

Università degli Studi di Napoli “Federico II”

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base

Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale

Corso di Laurea triennale in
Ingegneria per l’Ambiente ed il Territorio



Tesi di Laurea

Condizioni di pericolosità e rischio da frana dell’area di Sarno

Relatore

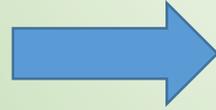
Prof. Geol. Paolo Budetta

Candidato

Marco Spagna Zito N49000481

Anno accademico 2017 – 2018

Finalità

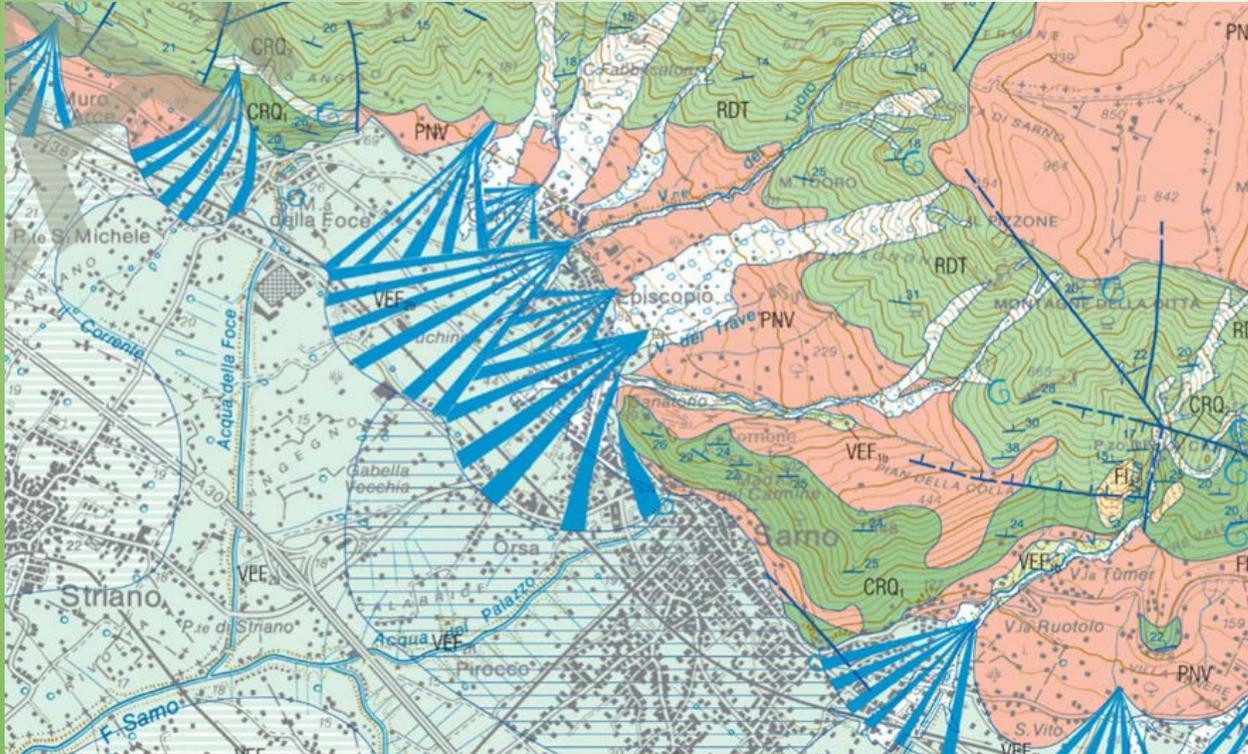


La Tesi affronta il problema del rischio idrogeologico e della pericolosità sismica nell'area di Sarno alla luce delle prescrizioni dettate dal Piano di Protezione civile comunale. Dopo una disamina delle situazioni di pericolosità e rischio che interessano il territorio, vengono dettagliatamente analizzate le diverse strategie da adottarsi in caso di emergenza, a seguito di eventi naturali catastrofici.

Sarno è il comune più esteso dell'agro nocerino-sarnese;

Il Comune ricade amministrativamente nella provincia di Salerno, si estende per circa 40 km² con un territorio compreso tra 13 e 1130 metri s.l.m ed ha una densità abitativa di 791 abitanti/Km².

I comuni limitrofi sono Castel San Giorgio, San Valentino Torio, Nocera Inferiore, Siano (SA) Lauro, Quindici (AV), Palma Campania, Striano (NA).



