26	1.08	9.23				19.3	0.209	17.64								87.2					59.1			18.91
180	40	10.12	17.78	1.12	14.54				18.5	0.184	11.80									113.6					81.5		17.48
180	40	11.52	15.63	1.20	15.73				16.7	0.137	7.03										136.3					106.4	14.22

Q	K	A	V	$\chi$	z	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> /γ	Vm tratti	J	JL	E <sub>1</sub>	P <sub>1</sub> '/γ	hi	hi- P <sub>1</sub> '/γ	E <sub>0</sub>	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	P <sub>2</sub> '/γ	P <sub>3</sub> '/γ	P <sub>4</sub> '/γ	P <sub>5</sub> '/γ	V <sup>2</sup> /2g	
180	50	7.48	24.06	0.91	0.00	30.88										30.9											29.52
180	50	9.34	19.27	1.08	0.42		20.70	1.36	21.7	0.170	10.63	41.93	22.59	2.29	20.30		41.9										23.92
180	50	9.34	19.27	1.08	2.33				19.3	0.134	6.48								50.7					29.5			18.92
180	50	9.35	19.26	1.08	9.23				19.3	0.134	11.29									71.3					43.1		18.91
180	50	10.12	17.78	1.12	14.54				18.5	0.118	7.55										93.3					61.3	17.48
180	50	11.52	15.63	1.20	15.73				16.7	0.088	4.50											113.6				83.6	14.22

Tabelle 6.12 - Calcolazioni effettuate per la valutazione della linea dei carichi lungo il collettore di via dei Dogi per Q=180 m<sup>3</sup>/s K=40 e 50.

**Sulla base delle valutazioni precedentemente effettuate si può concludere che l'evento critico del 09.09.2010 è riconducibile al deflusso nel canale tombato di un flusso iperconcentrato con portata eccedente le capacità idrovettrici dello speco. In conseguenza di ciò si sono verificate nel canale condizioni di moto in pressione con rigurgito nella sezione di monte e conseguente fuoriuscita di portate di fango che hanno dato luogo al fenomeno di alluvionamento verificatosi.**

A conferma delle valutazioni effettuate giova osservare che durante l'evento critico si è verificata la rottura della soletta di copertura del canale. Tale cedimento strutturale (Fig. 6.31) si è verificato in corrispondenza di una sezione a circa 200 m dall'imbocco dove, secondo le valutazioni effettuate, il flusso in pressione ha raggiunto valori del carico pari a circa 5m equivalenti ad una spinta di circa 5t/m<sup>2</sup> sulla soletta in calcestruzzo armato. Un tale valore elevato del sovraccarico, applicato secondo una direzione (verso l'alto) per cui la soletta non era stata quasi sicuramente progettata, ne ha provocato la rottura riscontrata.



Figura 6.31 - Punto in cui si è verificata la rottura della soletta.

## **7. PREVEDIBILITÀ DELL'EVENTO**

### **7.1 Premessa**

La descrizione della legge scientifica di spiegazione causale consente di inquadrare in un contesto organico di riferimento i fenomeni occorsi il 9 settembre 2010 (paragrafo 6) e rappresenta, quindi, il presupposto di base per fornire una risposta al quesito sulla prevedibilità dell'evento (**Q2c**).

Con riferimento a tale aspetto, il paragrafo 6 mette chiaramente in luce la molteplicità delle cause e, quindi, degli eventi che hanno determinato il disastro del 9 settembre che riguardano nell'ordine:

- l'evento di piena;
- i fenomeni erosivi nel bacino del torrente Dragone;
- l'insufficienza idraulica del canale scatolare (tratto di alveo tombato) che corre al di sotto di via dei Dogi;
- le condizioni di moto dell'acqua carica di sedimenti lungo via dei Dogi ed in corrispondenza di piazza Umberto I.

Rispondere al quesito sulla prevedibilità dell'evento significa, quindi, analizzare separatamente le cause innanzi elencate, fornendo per ognuna di esse risposte fondate e, soprattutto, in linea con le più avanzate conoscenze scientifiche, sia a livello nazionale e sia internazionale.

Alla luce delle evidenze documentali raccolte e delle valutazioni scientifiche effettuate, le caratteristiche dell'evento alluvionale in esame possono essere così sintetizzate :

- a partire dal giorno 07.09.2010 un sistema di bassa pressione di origine atlantica ha interessato prima le regioni settentrionali italiane e nei giorni successivi anche quelle meridionali. Il sistema di bassa pressione ha richiamato da SW correnti caldo-umide instabili che hanno prodotto rovesci e temporali su diverse ampie porzioni del territorio campano; in particolare, il giorno

09.09.2010, le precipitazioni hanno interessato la costiera amalfitana e sono risultate particolarmente severe nel bacino del torrente Dragone che interessa il territorio del Comune di Atrani;

- l'asta terminale del suindicato torrente, negli anni precedenti il 1987, è stata tombata mediante la costruzione di una struttura scatolare in calcestruzzo armato il cui solettone di copertura rappresenta oggi la sede del tratto stradale denominato via dei Dogi;
- il canale tombato, per il quale è stato effettuato nell'ambito di questo studio un accurato rilievo topografico, non presenta una geometria ed una pendenza di fondo costanti; infatti, la sezione di monte (imbocco) ha dimensioni 5.5x2.9m mentre quella di valle (sbocco sulla battigia) si riduce a uno speco di dimensioni 5.5x1.36 m; inoltre, il primo tratto di canale ha una pendenza media di fondo pari a 0.05 che si riduce a 0.02 circa nel tratto terminale;
- l'evento pluviometrico critico del giorno 9/9/2010 si è verificato tra le ore 18:18 e le ore 19:06 ed ha presentato intensità media pari a circa 56 mm/h;
- in corrispondenza delle suindicate precipitazioni nella sezione del torrente Dragone a monte del tratto di canale tombato si è sviluppato un idrogramma di piena con una portata di picco  $Q = 60\text{m}^3/\text{s}$  verificatasi alle ore 19:30 circa;
- le precipitazioni pluviometriche hanno dato luogo ad un fenomeno di erosione della coltre piroclastica dei versanti del bacino, alla mobilitazione dei sedimenti e allo sversamento di una parte degli stessi nella corrente idrica defluente nell'alveo; il volume di sedimenti trasportato dall'onda di piena è stato stimato tra 15000 e 40000 $\text{m}^3$  e, dalle evidenze fenomenologiche riscontrate, è stato trasportato in un tempo molto breve (10-20 min) compreso sostanzialmente tra le ore 18:40 - 19:00; a seguito di questo apporto improvviso di sedimenti si è determinato un incremento impulsivo della portata fluida nell'alveo con valori che hanno superato fino a 3 volte il colmo di piena di 60  $\text{m}^3/\text{s}$ ;
- l'incremento anomalo di portata e l'arco temporale in cui si è verificato (18:40 - 19:00) coincidono con la parte critica dell'evento alluvionale in cui ingenti quantità di fango si sono riversate sulle strade cittadine e in particolare su via dei Dogi;
- dalle valutazioni idrodinamiche, effettuate dopo la ricostruzione dell'idrogramma e del fangogramma dell'evento, emerge che il canale tombato,

il cui funzionamento idraulico corretto deve avvenire a pelo libero, a causa del restringimento del tratto terminale, può passare ad un funzionamento in pressione a partire da valori di portata  $Q \cong 40-50 \text{ m}^3/\text{s}$ ; quando la portata raggiunge valori  $Q \cong 50-60 \text{ m}^3/\text{s}$ , il funzionamento in pressione si estende a tutto il canale e si determinano a monte condizioni idrauliche di alluvionamento consistenti nel caso specifico nello sversamento delle portate in eccesso lungo le strade;

- la miscela di acqua e fango pervenuta alla sezione di imbocco del canale tra le ore 18:40 e le ore 19:00 ha raggiunto valori di portata ben superiori a quello limite di  $50-60 \text{ m}^3/\text{s}$  e ciò ha determinato il fenomeno di allagamento verificatosi durante l'evento critico in esame.

**Tutto ciò premesso**, allo scopo di fornire una risposta esauriente al quesito relativo alla prevedibilità dell'evento, giova analizzare tre aspetti diversi di prevedibilità riconducibili ai seguenti:

- erano prevedibili l'evento pluviometrico e l'evento di piena?
- erano prevedibili il volume e la portata di materiale solido pervenuti nell'aleo del torrente Dragone?
- era prevedibile l'insufficienza idraulica del canale tombato la cui capacità idrovetrica non è stata sufficiente a lasciar defluire correttamente le portate pervenute all'imbocco?

Nel seguito si fornisce una risposta a ciascuno degli aspetti evidenziati.

## **7.2. Prevedibilità dell'evento pluviometrico e dell'evento di piena**

La prevedibilità di un evento idrologico viene comunemente associata al concetto probabilistico di tempo di attesa dello stesso, dando luogo ad una schematica suddivisione in eventi di tipo ordinario ed eventi straordinari. Per le grandezze idrologiche i concetti prima illustrati vengono rappresentati numericamente attraverso il parametro tempo di ritorno  $T$  dell'evento (espresso comunemente in anni). Si ricorda che il tempo di ritorno  $T$  viene ricavato mediante un approccio

probabilistico e, se la generica grandezza idrologica  $X$  (es. l'altezza di pioggia massima annuale, la portata al colmo di piena, ecc.) assume il valore  $X_T$  per un tempo ritorno  $T$ , significa che *il valore  $X_T$  può essere mediamente superato una sola volta ogni  $T$  anni.*

Nel seguito viene effettuata una valutazione del tempo di ritorno relativo alle altezze di pioggia cadute durante l'evento pluviometrico oggetto di studio e successivamente al tempo di ritorno relativo alla piena determinatasi con riferimento al solo contributo pluviometrico (idrogramma).