Carta geologica dell' area studiata

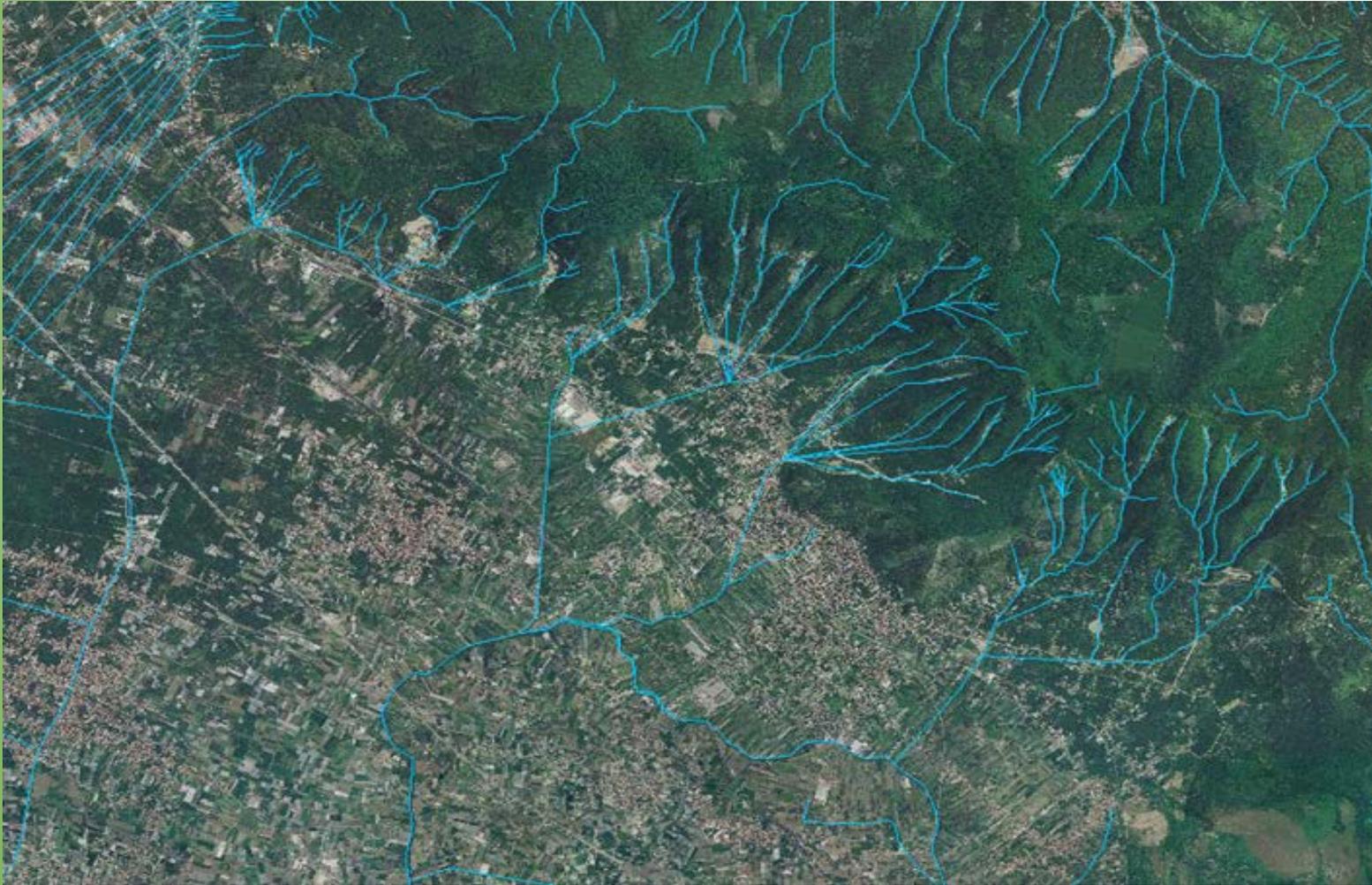
L'abitato di Sarno si estende ai piedi del monte Saro, appendice del Pizzo d'Alvano a sua volta facente parte della catena sudappenninica campana.

Dal punto di vista geomorfologico è possibile suddividere il territorio comunale in tre zone: montana, di transizione e di pianura.

Il comparto montano è costituito da una dorsale carbonatica, fagliata e suddivisa in blocchi costituita da una successione in strati e banchi, di calcari, calcari dolomitici e subordinatamente calcari marnosi. I versanti dell'intera dorsale sono ricoperti da depositi detritico-piroclastici incoerenti che derivano da eruzioni esplosive del vicino apparato vulcanico Somma-Vesuvio, sito ad una distanza di circa 20 Km verso NE dal territorio sarnese e dai Campi Flegrei.

Il comparto di pianura appartiene alla propaggine più settentrionale della piana del fiume Sarno

Il comparto di transizione coincide con la fascia di aggradazione pedemontana che funge da raccordo tra la dorsale carbonatica di Pizzo d'Alvano e la Piana alluvionale del fiume Sarno.

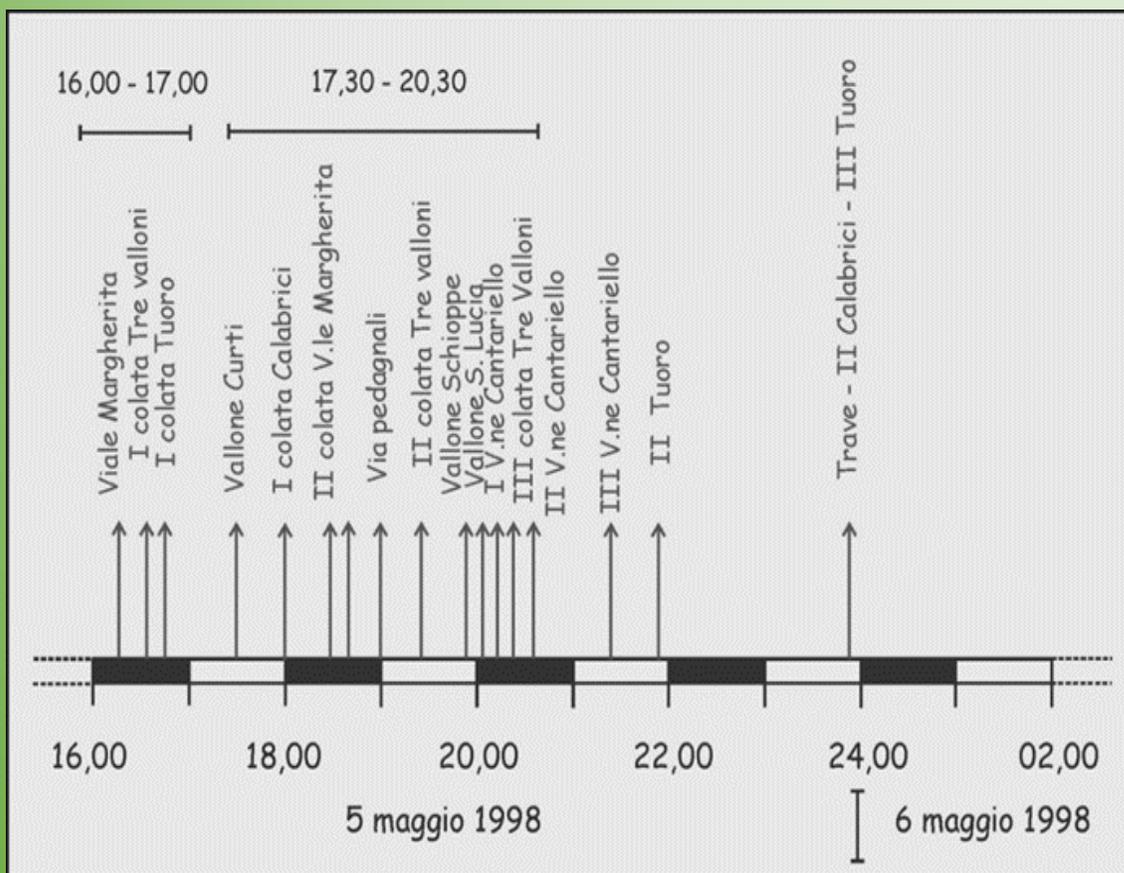
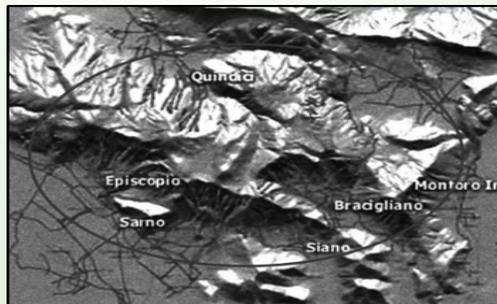