La metodologia utilizzata fa riferimento a quella proposta su scala nazionale dal progetto VAPI del Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche (GNDCI). In particolare viene adottato un modello probabilistico a doppia componente (TCEV) che interpreta gli eventi massimi annuali come il risultato di una miscela di due popolazioni distinte di eventi (eventi massimi ordinari ed eventi massimi straordinari).

Ore evento	hi [mm]	li [mm/h]
16:50	0	0
17:00	1.8	10.8
17:10	4	24
17:20	2	12
17:30	0	0
17:40	0	0
17:50	0	0
18:00	19.4	116.4
18:10	18.8	112.8
18:20	11.2	67.2
18:30	14.8	88.8
18:40	14	84
18:50	2.6	15.6
19:00	9.2	55.2
19:10	4.4	26.4
19:20	1.2	7.2
19:30	0.4	2.4
19:40	1.2	7.2
19:50	5.6	33.6
20:00	5.4	32.4
20:10	3.4	20.4
20:20	2.6	15.6

20:30	0.4	2.4
20:40	0.4	2.4
20:50	0.4	2.4

Tabelle 7.1 - Altezze ed Intensità di pioggia relative al pluviometro di Ravello.

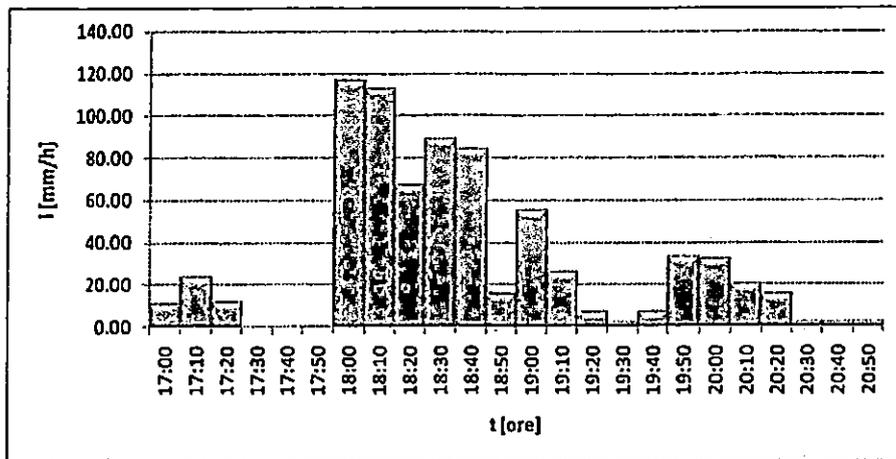


Figura 7.1 - Altezze ed Intensità di pioggia relative all'evento del 09.09.2010.

In base a tale modello, la generica variabile  $X_T$  (altezza o intensità di pioggia, portata al colmo, etc.) corrispondente ad un assegnato valore del periodo di ritorno  $T$  può trarsi dall'espressione:

$$T = \frac{1}{1 - \exp\left[-\Lambda_1 \cdot e^{-\eta K_T} - \Lambda_* \cdot \Lambda_1^{1/\theta} \cdot e^{-\eta K_T / \theta}\right]} \quad (14)$$

Nel caso specifico la variabile aleatoria presa in esame è il massimo annuale dell'altezza di pioggia  $h_{d,T}$  di assegnata durata  $d$ , corrispondente al periodo di ritorno  $T$ . La legge di probabilità pluviometrica per assegnato periodo di ritorno  $T$ , assume la forma:

$$h_{d,T} = \zeta_{hd} \cdot K_T,$$

dove  $\zeta_{hd}$  è il parametro centrale della distribuzione di probabilità del massimo annuale della altezza di pioggia in assegnata durata (si assume comunemente corrispondente al valore della media  $\mu_{hd}$ ), mentre  $K_T$  è il coefficiente di crescita col periodo di ritorno  $T$ , che dipende per una data regione omogenea dai massimi

Comune di Acrafi prot. 00000035 del 27-09-2022 in arrivo

annuali delle altezze di pioggia.

Con riferimento al modello probabilistico TCEV si ha inoltre:  
 $K_T = K_T(T, \eta, \Lambda^*, \Theta^*, \Lambda_1)$ ; essendo  $\Lambda^*$ ,  $\Theta^*$  e  $\Lambda_1$  i parametri della distribuzione. Dal Rapporto VA.PI. ("Valutazione delle piene in Campania" elaborato dal G.N.D.C.I. del CNR) i valori di  $\Lambda^*$  e  $\Theta^*$  validi per l'intera Regione Campania sono i seguenti:

$$\Lambda^* = 0.224$$

$$\Theta^* = 2.136$$

$$\Lambda_1 = 41$$

$$\eta = 4.688$$

Al fine di conseguire valutazioni del parametro  $\mu_{hd}$ , si considera il legame esistente tra i valori dell'intensità media di pioggia, le durate  $d$  prese a riferimento e le quote  $Z$  sul livello del mare relative alle singole stazioni di misura considerate. In definitiva, l'espressione del legame per la sottozona A2 di riferimento, risulta:

$$\mu_{id} = \frac{I_0}{(1 + B \cdot d)^{(C-D \cdot Z)}} \quad (15)$$

Area omogenea	n. staz.	$\mu(h_0)$ (mm/ora)	$d_c$ (ore)	C	$D \cdot 10^5$	$\rho^2$
1	21	77.08	0.3661	0.7995	8.6077	0.9994
2	18	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9991
3	11	116.7	0.0976	0.7360	8.7300	0.9980
4	7	78.61	0.3846	0.8100	24.874	0.9930
5	12	231.8	0.0508	0.8351	10.800	0.9993
6	28	87.87	0.2205	0.7265	8.8476	0.9969
7	11	83.75	0.3312	0.7031	7.7381	0.9989

Tabella 7.2 - Parametri statistici delle leggi di probabilità pluviometriche regionali per ogni area pluviometrica omogenea.

Infine l'intensità media di pioggia si valuta attraverso la seguente relazione:

$$i_{d,T} = \mu_{id} \cdot K_T \quad (16)$$

In definitiva, con i dati afferenti il bacino oggetto di studio, si perviene attraverso la (15) ad un'intensità media dei massimi annuali di pioggia pari a circa 57.60

mm/ora. Utilizzando la (16) possiamo valutare (essendo note sia  $\mu_{id}$  che  $i_{d,T}$ , caratteristico dell'evento meteorico del 09.09.2010) il coefficiente di crescita risulta pari a circa 2.3.

Inserendo il coefficiente  $K_T$  all'interno della relazione (14) si perviene ad un valore del periodo di ritorno T pari a circa 110 anni.

Nella tabella vengono riportati i valori di altezza di pioggia  $h_d$  per valori di d pari a 10min, 20min, 30min, 1ora e 4 ore (evento complessivo) ed il corrispettivo periodo di ritorno.

t	$i_d$ [mm/h]	T anni
10 min	116.4	30
20 min	114.4	72
30 min	98.8	78
1 ora	77.14	110
4 ore	29.57	40

Tabella 7.3 - Periodi di ritorno dell'evento pluviometrico per diversi valori di durata d.

Per la valutazione del tempo di ritorno dell'evento di piena, analogamente alla valutazione del periodo di ritorno dell'evento pluviometrico, si ricorre al modello del TCEV.

In base a tale modello, analogamente a quanto precedentemente già illustrato, la portata  $Q_T$  corrispondente ad un assegnato valore del periodo di ritorno T può trarsi dall'espressione:

$$T = \frac{1}{1 - \exp \left[ -\Lambda_1 e^{-\eta K_T} - \Lambda_2 \Lambda_1^{1/\Theta} e^{-\eta K_T / \Theta} \right]} \quad (17)$$

nella quale

$$K_T = \frac{Q_T}{\mu_Q} \quad (18)$$

Comune di Acerra prot. 00030035 del 27/03/2022 in cartella

è il fattore di crescita col periodo di ritorno T, definito come il rapporto tra la portata  $Q_T$  corrispondente all'assegnato periodo di ritorno T e la media  $\mu_Q$  della distribuzione di probabilità della variabile Q.

In virtù della (18), risulta:

$$Q_T = \mu_Q K_T \quad (19)$$

$$\text{in cui } K_T = K_T(T, \Lambda^*, \theta^*, \Lambda_1) \quad (20)$$

I valori di  $\Lambda^*$ ,  $\theta^*$  e  $\Lambda_1$  validi per i bacini idrografici italiani risultano essere, con riferimento alla variabile idrologica Q – come messo in evidenza dal Rapporto VA.PI. del C.N.R. – G.N.D.C.I. – i seguenti:

$$\Lambda^* = 0.350$$

$$\theta^* = 2.634$$

$$\Lambda_1 = 13$$

$$\eta = 3.901$$

Al fine di conseguire valutazioni del parametro  $\mu_Q$  si è fatto riferimento ai modelli concettuali presenti nel VAPI.

Nello specifico, è stata applicata la formula razionale.

Il modello razionale ha caratteristiche previsionali non molto inferiori a quelle di un modello concettuale più completo, che si espone in seguito, ma risulta di uso piuttosto agevole.

In sintesi, tale modello si riassume nella seguente espressione:

$$\mu(Q) = C^* K_A(\text{tr}) \mu [I(\text{tr})] A / 3.6 \quad (21)$$

in cui i parametri del modello, cioè il coefficiente di piena  $C^*$ , il valore del fattore di riduzione areale  $K_A$ , il tempo di ritardo del bacino,  $t_r$  ed il valore  $\mu [I(\text{tr})]$  possono essere valutati come di seguito esplicitato:

$$C^* = C^*_1 \frac{A_1}{A} + C^*_2 \frac{A_2}{A} \quad (22)$$

con

$$C^*_1 = 0.29$$

$$C^*_2 = 0.36$$

A1 ed A2 sono riportati nel rapporto VAPI per i 12 bacini presi in considerazione

dallo stesso.

$$K_A(d) = 1 - (1 - \exp(-c_1 A)) \exp(-c_2 d^3) \quad (23)$$

dove A è l'area del bacino, espressa in km<sup>2</sup>, d la durata della pioggia, espressa in ore, ed

i coefficienti valgono:

$$c_1 = 0.0021$$

$$c_2 = 0.53$$

$$c_3 = 0.25$$

$t_r$  il tempo di ritardo, viene calcolato utilizzando la formula di Rossi (1998) così come riportato nel paragrafo 6.3.2.

$\mu [I(t_r)]$  rappresenta l'intensità di pioggia media in riferimento al tempo di ritardo  $t_r$  del bacino; essa viene calcolata, definito il tempo di ritardo, a partire dai dati di pioggia riportati in tabella 7.1.

Nelle equazioni 21 - 23, le aree sono in km<sup>2</sup>,  $t_r$  in ore,  $\mu [I(t_r)]$  in mm/ora ed  $\mu (Q)$  in m<sup>3</sup>/s.

Sulla base di un procedimento analogo a quello precedentemente illustrato, sono stati determinati anche i valori del periodo di ritorno relativi alla portata al colmo di piena. Nella tabella 7.4. vengono riportati i valori del periodo di ritorno valutati per diversi valori della portata di piena.

$Q_{max}$ (m <sup>3</sup> /s)	T (anni)
40	12
50	25
60	50

Tabella 7.4 - Periodi di ritorno dell'evento di piena per diversi valori di portata.

Si evince che l'evento del 09.09.2010, caratterizzato da una portata al colmo di piena  $Q_{max} = 60$  m<sup>3</sup>/s, è associabile ad un periodo di ritorno T = 50 anni circa.

Tutto ciò premesso, per pervenire ad un giudizio sulla prevedibilità dell'evento si evidenzia che, secondo una prassi oramai consolidata, negli studi effettuati per la valutazione delle condizioni di rischio idrogeologico vengono presi riferimento tre valori del tempo di ritorno  $T = 20$  anni,  $T = 100$  anni e  $T = 300$  anni, ritenendo che i valori ventennali entrano nell'intervallo dei "massimi ordinari", mentre quelli trecentennali nell'intervallo dei "massimi straordinari"; gli interventi strutturali di protezione idraulica vengono poi progettati, a meno di situazioni particolari, sulla base di eventi con periodo di ritorno centennale.

Sulla base di quanto prima detto l'evento pluviometrico verificatosi il giorno 9/9/2010 può essere considerato non straordinario ma solo di intensità superiore a condizioni ordinarie.

In definitiva, con riferimento a quanto detto all'inizio di questo paragrafo, **l'evento pluviometrico ed il conseguente evento di piena possono considerarsi critici, ma non eccezionali e quindi prevedibili.**

A conferma di quanto detto si evidenzia anche che, nel Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico realizzato dall'Autorità di Bacino Regionale Destra Sele si indicano, per la sezione terminale di chiusura del torrente Dragone i seguenti valori con i corrispondenti periodi di ritorno delle portate al colmo di piena:

T (anni)	$Q_{max}$ ( $m^3/s$ )
30	46.18
100	61.00
300	74.42

Tabella 7.5 - Valori di portata e rispettivi periodi di ritorno.

Il valore stimato per l'evento del 09.09.2010 è compreso tra i valore di  $T = 30-100$  anni e quindi viene confermata la valutazione di evento critico ma prevedibile.

### 7.3. Prevedibilità dei volumi e delle portate di materiale solido

Con riferimento alla prevedibilità dei volumi di materiale solido che si sono mobilitati durante l'evento pluviometrico del 9 settembre 2010, è necessario premettere che le coltri piroclastiche originatesi durante le fasi esplosive del Vesuvio, e che ammantano numerosi rilievi della Regione Campania, possono essere sede di fenomenologie estremamente variegata nei diversi periodi dell'anno idrologico. In particolare, eventi pluviometrici del tipo di quelli occorsi nel maggio 1998 producono essenzialmente una saturazione dei terreni che causa prevalentemente fenomeni franosi di primo distacco, ancorchè con modalità di innesco estremamente variabili da sito a sito. Viceversa, nei periodi autunnali, precipitazioni molto intense e di breve durata, quali quelli del 1954 e del settembre 2010, causano essenzialmente fenomeni erosivi che possono dare luogo o meno a frane di primo distacco.

Con riferimento agli eventi del primo tipo, esistono numerosi studi nella letteratura (Cascini, 2004; Cuomo, 2006; Cascini et al., 2009, 2011), essenzialmente sviluppati a valle dei tragici eventi del maggio 1998 che provocarono 159 vittime in quattro Comuni della regione Campania (Bracigliano, Quindici, Sarno e Siano), che consentono una previsione degli effetti conseguenti alla infiltrazione delle acque meteoriche sia sull'innesco e sia sulla propagazione verso valle dei volumi dislocati nelle aree montane.

Per quanto riguarda, invece, i fenomeni erosivi innescati da eventi pluviometrici analoghi a quelli che nell'Ottobre 1954 provocarono vittime e danni ingenti in tutta la provincia di Salerno, si deve constatare che le conoscenze attualmente disponibili non sono particolarmente avanzate e consentono valutazioni solo qualitative o, al più, semi-quantitative degli spessori di terreno mobilitabili. A titolo esemplificativo si citano il modello USLE "Universal Soil Loss Equation" proposto da Wischmeier e Smith (1978), il modello RUSLE "Revised Universal Soil Loss Equation" proposto da Renard et al. (1997) ed il modello WEPP "Water Erosion Prediction Project" (Flanagan and Nearing, 1995). Le metodologie disponibili prescindono, tuttavia, da fattori rilevanti quali l'intensità della pioggia, il periodo nel quale tali fenomeni possono innescarsi e le condizioni iniziali di saturazione dei terreni o ne tengono conto in modo indiretto e comunque non quantitativo.

Con riferimento all'evento del 9 settembre 2010, si osserva che i rilievi di campo hanno essenzialmente messo in luce una prevalenza di fenomeni erosivi rispetto alle frane di primo distacco. **Si può, quindi, concludere che i volumi e le portate di materiale solido defluiti verso valle erano solo ipotizzabili e valutabili su basi qualitative per la indisponibilità di modelli previsionali in grado di fornire una stima quantitativa dei volumi erodibili in funzione della intensità dell'evento pluviometrico.**

#### **7.4 Prevedibilità dell'insufficienza idraulica del canale tombato**

Il tratto di canale tombato in cui defluiscono le portate vallive del torrente Dragone presenta delle limitazioni al deflusso idraulico che sono state precedentemente evidenziate.

Le suindicate limitazioni sono rappresentate dal fatto che:

- in presenza di una portata pari a 40-50 m<sup>3</sup>/s, la sezione di sbocco diventa insufficiente per un deflusso a pelo libero e quindi il tratto terminale del canale assume un funzionamento idraulico in pressione;
- per valori della portata pari a 50-60 m<sup>3</sup>/s tutto il tronco di canale assume un funzionamento in pressione dando inizio ad un fenomeno di esondazione che procura l'allagamento delle strade limitrofe e che si propaga rapidamente verso valle.

Nella seguente tabella 7.6 sono stati riportati i valori stimati del periodo di ritorno, T, per gli eventi citati.

Q (m <sup>3</sup> /s)	T (anni)	eventi
40-50	12-25	inizio rigurgito tratto di valle dello scatolare
50-60	25-50	rigurgito totale ed inizio fenomeno di esondazione
60	50	09.09.2010

Tabella 7.6 - Valori del periodo di ritorno per gli eventi critici esaminati.

Si ricava che, in termini idraulici, il canale tombato è un'opera che può considerarsi

funzionante correttamente solo fino ad eventi pluviometrici con periodo di ritorno T non superiori a 25 anni. Ciò è in netto disaccordo con il criterio, prima ricordato, di prendere a riferimento, per la progettazione di opere di protezione idraulica, eventi con periodi di ritorno  $T = 100$  anni almeno. È evidente poi che l'insufficiente risposta del sistema ad eventi pluviometrici critici è direttamente connessa alle dimensioni (sezioni e pendenze) del canale e, soprattutto, all'innaturale restringimento nella sezione di sbocco.

*In aggiunta alle precedenti considerazioni va poi osservato che, in realtà, il sistema è ancora meno affidabile di quanto già evidenziato perché precedentemente è stata messa in evidenza solo l'insufficienza strettamente idraulica (portate liquide), senza accennare a quella, per alcuni versi ancora più insidiosa, connessa all'apporto di sedimenti.*

La suindicata criticità idraulica del canale tombato è riscontrabile, oltre che dalle determinazioni analitiche sviluppate, anche dai dati storici sugli eventi precedenti. A tal proposito, nel piano stralcio dell'Autorità di Bacino Destra Sele, nella scheda di ricognizione del torrente Dragone viene detto "...Lo stato di conservazione del rivestimento dell'alveo è giudicato mediocre, ed inoltre si segnala il pericolo di intasamento del tratto tombato a seguito di fenomeni di trasporto solido da monte, evento che si è già verificato più volte in passato (1987 - 1991).