Il reticolo idrografico è caratterizzato dalla presenza di canali ad andamento rettilineo che drenano i rilievi carbonatici. Spesso questi canali seguono l'andamento delle faglie e delle lineazioni tettoniche principali, lungo le quali la roccia si presenta più fratturata e quindi maggiore è la capacità erosiva dei corsi d'acqua.

Il recapito finale delle acque superficiali è rappresentato dal corso del fiume Sarno, mentre i corsi d'acqua minori non hanno un recapito ben definito e tendono a scomparire in quanto le acque superficiali si infiltrano nei terreni detritico-piroclastici della pianura.

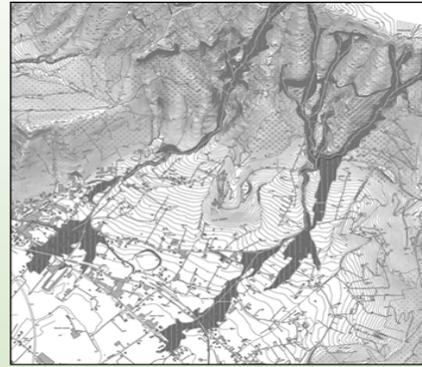
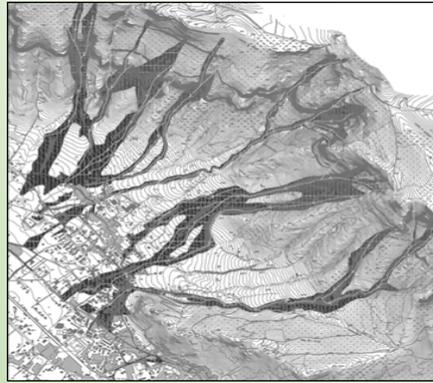
Frane a Sarno

Il 5 maggio 1998 lungo il versante meridionale del Pizzo d'Alvano, si sono verificate 19 colate rapide di fango che causarono 137 vittime. Gli altri Comuni limitrofi (Quindici, Siano e Bradigliano) furono anch'essi interessati da eventi simili che causarono altre 16 vittime.



In base ai Rapporti stilati da diverse autorità ed Enti intervenuti sui luoghi, è stato possibile ricostruire l'orario di accadimento dei singoli fenomeni e quindi la successione dei diversi fenomeni franosi. Molto probabilmente se l'ordine di evacuazione alla popolazione fosse stato diramato entro le 17:00, si sarebbero potute salvare quasi tutte le vittime accertate; se l'evacuazione fosse stata ordinata entro le 20:00, si sarebbero salvate almeno 100 persone; se l'evacuazione fosse avvenuta entro le 22:00, si sarebbero salvate almeno 89 persone; se l'ordine di evacuazione fosse avvenuta prima delle 24:00, non si sarebbero perdute altre 15 vite (nell'Ospedale di Villa Malta). Purtroppo, la concitazione del momento e la mancanza, da parte delle Autorità locali, della messa in atto del Piano di Protezione Civile Comunale approvato, ha causato una catastrofe che, almeno in parte, si sarebbe potuta evitare.

Zone d'innescò,
scorrimento ed
accumulo per
alcune colate
dell' area di
Sarno



Si riportano alcuni esempi relativi a colate del tipo incanalato e di versante aperto innescatesi in corrispondenza di cornici di morfoselezione, di tagli stradali e di altra origine antropica.



Questi fenomeni sono caratterizzati dalla presenza di zone di distacco di limitate dimensioni (alcuni m³) e localizzate in corrispondenza di tagli antropici, alla sommità di scarpate di morfoselezione in corrispondenza di concavità morfologiche.

A valle si sviluppa una zona di transito che coinvolge superfici molto più ampie con mobilitazione di volumi di materiale che possono arrivare a molte decine di migliaia di metri cubi.

Alla zona di transito segue l'area di recapito (o di accumulo) del materiale franato.