*In allegato alla scheda di rilievo, sono presenti alcune segnalazioni storiche dell'ufficio del Genio Civile di Salerno:*

- 1. note nn.18915, 18913 e 19784 del 22/novembre/1988, relative all'evento alluvionale del 14/settembre/1988;*
- 2. nota n.18104 del 10/ottobre/1989, avente ad oggetto l'esondazione del torrente Dragone all'imbocco del tratto coperto...."*

**In definitiva con riferimento alla insufficienza idraulica del canale si può senz'altro ritenere che, alla luce delle valutazioni effettuate (periodi di ritorno molto bassi in relazione al rischio presente) e dei dati storici (eventi già accaduti), la criticità del sistema era da ritenersi certamente prevedibile. Non c'è dubbio infatti che, la fragilità idraulica intrinseca del manufatto di deflusso, possa dar luogo, in assenza di provvedimenti urgenti, ad ulteriori crisi idrauliche.**

## 8. GESTIONE DEL RISCHIO E DELL'EVENTO CALAMITOSO

Una volta accertato il livello di prevedibilità degli eventi alla base del disastro del 9 settembre, rimangono da definire: la evitabilità (Q2d) e la riconducibilità dell'evento a condotte umane attive e/o omissive (Q2e); le azioni impeditive dell'evento e la loro concreta realizzabilità (Q3a); la eventuale erogazione di fondi, originaria destinazione, uso di cui di fatto siano stati destinati (Q3b).

La risposta a tali quesiti, che rientrano tutti nel più ampio tema della "Gestione del rischio e dell'evento calamitoso", è fornita nel presente paragrafo partendo i) dalle conclusioni alle quali si è giunti nel paragrafo 7, ii) dai lavori eseguiti nell'area di interesse (v. Appendice 1) e dai rilievi di campo effettuati dagli scriventi (v. paragrafi 2 e 5), e iii) tenendo conto di quanto altro utile ai fini di giustizia (Q4).

Con riferimento a quest'ultimo aspetto si ritiene di particolare rilevanza la normativa in uso, sia in Campania e sia in Italia, in materia di rischio di alluvione e da frana. L'iter procedurale che ha portato alla normativa attualmente in vigore è discusso nel paragrafo 5.3 nel quale si sottolinea che l'Autorità di Bacino del Destra Sele è l'Autorità competente per il territorio comunale di Atrani, per il quale ha prodotto una zonazione del rischio, a scala 1:5000, secondo i quattro livelli (R1-R4) definiti dagli Atti di Indirizzo e coordinamento del D.L. 180/1998.

Come si evince dalle figure 8.1 e 8.2 e dalla nota riportata nella relazione idraulica allegata al piano (Fig. 8.3), la parte valliva del bacino e, in particolare, il centro urbano che gravita lungo via dei Dogi sul tratto tombato del torrente Dragone sono classificati a rischio molto elevato (R4) da colate rapide di fango. Una porzione più ampia del centro urbano risulta, inoltre, classificato a rischio da frana molto elevato (R4).

Con riferimento alle aree che insistono sul tratto tombato del torrente Dragone, si osserva che i calcoli idrologici ed idraulici sviluppati dall'Autorità di Bacino Destra Sele sono in accordo con quelli riportati nella presente relazione anche se il dettaglio dello studio ed i rilievi effettuati dagli scriventi hanno consentito di mettere in luce, in modo più evidente, la criticità del sistema idraulico e dei versanti del bacino.

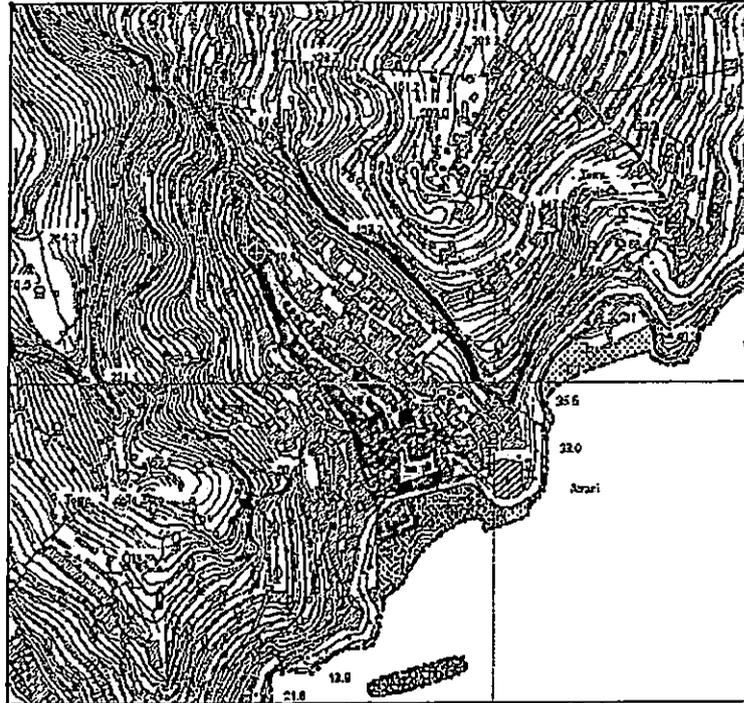


Figura 8.1 - Carta del rischio derivante da fenomeni di colata del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

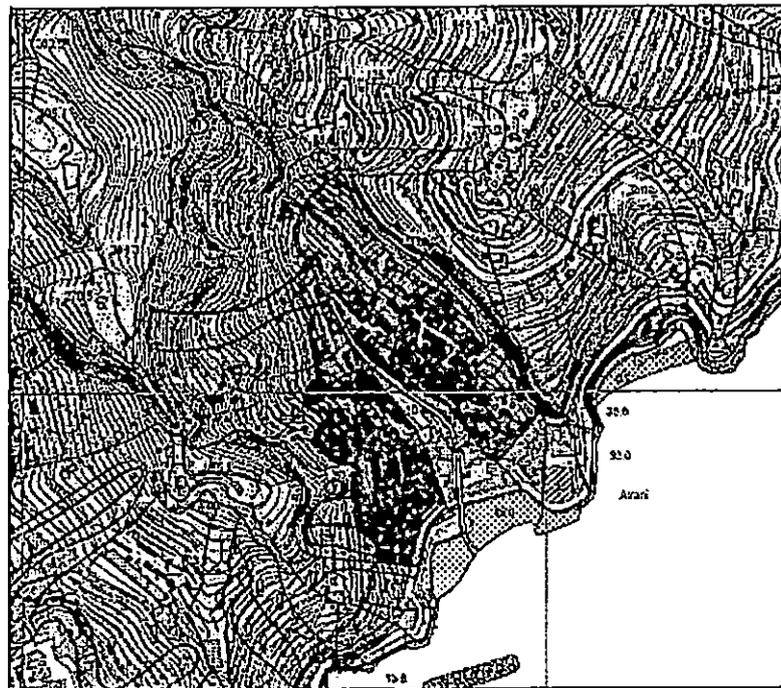


Figura 8.2 - Carta del rischio da frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