Si tratta di particolari colate detritiche che si sviluppano su versanti aperti con valori di pendenza > 40° - 45°, da molto rapide ad estremamente rapide. Assumono di solito forme triangolari e sono caratterizzate da notevole ampliamento monte-valle

Sarno - debris avalanche a forma di triangolo isoscele in materiali piroclastici, con dilavamento del pendio e successivo «svuotamento» di un impluvio sottostante in precedenza sepolto

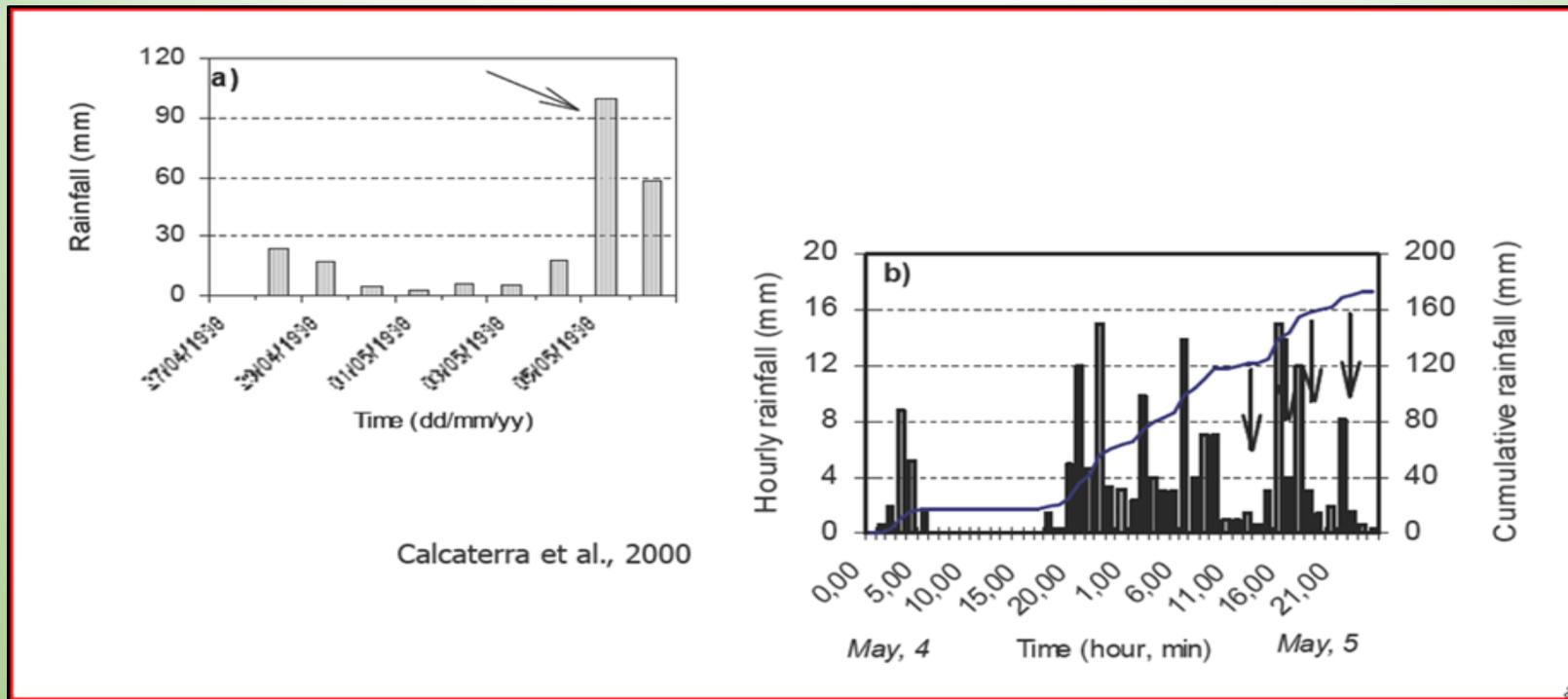
L'innescò si è avuto a valle di una cornice di morfoselezione



Il materiale scorre in un impluvio preesistente, talora ingrossandosi per effetto dell'arrivo di altro materiale da alvei tributari. Vi è asportazione dal fondo del canale e dai fianchi. A valle, è possibile la formazione di una conoide, laddove la pendenza si riduca.

Sarno - debris torrents in materiali piroclastici, con apporto laterale ed erosione di fondo

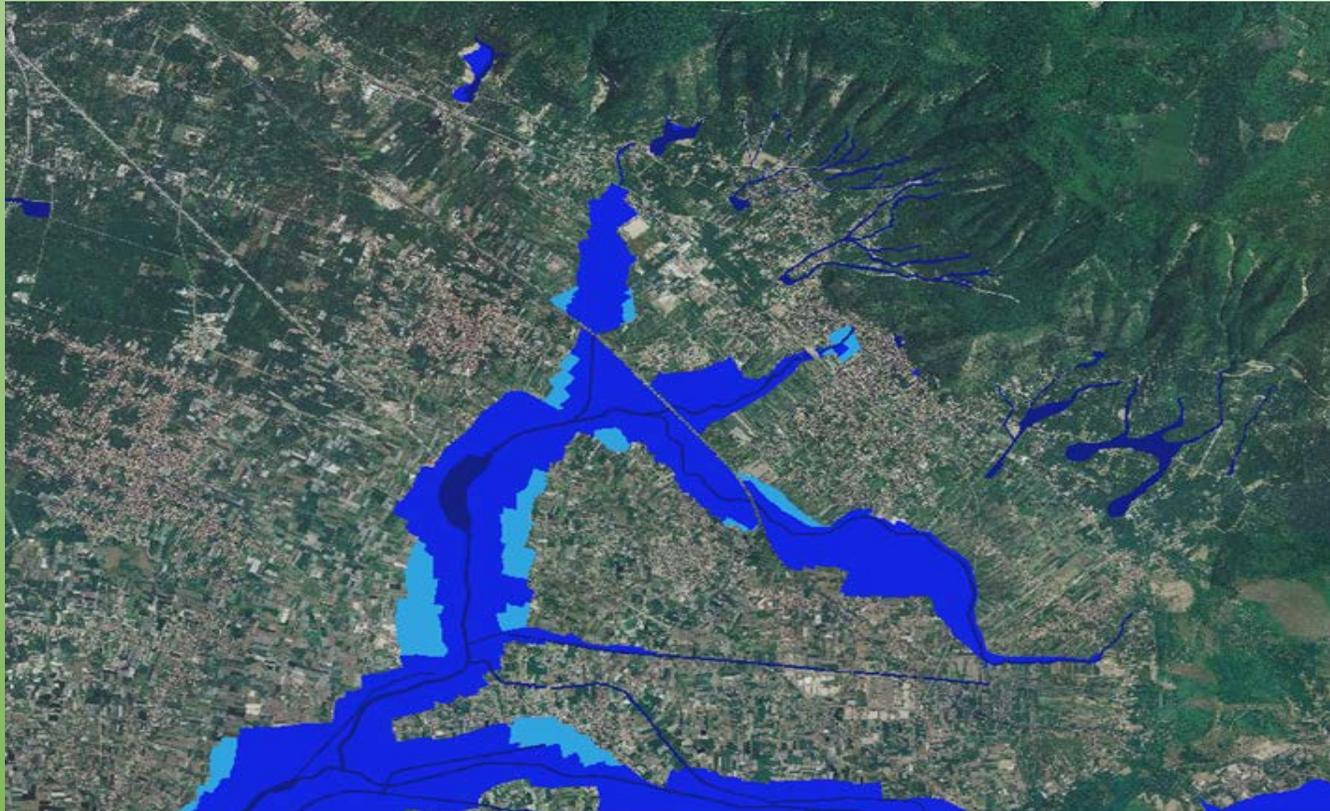




Sulla base dei dati pluviometrici registrati, è stato calcolato che le piogge antecedenti, dal 28 aprile al 3 maggio 1998, ammontarono a 61,4 mm. L'evento del 5 maggio invece mostrò un primo scroscio intenso tra le 00:00 e le 05:00 del 4 maggio. Dopo un'interruzione di circa 11 ore, è piovuto interrottamente fino al mattino del 6 maggio. L'andamento della pioggia suggerisce l'evenienza di una pioggia intensa ma non particolarmente eccezionale, in contrasto con la severità dei fenomeni franosi verificatisi.

Un'altra emergenza naturale è costituita da possibili **fenomeni alluvionali** che possono interessare le aste vallive dei corsi d'acqua della zona. Spesso quest'ultimi presentano sezioni di deflusso insufficienti in relazione alle portate convogliate oppure sono caratterizzate da ostruzioni e restringimenti dovuti ad arginature e tombature.

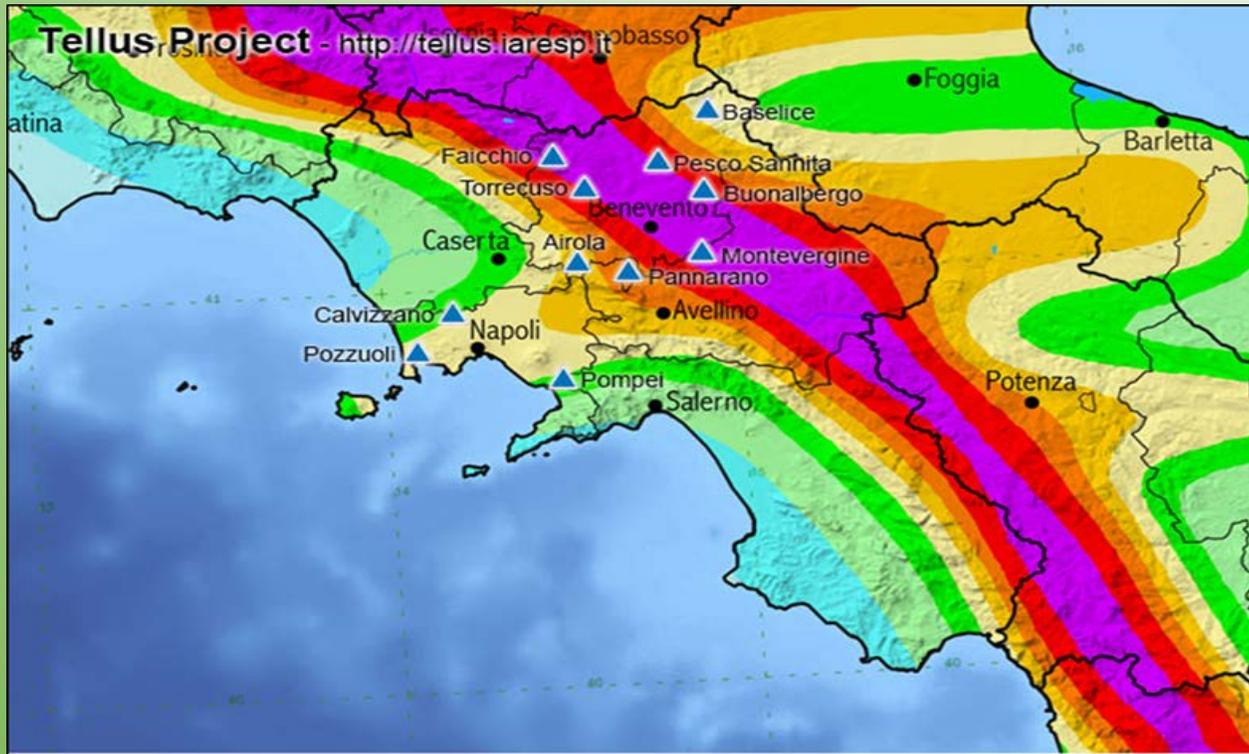
Di seguito, si riporta la mappa della pericolosità idraulica del territorio studiato. Le aree a maggior pericolosità si identificano nelle zone pedemontane e nelle aree a cavallo del corso del fiume Sarno.