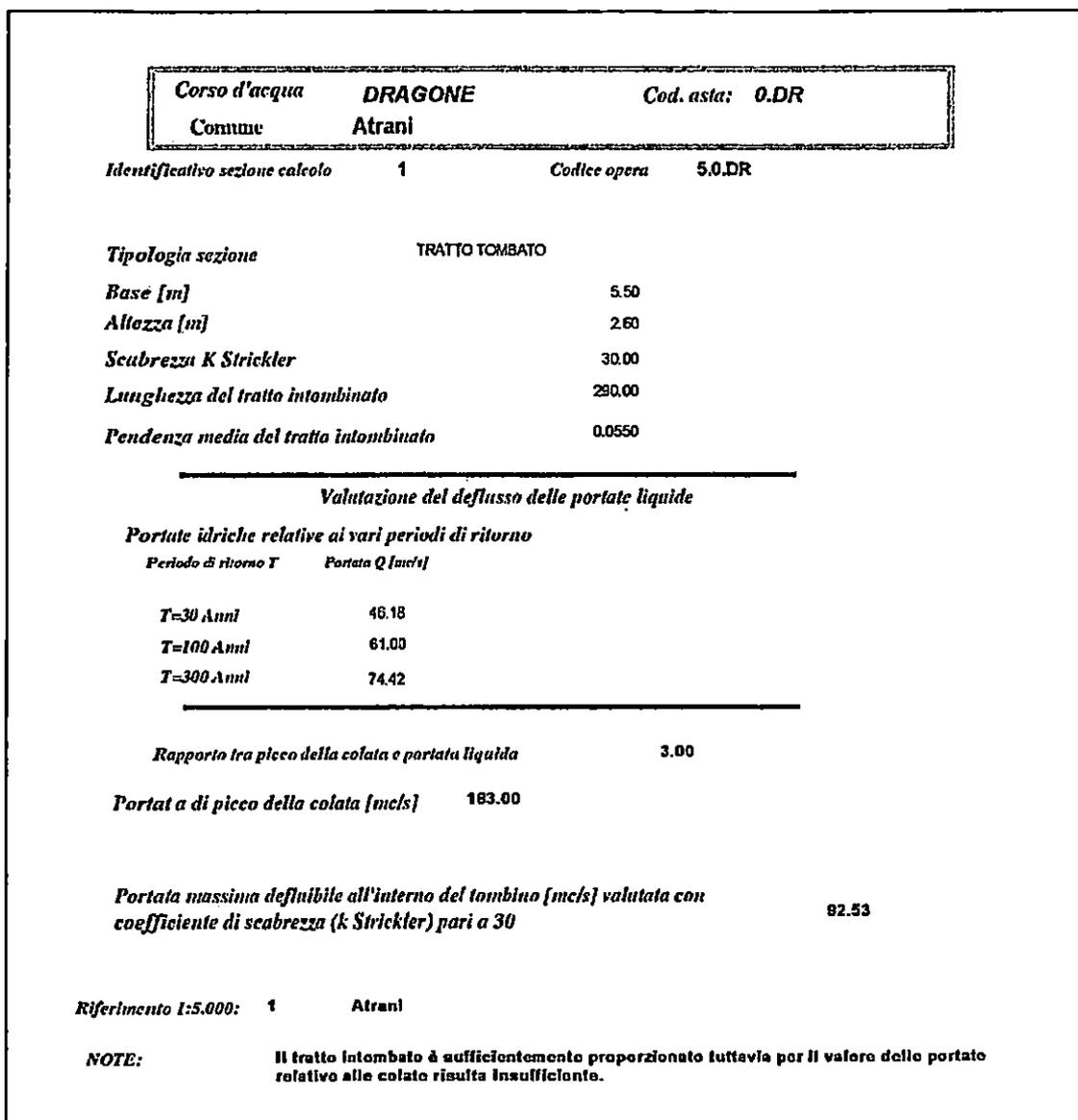


Figura 8.3 - Nota relativa al Torrente Dragone riportata nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico Rischio Alluvioni.

La zonazione delle aree a rischio eseguita dalla Autorità di Bacino Destra Sele è stata accompagnata da una attività di programmazione delle azioni di mitigazione del rischio nell'ambito della quale sono stati indicati gli interventi strutturali di mitigazione del rischio nelle aree classificate R4. Analoghe segnalazioni sono state inoltrate alle Istituzioni Nazionali e regionali dalle altre Autorità di Bacino (nazionali,

interregionali e regionali) che hanno competenza su porzioni del territorio della regione Campania.

Il quadro complessivo che è emerso da tutte le segnalazioni inoltrate dalle Autorità di Bacino è risultato particolarmente gravoso per la Regione Campania e, in ogni caso, tale da rendere di fatto impossibile lo stanziamento delle somme necessarie per una significativa mitigazione del rischio in tutte le aree classificate R4.

**Considerando che nel Comune di Atrani, tutti gli studi svolti hanno chiaramente indicato che una significativa riduzione del rischio può essere conseguita solo attraverso un idoneo smaltimento delle portate provenienti da monte e, quindi, attraverso la realizzazione di opere particolarmente costose e complesse da realizzare (Q3a), si può ritenere che l'evento di alluvionamento del 9/9/2010 non era evitabile (Q2d) e che non sono ravvisabili responsabilità (Q2e, Q3b) a carico delle Autorità competenti compresa l'Autorità di Bacino Destra Sele che ha correttamente previsto la criticità del sito interessato dal fenomeno di allagamento nei documenti di zonazione del rischio.**

Con riferimento poi alle zone del bacino del torrente Dragone ubicate a monte del centro urbano, si osserva che nei documenti ufficiali prodotti dall'Autorità di Bacino Destra Sele sono segnalate numerose aree potenzialmente sede di fenomeni franosi come si evince chiaramente dalla figura 5.17.

Anche per queste aree, che rappresentano zone potenzialmente sede di fenomeni franosi e/o erosivi che possono evolvere in colate rapide di fango e/o in flussi iperconcentrati, sono state programmate azioni di stabilizzazione del versanti che, nel corso del tempo e in alcune porzioni del territorio, sono state realizzate da numerosi Enti tra la moltitudine di quelli che, a vario titolo, hanno competenza in materia di Difesa del Suolo. A puro titolo esemplificativo, nella tabella 8.1, che scaturisce da tutti i dati illustrati e discussi nell'Appendice 1, si riporta una sintesi dei lavori ai quali è stato possibile risalire con indicazione della tipologia e dei costi dell'intervento eseguito.

	Comune di Atrani		Comune di Ravello		Comune di Scala		Genio Civile		Comunità Montana Penisola Marittima		totale (C)	
	Rischio		Rischio		Rischio		Rischio		Rischio		Rischio	
	frane	alluvioni	frane	alluvioni	frane	alluvioni	frane	alluvioni	frane	alluvioni	frane	alluvioni
totale (C) - min	171'463.69	400'000.00	0.00	256'645.69	107'304.73	3'327'186.50	0.00	vedi Atrani	0.00	252'547.42	min	276'048.42
totale (C) - max						5'547'015.86					max	6'456'208.07
	Rischio		Rischio		Rischio		Rischio		Rischio		Rischio	
	frane e/o alluvioni		frane e/o alluvioni		frane e/o alluvioni		frane e/o alluvioni		frane e/o alluvioni		frane e/o alluvioni	
totale (C) - min	0.00		626'578.16		790'540.96		0.00		0.00		min	1'417'119.12
totale (C) - max	000'000.00										max	2'317'119.12
	Comune di Atrani		Comune di Ravello		Comune di Scala		Genio Civile		Comunità Montana Penisola Marittima		TOTALE (C)	
totale (C) - min	571'463.69		883'223.85		4'225'112.19		vedi Atrani		252'547.42		min	5'932'347.15
totale (C) - max	1'471'463.69				6'444'941.55						max	9'052'176.51

Tabella 8.1 - Importi dei lavori finanziati per la riduzione del rischio da frana e/o alluvione all'interno del Bacino del torrente Dragone.

Un esame anche superficiale della tabella evidenzia la consistenza economica degli interventi eseguiti che hanno sicuramente concorso ad una riduzione delle aree di alimentazione delle colate di fango e dei flussi iperconcentrati. Resta, tuttavia, da sottolineare che una mancanza di coordinamento tra quanti operano sul territorio comporta inevitabilmente un maggior esborso di risorse economiche ed il conseguimento di risultati meno incisivi rispetto a quelli che si conseguirebbero in presenza di azioni programmate in un quadro unitario di riferimento. A ciò va aggiunto quanto segnalato nell'esposto del Sig. Dipino in merito allo sversamento improprio di materiale di risulta nel bacino che, anche se in misura ridotta, può finire per incrementare i sedimenti mobilizzabili verso valle nel corso di eventi pluviometrici critici.

Sulla base delle precedenti considerazioni si può concludere che gli interventi ad oggi eseguiti nelle zone di monte hanno sicuramente ridotto (Q2d, Q3a) il volume dei sedimenti che altrimenti si sarebbero mobilitati nel corso dell'evento del 9 settembre 2010 e che, quindi, non sono ravvisabili responsabilità (Q2e, Q3b) specifiche per quanto accaduto tranne che per la messa a discarica abusiva di detriti in più punti del bacino secondo quanto segnalato, per esempio, nell'esposto del Sig. Dipino. Resta, tuttavia, da sottolineare come una azione sinergica tra la moltitudine di Enti che operano sul territorio potrebbe comportare importanti economie di

**spesa ed una mitigazione del rischio superiore a quella fino ad ora conseguita.**

Rimane, infine, un'ultima questione da discutere che discende dalla constatazione, già prima evidenziata, che nel territorio regionale, particolarmente gravato da problemi di rischio idrogeologico (alluvioni e frane), non è possibile disporre di tutte le ingenti risorse economiche necessarie per poter mitigare le condizioni di rischio (anche solo quelle di livello R4) mediante opere di difesa attiva o passiva (interventi strutturali).

Per poter avviare a questo stato di fatto (che tra l'altro è tipico di tutto il territorio nazionale e non solo) si sta diffondendo sempre di più una soluzione alternativa a quella degli "interventi strutturali" che, per contrapposizione, viene denominata messa in sicurezza mediante "interventi non strutturali". Si tratta sostanzialmente di sostituire alla realizzazione di opere di difesa, azioni (es. allarmi, monitoraggi, etc.) coordinate da appositi piani che consentono di limitare la perdita di vite umane durante il verificarsi di eventi critici nelle aree classificate R4.

La materia viene affrontata normativamente dalla legge 267/98 e dal D.L. 152/2006 (art. 67) che prevede l'obbligo per gli organi di protezione civile (comunali, provinciali e regionali) di redigere Piani di Emergenza ; infatti il comma 5 del citato art. 67 D.L. 152/2006 recita *"...Entro sei mesi dall'adozione dei provvedimenti di cui ai commi 1, 2, 3 e 4, gli organi di protezione civile provvedono a predisporre, per le aree a rischio idrogeologico, con priorità assegnata a quelle in cui la maggiore vulnerabilità del territorio e' connessa con più elevati pericoli per le persone, le cose e il patrimonio ambientale, piani urgenti di emergenza contenenti le misure per la salvaguardia dell'incolumità delle popolazioni interessate, compreso il preallertamento, l'allarme e la messa in salvo preventiva...."*

Il Piano di Emergenza comunale è dunque obbligatorio nei Comuni che presentano aree a rischio idrogeologico molto elevato.

La pianificazione di emergenza a livello comunale deve prevedere le procedure per l'attivazione delle strutture di Protezione Civile e l'attuazione di azioni di salvaguardia sulla base degli scenari di evento e di danno preventivamente valutati e sulla base delle Informazioni sulla evoluzione dell'evento in atto derivanti dalla Sala Operativa Regionale Unificata.