Un'altra possibile emergenza è costituita dall'accadimento di **eventi sismici**.

Come noto, i terremoti sono prodotti dalla formazione o dalla riattivazione di faglie preesistenti secondo il modello del rimbalzo elastico (*elastic rebound*).

L'area studiata ricade in un settore della catena appenninica caratterizzato da elevata pericolosità sismica.



Mapa di pericolosità sismica della regione Campania



Per il territorio studiato la **pericolosità sismica**, espressa come massima accelerazione attesa (PGA) con probabilità di accadimento del 10% in 50 anni ricade nel range $0.125 - 0.175 g$ dove g è l'accelerazione di gravità.

Pericolosità

“Probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo di determinata intensità si verifichi in un dato periodo di tempo ed in una data area”

$$H = f (I ; F)$$

H = Pericolosità (hazard);

I = Intensità del fenomeno
franso;

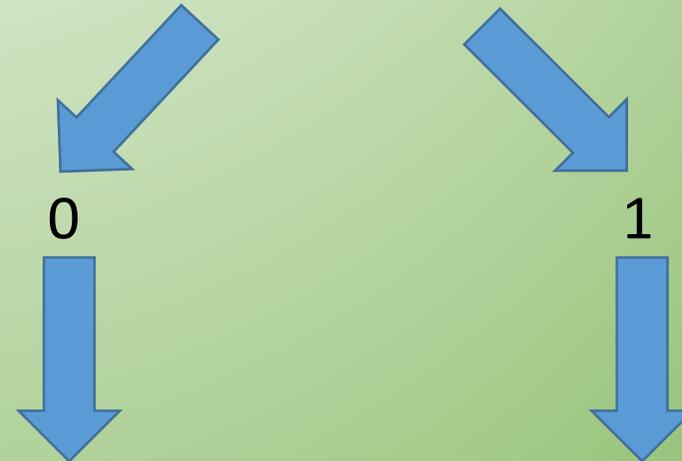
F = Frequenza di
accadimento;

Vulnerabilità

“Il grado di danneggiamento e/o perdita di un elemento a rischio determinato dall'occorrenza di un fenomeno potenzialmente pericoloso di una data intensità”

$$V = f (E ; I)$$

E= Elementi a rischio



NESSUNA PERDITA

PERDITA TOTALE

Il Rischio

“Una misura della probabilità di conseguenze sfavorevoli sulla salute, sulle proprietà e sulla società, derivanti dall'esposizione ad un fenomeno pericoloso (hazard) di un certo tipo e di una certa intensità, in un certo lasso di tempo ed in una certa area”

Per quanto riguarda un fenomeno naturale quale è una frana, possiamo distinguere rischio specifico (RS) e rischio totale (R).

RS è definito come “Il grado di perdita attesa quale conseguenza di un particolare fenomeno naturale di una data intensità”

$$RS = H \cdot ES \cdot V = P_i \cdot V$$

H:Pericolosità; ES:Esposizione al rischio; V:Vulnerabilità; P_i :Probabilità d'impatto

R invece è definito come “il valore atteso delle perdite umane, dei feriti, dei danni alle proprietà e delle interruzioni delle attività economiche dovuti ad un certo fenomeno naturale”

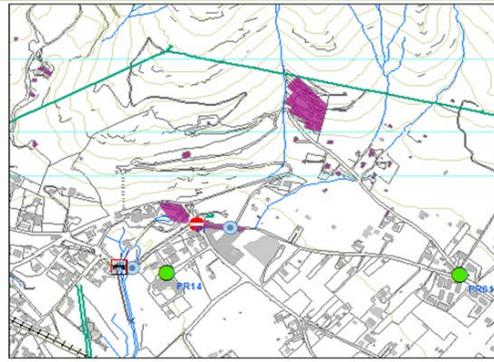
$$R = RS \cdot W = P_i \cdot WL$$

W:Valore degli elementi a rischio; $WL = V \cdot W$:Danno potenziale(Costo e/o perdite)

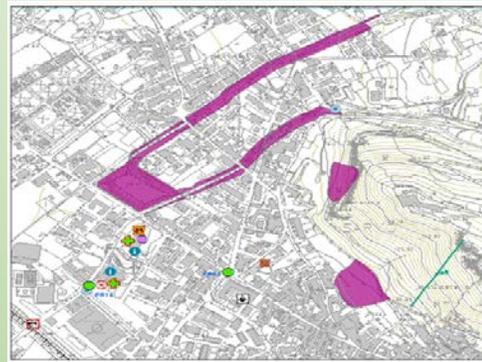
Rischio frane

Per quest'ultimo il riferimento è alla cartografia del PSAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico) redatto dall'Autorità di Bacino Campania Centrale (ex Sarno), aggiornato a marzo 2015.

Detta cartografia individua sul territorio studiato alcune zone a rischio elevato R3 e molto elevato R4; in particolare si segnalano:



- Grotta dell'olio



- via Sarno Palma



- San Martino



- Corso Umberto I



- via S. Vito e via Bracigliano



- via Fiorentini

Rischio idraulico

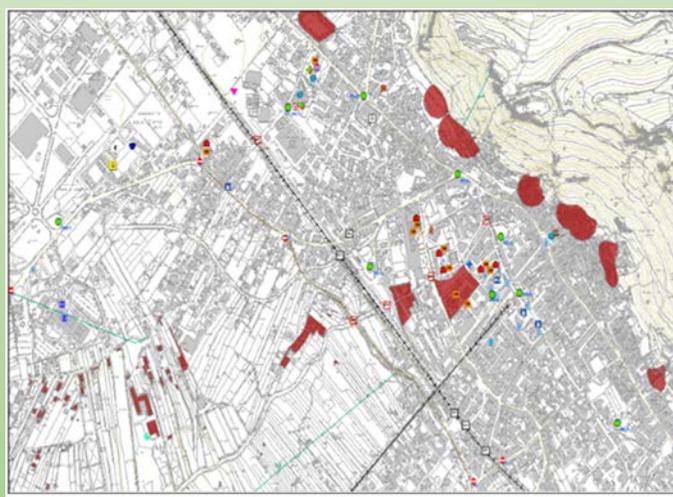
Il rischio idraulico, da intendersi come rischio di inondazione da parte di acque provenienti da corsi d'acqua naturali o artificiali.