Comune di Atrani prot. 00030835 del 27-10-2022 in arrivo

Le procedure di emergenza sono articolate in diverse fasi di allerta. Il Piano di Emergenza definisce per ciascuna fase di allerta il soggetto responsabile per l'attivazione e la disattivazione della fase, le componenti del sistema di protezione civile coinvolti ed i compiti assegnati a ciascuna componente. A livello Comunale, il Sindaco attiva e disattiva le fasi di allerta sulla base delle Indicazioni del COM (Centro Operativo Misto ) e delle informazioni derivanti dal presidio territoriale e/o dalla SORU (Sala Operativa Regionale Unificata), coerentemente con quanto stabilito nel Piano di Emergenza Comunale.

Con riferimento all'evento del 9 settembre 2010 si osserva, innanzitutto, che nella Regione Campania la previsione di eventi metereologici critici su scala regionale è basata sull'elaborazione, mediante apposito modello numerico, dei dati di pioggia misurati ai pluviometri installati sul territorio, con cadenza pari a 10 min.

In particolare, tali pluviometri segnalano anche il superamento di soglie sulla base delle quali vengono definiti, dalla Sala Operativa della Protezione Civile Regionale, le condizioni di allarme; queste ultime vengono trasmettere via fax ai comuni interessati. Vale la pena precisare che le suindicate condizioni di allarme richiedono dei tempi per l'elaborazione e la trasmissione dei dati variabili tra 30min ed 1ora.

Un chiaro punto di forza delle procedure in uso è rappresentato dal controllo operato sull'intero territorio regionale in concomitanza di eventi pluviometrici critici del tipo di quello occorso nel Comune di Atrani. Una chiara testimonianza al riguardo è rappresentata dal fax protocollato in uscita alle ore 18:27 dalla Sala Operativa Regionale della Protezione Civile nel quale testualmente si legge: *"superamento del valore di soglia in fase di ALLARME 1h relativamente agli scenari di rischio per eventi pluviometrici della CLASSE I"*.

Una altrettanto chiara debolezza del sistema vigente è, viceversa, strettamente connessa con le caratteristiche degli eventi pluviometrici critici e la lontananza della sala operativa dai luoghi nei quali si stanno raggiungendo situazioni di reale pericolo. Con riferimento al primo aspetto si osserva che gli eventi luttuosi sono causati, in contesti geoambientali simili a quello di Atrani, da piogge di elevata intensità e di breve durata che si esauriscono in un lasso di tempo di un'ora circa. Ne consegue che talvolta l'allarme è diramato quando gli effetti delle piogge si sono

già manifestati per l'impossibilità insita nel sistema di fornire informazioni utili su spazi temporali molto più ridotti di quelli attuali.

Tali inconvenienti sarebbero sicuramente superati laddove si disponesse di un sistema di allarme su base locale, ovviamente implementato con protocolli ben definiti e tecnicamente basati, che renderebbero molto più agevole l'acquisizione delle necessarie informazioni sulla evoluzione degli eventi pluviometrici oltre che su altri indicatori di evento (per es. inondazione delle strade) non rilevabili a distanza e tenendo sotto controllo ampie porzioni del territorio della Regione Campania.

**Sulla base delle precedenti considerazioni, alla luce delle stazioni di misura presenti a varie quote all'interno del bacino lungo il quale scorre il torrente Dragone, ed in considerazione di quanto discusso nel paragrafo 2 in merito ai fondi impegnati sui sistemi di allarme, si può concludere che per l'aspetto in questione non sussistono, a parere degli scriventi, responsabilità di Enti e/o di singoli. Sussiste, viceversa, la assoluta necessità di procedere ad una sostanziale modifica dell'attuale sistema di previsione con l'integrazione al proprio interno di procedure atte a chiare modalità di comportamento in caso di eventi calamitosi.**

Per quanto riguarda poi il Piano di Emergenza Comunale si osserva che, sulla base delle conoscenze acquisite dagli scriventi, nel caso dell'evento del 9 settembre 2011 non è scattata in Atrani alcuna procedura tra quelle in precedenza citate. Ancora, le conseguenze dei fenomeni di alluvionamento sono stati amplificati dagli autoveicoli parcheeggiati lungo via dei Dogi che, trasportati verso valle in concomitanza della esondazione dal tratto tombato, hanno finito per ostruire in piazza Umberto I uno dei varchi principali per il deflusso delle acque frammiste a detrito.

**In merito alle conseguenze causate dall'evento del 9 settembre 2010, le precedenti considerazioni richiedono, tuttavia, ulteriori approfondimenti per tutto ciò che concerne i quesiti Q2d, Q2e, Q3a ai quali gli scriventi non sono in grado di fornire circostanziate risposte per la carenza delle informazioni e la lacunosità dei dati che è stato possibile acquisire.**

## 9. CONCLUSIONI

Gli scriventi proff. Leonardo Cascini, Michele Di Natale e Silvio Di Nocera, nella qualità di Consulenti Tecnici di Ufficio, con la presente relazione forniscono una risposta circostanziata ai quattro quesiti (Q1-Q4) formulati - per conto della Procura della Repubblica presso il Tribunale ordinario di Salerno, nell'ambito del procedimento Proc. Pen. N. 12815/10 R.G./44 - dai Sigg. S. Procuratori Dr. Mariacarmela Polito e Dr. Ernesto Sassano.

Al fine di fornire ogni elemento utile al procedimento in corso, i quattro suddetti quesiti sono stati preliminarmente suddivisi in n. 11 quesiti elementari che hanno richiesto molteplici adempimenti finalizzati alla acquisizione dei necessari elementi di valutazione (Q1a, Q1b, Q1c). Gli adempimenti svolti sono illustrati nei paragrafi 2-5, mentre i successivi paragrafi sono dedicati alle risposte fornite per i sette quesiti elementari Q2a, Q2b, Q2c, Q2d, Q2e, Q3a, Q3b.

In particolare, la "serie causale" e la "legge scientifica di spiegazione causale" dell'evento (Q2a, Q2b) sono discusse nel paragrafo 6. La prevedibilità (Q2c) dell'evento è analizzata nel paragrafo 7 che fornisce una risposta al quesito elementare facendo espressamente riferimento alle cause che hanno concorso a generare l'evento, vale a dire l'evento pluviometrico e l'evento di piena (v. paragrafo 7.2), i volumi e le portate di materiale solido (v. paragrafo 7.3), l'insufficienza idraulica del canale tombato (v. paragrafo 7.4). Infine, il paragrafo 8 inquadra in un contesto organico di riferimento: la evitabilità dell'evento (Q2d); la riconducibilità dell'evento a condotte umane, attive e/o omissive (Q2e); le azioni impeditive dell'evento e la loro concreta realizzabilità (Q3a); la eventuale erogazione di fondi, originaria destinazione, uso di cui di fatto siano stati destinati (Q3b).

Rimandando ai singoli paragrafi per una descrizione approfondita delle indagini eseguite, delle risultanze emerse dai dati acquisiti, delle analisi numeriche svolte e delle argomentazioni sviluppate in merito ad ognuno dei quesiti elementari in precedenza elencati, qui di seguito si riassumono le conclusioni alle quali si è giunti per le cause che hanno concorso a generare l'evento del 9 settembre 2010 e, più in generale, per ognuno dei quesiti posti dai Sigg. Procuratori nell'ambito del procedimento penale in corso. Per fornire ogni elemento utile ai fini di giustizia,

quesito **Q4**, i pareri espressi sono formulati alla luce della prassi consolidata in materia di gestione del rischio da frana e, più in generale, nella progettazione e realizzazione delle opere di Ingegneria Civile in Campania e sull'intero territorio nazionale.

In particolare, per la "serie causale" e la "legge scientifica di spiegazione causale" dell'evento (**Q2a, Q2b**), nel paragrafo 6 si osserva che:

**Il deflusso delle portate corrispondenti al solo apporto delle piogge (idrogramma) non ha verosimilmente dato luogo, nel corso dell'evento del 9/9/2010, a fenomeni di rigurgito del canale scatolare sotto via dei Dogi; pertanto i fenomeni di alluvionamento ascrivibili al solo contributo pluviometrico sarebbero stati molto limitati o trascurabili.**

**L'evento critico del 9/9/2010 è, quindi, riconducibile al deflusso nel canale tombato di un flusso iperconcentrato con portata eccedente le capacità idrovettrivici dello speco. In conseguenza di ciò si sono verificate nel canale condizioni di moto in pressione con rigurgito nella sezione di monte e conseguente fuoriuscita di portate di fango che hanno dato luogo al fenomeno di alluvionamento del centro urbano.**

Con riferimento alla prevedibilità dell'evento (**Q2c**), le indagini eseguite e le modellazioni svolte consentono di concludere (v. paragrafo 7) che:

**l'evento pluviometrico ed il conseguente evento di piena possono considerarsi non eccezionali e quindi critici, ma prevedibili, mentre i volumi e soprattutto le portate di materiale solido evolute verso valle non erano prevedibili su basi teoriche consolidate, nonostante l'evidenza di numerosi fenomeni occorsi nel passato sia nel Comune di Atrani e sia in località adiacenti.**

**Con riferimento poi alla insufficienza idraulica del canale si può senz'altro ritenere che, alla luce delle valutazioni effettuate (periodi di ritorno molto bassi in relazione al rischio presente) e dei dati storici (eventi già accaduti), la criticità del sistema era da ritenersi certamente prevedibile.**

**Non c'è dubbio, infatti, che la fragilità idraulica intrinseca del manufatto di deflusso possa dar luogo, in assenza di provvedimenti urgenti, ad ulteriori crisi idrauliche.**

Infine, per quanto riguarda gli altri quesiti, sulla base di tutti gli elementi acquisiti nel paragrafo 8 si osserva che:

**l'evento di alluvionamento del 9/9/2010 non era evitabile (Q2d) e che non sono ravvisabili responsabilità (Q2e, Q3b) a carico delle Autorità competenti compresa l'Autorità di Bacino Destra Sele che ha correttamente previsto, nei documenti di zonazione del rischio, la criticità del sito interessato dal fenomeno di allagamento.**

**Inoltre, gli interventi ad oggi eseguiti nelle zone di monte hanno sicuramente ridotto (Q2d, Q3a) il volume dei sedimenti che altrimenti si sarebbero mobilitati nel corso dell'evento del 9 settembre 2010 e che, quindi, non sono ravvisabili responsabilità (Q2e, Q3b) specifiche per quanto accaduto tranne che per la messa a discarica abusiva di detriti in più punti del bacino secondo quanto segnalato, per esempio, nell'esposto del Sig. Dipino. Resta, tuttavia, da sottolineare come una azione sinergica tra la moltitudine di Enti che operano sul territorio potrebbe comportare importanti economie di spesa ed una mitigazione del rischio superiore a quella fino ad ora conseguita.**

In merito alle conseguenze causate dall'evento del 9 settembre 2010, nel paragrafo 8 si osserva che:

**la previsione di eventi metereologici critici su scala regionale è basata sull'elaborazione, mediante apposito modello numerico, dei dati di pioggia misurati ai pluviometri installati sul territorio, con cadenza pari a 10 min.**

**In particolare, tali pluviometri segnalano anche il superamento di soglie sulla base delle quali vengono definiti, dalla Sala Operativa della Protezione Civile Regionale, le condizioni di allarme; queste ultime vengono trasmettere via fax ai comuni interessati. Vale la pena precisare**

**che le suindicate condizioni di allarme richiedono dei tempi per l'elaborazione e la trasmissione dei dati variabili tra 30min ed 1ora; pertanto, in contesti geoambientali simili a quello di Atrani, caratterizzati da piogge di elevata intensità e di breve durata, che si esauriscono in un lasso di tempo di un'ora circa, l'allarme potrebbe essere diramato senza un sufficiente anticipo necessario a prevenire gli eventi calamitosi.**

**Con riferimento all'evento occorso il 9 settembre 2010 nel territorio del Comune di Atrani, dalla Sala Operativa Regionale della Protezione Civile è pervenuto un fax protocollato in uscita alle ore 18:27 (cioè quasi in concomitanza con l'inizio dell'evento critico).**

**Tutti gli elementi acquisiti evidenziano che per l'aspetto in questione non sussistono responsabilità di Enti e/o di singoli. Sussiste, viceversa, la assoluta necessità di procedere ad una sostanziale modifica dell'attuale sistema di previsione con l'integrazione al proprio interno di procedure atte a chiare modalità di comportamento in caso di eventi calamitosi.**

**Infine, con riferimento ai quesiti (Q2d, Q2e, Q3a) connessi alla utilizzazione di idonei Piani di emergenza comunali, sono indispensabili ulteriori approfondimenti per la carenza delle informazioni e la lacunosità dei dati forniti agli scriventi.**

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Bonardi G, D'Argenio B. & Perrone V. (1988) Carta Geologica dell'Appennino Meridionale. Mem.Soc. Geol.It. 41, 37-102, Tav. all. in scala 1:250.000.
- Budetta P., De Luca C. (2004). Analisi delle condizioni di dissesto idrogeologico nell'area di Atrani (Salerno). Progetto IUGS - UNESCO n. 425 "Landslide Hazard Assessment and Mitigation for Cultural Heritage Sites and Other Locations of High Societal Value", Sottoprogetto n. 23 "Guidelines for the Safeguard of Cultural Heritage against Natural Risk", Fascicolo 6 "Case Studies", 28 pag., pubblicato on line: <http://www.afs.enea.it/protprev/www/cases/atrani/atrani.htm>
- Cascini L. (2004). The flowslides of May 1998 in the Campania region, Italy: the scientific emergency management. *Italian Geotechnical Journal*, 2, 11-44.
- Cascini L., Cuomo S., Della Sala M. (2011). Spatial and temporal occurrence of rainfall-induced shallow landslides of flow type. *Geomorphology*, 126, 148-158.
- Cascini L., Cuomo S., Ferlisi S., Sorbino G. (2009). Detection of mechanisms for destructive landslides in Campania region - southern Italy. First Italian Workshop on landslides (IWL 2009), 8-10 June 2009, Napoli, Italia. L. Picarelli, P. Tommasi, G. Urciuoli, P. Versace (eds.), ISBN 978-88-89972-12-0, 43-51.
- Cuomo S. (2006). Geomechanical modelling of triggering mechanisms for flow-like mass movements in pyroclastic soils. PhD dissertation at the University of Salerno, Italy, 274 pp..
- Flanagan D.C., Nearing M.A. (1995). USDA-Water Erosion Prediction Project (WEPP) Hillslope Profile and Watershed Model Documentation. NSERL Report No. 10, National Soil Erosion Research Laboratory, USDA-Agricultural Research Service, West Lafayette, Indiana.
- M. Sacchi, F. Molisso, C. Violante, E. Esposito, D. Insinga, C. Lubritto, S. Porfido and T. Tóth (2009) - Insights into flood-dominated fan-deltas: very high-resolution seismic examples off the Amalfi cliffed coasts, eastern Tyrrhenian Sea. Geological Society, London, Special Publications, vol. 322, pag. 33-71.
- Renard K.G., Foster G.R., Weesies G.A., McCool D.K., Yoder D.C. (1997). A Guide to

Conservation Planning With the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).  
In: Predicting Soil Erosion by Water: U.S. Department of Agriculture,  
Agriculture Handbook 703, Government Printing Office, SSOP, Washington, DC  
(1997), p. 404 ISBN 0-16-048938-5.

Rossi F., Villani P. (1994). Valutazione delle piene in Campania. Rapporto Regionale  
Campania, CNR-GNDICI, 1994.

Soil Conservation Service 1972. National engineering handbook, Section 4,  
Hydrology. Department of Agriculture, Washington, 762 p.

Wischmeier W.H., Smith D.D. (1978). Predicting rainfall erosion losses: a guide to  
conservation planning. USDA Agriculture Handbook, U.S. Government Printing  
Office, Washington, DC (1978) p. 537.

## **11. ELENCO APPENDICI ED ALLEGATI**

Appendice 1. Fondi erogati per la mitigazione del rischio da frana ed alluvione

Allegato 1. Rilievi fotografici e plano-altimetrici (Cd-Rom)

APPENDICE N. 1

FONDI EROGATI PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO DA FRANA ED  
 ALLUVIONE

1. ELENCO RICEVUTO DALL'AUTORITÀ DI BACINO REGIONALE DESTRA SELE (ricevuto il 14.10.2010)

 Regione Campania Autorità di Bacino Regionale Destra Sele Settore Piani e Programmi, Comitato Tecnico e Monitoraggio					
INTERVENTI PREVISTI					
ENTE ATTUATORE	LOCALITA'	IMPORTO FINANZIAMENT O		STATO DI AVANZAMENTO	NOTE
ATRAMI	VIA VALLE DEL DRAGONE	€ 171.453,69	Frana	Lavori in corso	L'intervento è stato riprogrammato. Infatti il Comune di Atrani (soggetto attuatore) rappresenta che l'intervento originario era già stato eseguito dal Genio Civile di Salerno con proprie risorse richiedendo quindi la devoluzione del finanziamento per la "prosecuzione dell'opera di bonifica sia del versante dell'avevo che della opera di sbarramento e modulazione della portale" (protocollo di intesa del 26/04/2008)  Gli interventi previsti nella conseguente progettazione sono: • pulizia e caramento materiale esistente in avico; • manutenzione straordinaria dell'opera di protezione muraria e del salto in muratura esistente; • recupero della pavimentazione. L'AdB DX sele ha espresso parere favorevole con presc. Con nota n° 264 del 12/03/2009
COMUNITA' MONTANA PENISOLA ANALFITANA	RAVELLO-ANALFIT-SCALA MANUT. E BONIFICA MONTANA T. DRAGONE	€ 252.547,42	Alluvione	100 %	Gli interventi previsti riguardano azioni di ingegneria naturalistica e si possono classificare di due tipi: - Gli interventi sono previsti nel tratto di monte del torrente (loc. S. Lorenzo) azioni di protezione degli argini laterali a mezzo di ripristino e di inserimenti di gabionate. - Gli interventi previsti nel tratto di valle del torrente (loc. Punta di Scala) azione di caramento del materiale esistente nell'avevo, di ripristino e di consolidamento di esistenti strutture di regimentazione e di contenimento;  L'AdB DX sele ha espresso parere favorevole con presc. Con nota n° 1213 del 15/07/2009 Data verbale di collaudo : 15.01.2004
COMUNITA' MONTANA PENISOLA ANALFITANA	SISTEMAZIONE IDRAULICO-FORESTALE - VALLONE DRAGONE (COMUNE DI SCALA)	1.540.000,00			Sistemazione impianti minori del Vallone Dragone in Loc. Santa Caterina (Comune di Scala) con realizzazione di un sistema di briglie in gabboni e guadi in corrispondenza di stradelli ad uso silvo-pastorale L'AdB DX sele ha espresso parere favorevole con presc. Con nota n° 2395_1506 del 15/12/2008