Per il rischio idraulico l'individuazione delle aree scaturisce dall'analisi dei precedenti storici e dai Piani Stralcio di Assetto Idrogeologico (PSAI) elaborati dalle Autorità di Bacino, ed in particolare, per la perimetrazione delle aree, dalle Carte di Rischio.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico redatto dall'Autorità di Bacino Campania Centrale (ex Sarno), aggiornato a marzo 2015, individua sul territorio comunale di Sarno alcune zone a rischio elevato R3 e molto elevato R4; in particolare si segnalano:



- Zona V.lla Catapano e Acqua della Foce



- Zona del centro del capoluogo



- Zone lungo il confine con San Valentino Torio

L'Allertamento

La prima misura di salvaguardia consiste nel poter contare su di un efficace sistema d'allertamento.

La sua gestione è assicurata dal Dipartimento della Protezione Civile regionale attraverso la rete dei Centri Funzionali.

La Regione Campania, dotata di procedure di allertamento all'occorrenza emanate, emette periodicamente **bollettini** e **avvisi** per il rischio idraulico ed idrogeologico.

Nel sistema di allertamento si definiscono i diversi livelli di **criticità** divisi in: **ordinaria, moderata ed elevata**.

A questi tre livelli di criticità corrispondono definiti scenari che possono verificarsi sul territorio.

Gli scenari sono stabiliti in base alle previsioni per zone di allerta degli eventi meteorologici attesi (tipologia e severità dell'evento e relativi effetti).

Le zone di allerta di interesse per la Regione Campania sono 8, Il Comune di Sarno rientra nella Zona di Allerta 3 (Penisola sorrentino –amalfitana, Monti di Sarno e Monti Picentini) ed è a Rischio Colate di Fango.

Sistema di allertamento regionale

(D.P.G.R. n. 299/2005)

	ZONA DI ALLERTA 1 - Piana Campana, Napoli e Isole, Area Vesuviana Superficie: 2147 Km ²
	ZONA DI ALLERTA 2 - Alto Volturno, Matese Superficie: 2839 Km ²
	ZONA DI ALLERTA 3 - Penisola Sorrentino-Amalfitana, Monti di Sarno, Monti Picentini Superficie: 1619 Km ²
	ZONA DI ALLERTA 4 - Sannio Superficie: 3361 Km ²
	ZONA DI ALLERTA 5 - Alto Sele Superficie: 1018 Km ²
	ZONA DI ALLERTA 6 - Piana del Sele, Alto Cilento Superficie: 1854 Km ²
	ZONA DI ALLERTA 7 - Vallo di Diano Superficie: 1773 Km ²
	ZONA DI ALLERTA 8 - Basso Cilento Superficie: 821 Km ²



Classi di rischio

Nel territorio della Regione Campania gli eventi di dissesto idraulico ed idrogeologico (frane) sono essenzialmente dovuti ad eventi pluviometrici critici distinguibili in sei classi.

Le due classi che interessano il territorio di Sarno sono:

1) eventi pluviometrici con intensità elevata in intervalli temporali di durata 0 ÷ 6 ore, che possono generare situazioni di crisi in bacini di estensione inferiore a 100 km².



Gli scenari prevalenti di rischio per eventi pluviometrici di prima classe sono associati a piene improvvise con trasporto intenso di detriti negli impluvi naturali e nella rete di drenaggio urbana.

6) eventi pluviometrici con intensità elevata in intervalli temporali di durata 24 ÷ 72 ore, critici per frane superficiali e colate rapide di fango.