Comune di Atrani Prot. 00030835 del 27-10-2002 in Partenza

## 2. ELENCO RICEVUTO DAL COMUNE DI ATRANI (ricevuto il 08.11.2010)

1. **Sistemazione movimento franoso via Valle del Dragone** , importo finanziato ai sensi del D.P.R. 09.10.97 per € 171.463,69 (ex lire 332.000.000,00) con delibera dell'Autorità di Bacino Destra Sele n.5817 del 24.09.98 (Ente attuatore: Comune di Atrani; stato dell'intervento: completato).
4. **4a. Intervento di manutenzione straordinaria e pulizia del Torrente Dragone a monte del centro abitato**  
**4b. Torrente Dragone sistemazione a monte del centro abitato 2° stralcio,**  
Interventi finanziati con fondi del Dipartimento della Protezione Civile (Direttiva del PCM 29.09.05 e Ordinanza del PCM 22.12.05) importo totale di € 400.000,00 (Ente attuatore: Genio Civile di Salerno; stato dell'intervento: completato).
- b. **Interventi in alveo Torrente Dragone nel Comune di Atrani**, scheda informativa presso Autorità di Bacino Regionale Destra Sele per € 900.000,00.
  - o **Interventi di recupero e riequilibrio del litorale**, progetto preliminare in atti del Settore Regionale di Protezione Civile dal 21.09.08 per € 2.983.160,00;
  - o **Somma urgenza per la manutenzione straordinaria della scogliera frangiflutti a protezione dell'abitato di Atrani**, importo finanziato nel complesso per € 700.000,00 con delibera di G.R. n.1944 del 30.12.09 . (Ente attuatore: Comune di Atrani. Stato dell'intervento: in corso di realizzazione).

### 3. ELENCO RICEVUTO DAL GENIO CIVILE (ricevuto il 24.11.2010)

N.	Comune	Località	Anno	Descrizione Lavori - Importo
1	Ravello	Sambuco	2006	Lavori urgenti per la sistemazione idrogeologica in località Sambuco - Importo €. 150.000
3	Atrani	Torrente Dragoni a monte abitato	2006	Manutenzione straordinaria del torrente Dragone a monte del centro abitato. Direttiva PCM del 29/09/2005 ed Ordinanza PCM n. 3485 del 22.12.2005. Importo €. 400.000

### 4. ELENCO RICEVUTO DAL COMUNE DI SCALA (ricevuto il 25.11.2010)

"Progetto denominato: Interventi prioritari di difesa Idrogeologica, di adeguamento delle opere Idrauliche e di ripristino e miglioramento delle reti scolanti per il Vallone S. Caterina, per il versante retrostante al centro abitato e per il torrente Dragone e suo affluente. Finanziamento: P.O.R. Campania 200072006 - misura 1.5 - Bando di Gara indetto con D.G.R. n. 2767703 - D.D. n. 909/2005 - D.D. di finanziamento n. 505 del 19.07.2006 - n. 102 del 28.11.2006 - n. 652 del 04.08.2008 - n. 794 del 12.09.2009.

Collaudo finale delle opere eseguite: prot. N. 3119 del 24.06.2009.

Importo complessivo dell'intervento: Euro 2.219.829,36"

### 5. ELENCO RICEVUTO DALLA COMUNITÀ MONTANA DEI MONTI LATTARI (ricevuto il 17.12.2010)

Comune	Anno di riferimento	Fonte di finanziamento	Importo dei lavori eseguiti	Titolo del progetto e località	Atto di approvazione del C.R.E.
Ravello	2000	Ex L. 590/81 Eseguite in appalto	€ 65.142,20	Lavori di ripristino ed adeguamento funzionale della strada di bonifica montana Casa Bianca Fontana Caruso in agro di Ravello	Deliberazione di Giunta Esecutiva n.57 del 2000
Ravello	2000	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 51.645,69	Manutenzione alla sistemazione idraulico forestale in agro di Ravello loc. Via di Mezzo	Deliberazione di G.E. n. 254/01
Ravello	2001	Ex L. 590/81	€ 101.535,04	Lavori di ripristino ed adeguamento	Deliberazione

PROCURA DELLA REPUBBLICA PRESSO IL TRIBUNALE DI SALERNO

Proc. Pen. N. 12815/10 R.G. /44

CTU PROFF. L. CASCINI, M. DI NATALE, S. DI NOCERA

		Eseguite in appalto		funzionale della strada di bonifica montana Fontana Caruso -Via di Mezzo I° tratto in agro di Ravello	di Giunta Esecutiva n.27 del 2001
Ravello	2001	Ex L. 590/81 Eseguite in appalto	€ 139.617,47	Lavori di ripristino ed adeguamento funzionale della strada di bonifica montana Via di Mezzo in agro di Ravello	Deliberazione di Giunta Esecutiva n.70 del 2001
Ravello	2001	Ex L. 590/81 Eseguite in appalto	€ 128.559,70	Lavori di ripristino ed adeguamento funzionale della strada di bonifica montana Cerreto- Faito in agro di Ravello	Deliberazione di Giunta Esecutiva n.78 del 2001
Ravello	2001	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 30.987,41	Lavori di Manutenzione alla sistemazione Idraulica forestale in agro del comune di Ravello loc. Via di Mezzo	deliberazione di G.E. n. 126/02
Ravello	2001	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 25.822,84	Lavori di sistemazione Idraulico forestale in agro di Ravello Bacino torrente dragone	Deliberazione di G.E. n. 58/03
Ravello	2002	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 20.000,00	Lavori di Manutenzione alla sistemazione Idraulica forestale in agro dei comuni di Ravello loc Grotta di Campo	Deliberazione di G.E. n. 43/06
Ravello	2005	Ex L. 590/81 Eseguite in appalto	€ 85.913,50	Lavori di ripristino ed adeguamento funzionale della strada di bonifica montana Casa Bianca-Fontana Caruso in agro di Ravello	Deliberazione di Giunta Esecutiva n.56 del 2005
Ravello	2005	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 49.000,00	Lavori di Manutenzione alla viabilità forestale in agro del comune di Ravello Via di Mezzo	Deliberazione di G.E. n. 28/08
Ravello	2006	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 35.000,00	Lavori di Manutenzione alla sistemazione idraulica forestale in agro del comune di Ravello Via di Mezzo	Deliberazione di G.E. n. 38/08
Scala	2000	Ex L. 590/81 Eseguite in appalto	€ 35.796,94	Lavori di ripristino ed adeguamento funzionale del Vallone Santa Caterina in agro del comune di Scala	Deliberazione di Giunta Esecutiva n.100 del 2000
Scala	2001	Ex L. 590/81 Eseguite in appalto	€ 23.087,79	Lavori di ripristino ed adeguamento funzionale del Vallone Scalandrone in agro del comune di Scala	Deliberazione di Giunta Esecutiva n.203 del 2001
Scala	2001	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 30.987,41	Lavori di Manutenzione alla sistemazione idraulica forestale in agro del comune di Scala loc.	deliberazione di G.E. n. 46/05
Scala	2001	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 25.822,84	Lavori di sistemazione Idraulico forestale in agro di Scala Bacino torrente dragone	Deliberazione di G.E. n. 54/03
Scala	2002	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 41.316,00	Lavori di Manutenzione alla sistemazione idraulica forestale in agro dei comuni di Scala e Ravello testata Bacino torrente dragone	Deliberazione di G.E. n. 492/06
Scala	2003	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 28.669,61	Lavori di Manutenzione alla sistemazione Idraulica forestale in agro del comune di Scala loc. migliore	Deliberazione di G.E. n. 127/04
Scala	2003	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 28.638,54	Lavori di Manutenzione alla viabilità forestale in agro del comune di Scala loc. Via delle plane	Deliberazione di G.E. n. 173/05
Scala	2004	Ex L. 590/81 Eseguite in	€ 108.314,26	Lavori di ripristino ed adeguamento funzionale del La Rossa-Maceriello-	Deliberazione di Giunta

		appalto		Punta della Castagna	Esecutiva n.190 del 2004
Scala	2004	Ex L. 590/81	€ 155.166,75	Lavori di ripristino ed adeguamento funzionale della strada di bonifica montana Fontana Caruso I° tratto in agro di Scala	Deliberazione di Giunta Esecutiva n.189 del 2004
Scala	2004	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 34.814,21	Lavori di Manutenzione alla sistemazione idraulica forestale in agro del comune di Scala loc. Frezzi	Deliberazione di G.E. n. 128/05
Scala	2005	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 48.500,00	Lavori di Manutenzione alla viabilità forestale in agro del comune di Scala loc. via della piana	Deliberazione di G.E. n. 491/06
Scala	2006	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 42.000,00	Lavori di Manutenzione alla sistemazione idraulica forestale in agro del comune di Scala via della Piana	Deliberazione di G.E. n. 332//07
Scala	2007	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 30.000,00	Lavori di Manutenzione alla sistemazione idraulica forestale in agro del comune di Scala loc. Piana del Monastero	Determinazione Sett. B.M.. n. 208/09
Scala	2008	Ex L. 590/81 Eseguite in appalto	€ 448.421,41	Lavori di ripristino ed adeguamento funzionale di opere di bonifica montana danneggiate da piogge alluvionali dell'ottobre/novembre 1991 -Comune di Scala, Strada Petralena, Via Senite, Fontana Carosa II° tratto.	In esecuzione
Scala	2009	L.R.11/96 amministrazione diretta	€ 50.000,00	Lavori di Manutenzione alla viabilità forestale in agro del comune di Scala Via della Piana	Determinazione Sett. B.M. n. 207/010
Scala Ravello	2000	L.R.11/96 amministrazione diretta	25.822,84	Lavori di sistemazione idraulico forestale in agro di Scala-Ravello-Atrani loc. cigliano	Deliberazione di G.E. n. 114/02