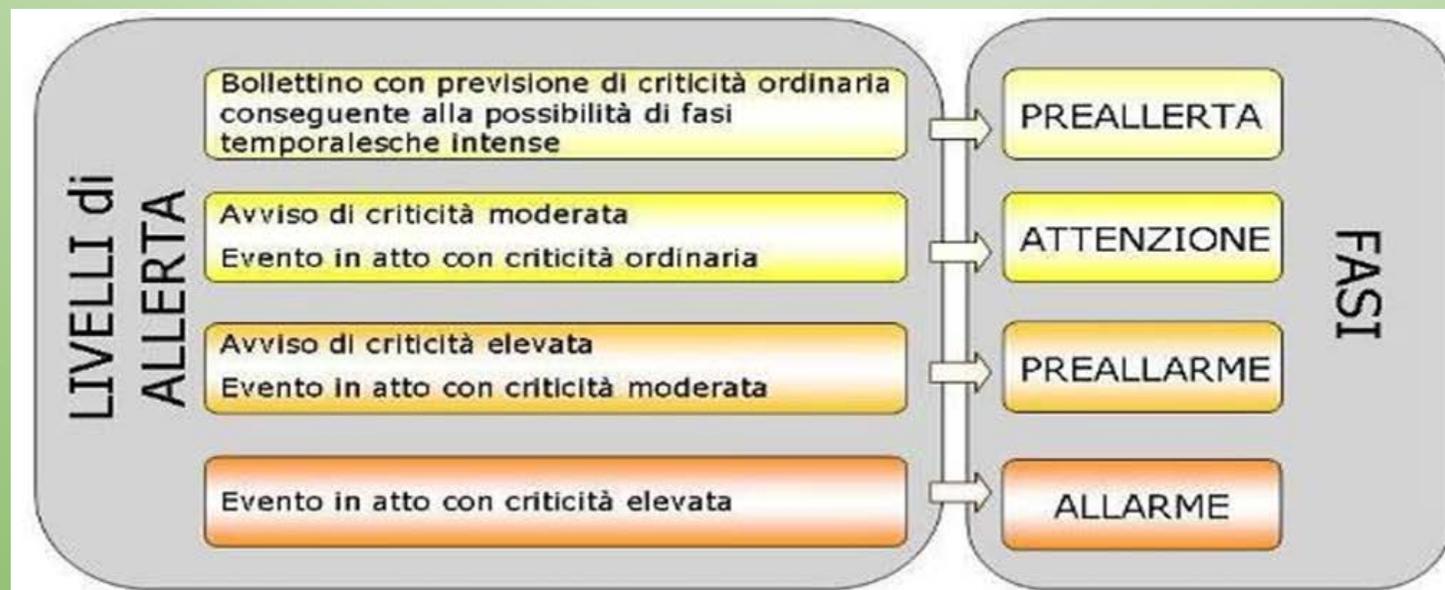


Gli scenari prevalenti di rischio per eventi pluviometrici di sesta classe sono riconducibili a colate rapide di fango generate da frane superficiali nelle coltri piroclastiche della Campania.

Stati d'allerta

A seconda del raggiungimento e/o superamento delle soglie pluviometriche, registrate dai 2 pluviometri siti a Sarno, devono essere pianificati e fatti corrispondere livelli di allerta del sistema di Protezione Civile, che attiveranno le azioni del piano di emergenza.

Il modello di intervento in caso di alluvioni prevede tre diverse fasi di allerta che vengono precedute da una fase di preallerta e attivate in riferimento alle soglie di criticità secondo lo schema seguente:



Edifici strategici

Gli edifici strategici sono quei complessi edilizi (edifici pubblici, luoghi di culto, impianto sportivi) che, in caso di eventi calamitosi, devono garantire al massimo l'incolumità delle persone. Inoltre, durante le fasi più critiche dell'emergenza devono poter essere accessibili e frequentabili essendo agibili in tutte le loro pertinenze.



Fasi di pianificazione

Il sistema di allertamento prevede che le comunicazioni raggiungano in breve tempo il Sindaco (nella sua qualità di primo responsabile della Protezione civile).

Il Sindaco, per garantire il coordinamento delle attività di protezione, si avvale dell'intera struttura comunale e delle competenze specifiche delle diverse strutture operative presenti in ambito locale, nonché di aziende erogatrici di servizi.

A tal fine nel piano di emergenza sono individuati un numero minimo di responsabili comunali, Sindaco compreso, che dovranno costituire:

- **il Presidio Operativo**
- **Centro Operativo Comunale (COC)**

Presidio operativo

Il Sindaco, a seguito dell'allertamento, attiva un presidio operativo h24, composto dal referente della funzione tecnica di valutazione e pianificazione, o di altra funzione.

Il presidio operativo, deve garantire il rapporto costante con Regione, Provincia e Prefettura-U.T.G e informare, ed eventualmente richiedere, l'intervento, tramite il Sindaco, dei referenti delle strutture che operano sul territorio.

Il Centro Operativo Comunale

Il Centro è organizzato in “funzioni di supporto”, specifici ambiti di attività che richiedono l’azione congiunta e coordinata di soggetti diversi e per ciascuna è individuato un responsabile.

Grazie all’individuazione delle funzioni di supporto e i relativi responsabili, si raggiungono due distinti obiettivi:

- 1) Avere per ogni Funzione di Supporto un quadro delle disponibilità di risorse fornite da tutte le Amministrazioni Pubbliche e Private che concorrono alla gestione dell’emergenza;
- 2) Affidare ad un Responsabile di ciascuna Funzione di Supporto sia il controllo della specifica operatività in emergenza, sia l’aggiornamento dei dati nell’ambito del piano di emergenza;

....a Sarno

A Sarno il Centro Operativo Comunale approvato con Ordinanza Sindacale n. 30431 dell'11 dicembre 1998, aggiornato con Decreto Sindacale n.14230 del 29/07/2014 è organizzato secondo le seguenti 5 Funzioni di supporto (accorpate rispetto alle 9 tradizionali):

- 1) Tecnico Scientifica, Materiali e Mezzi, Servizi Essenziali, Censimento danni a persone e cose, Monitoraggio del territorio (tecnici), Interventi sul territorio, Allarme alla popolazione, Pronto Intervento.
- 2) Assistenza alla Popolazione, Logistica Evacuati, Aree di Accoglienza, Volontariato
- 3) Pianificazione, Segreteria, Gestione dati, Telecomunicazioni, Informazione
- 4) Sanità, Assistenza Sanitaria, Veterinaria
- 5) Trasporto, Circolazione, Viabilità, Comunicazioni di Emergenza.

Salvaguardia della popolazione

Per garantire l'immediata attivazione dell'allarme verso la popolazione in caso di pericolo e dell'avvio della procedura di evacuazione ci si può dotare di dispositivi locali di allarme o comunicare per via telefonica e/o porta a porta.

Per garantire l'efficacia delle operazioni di allontanamento della popolazione, con la relativa assistenza, il piano deve prevedere un aggiornamento costante del censimento della popolazione presente nelle aree a rischio, con particolare riguardo alla individuazione delle persone non autosufficienti.

Vengono definite le **aree di emergenza** suddivise in:

- **Aree di attesa:** per la prima assistenza alla popolazione immediatamente dopo l'evento calamitoso oppure successivamente alla segnalazione della fase di preallarme.
- **Aree di accoglienza:** per accogliere ed assistere la popolazione allontanata dalle proprie abitazioni.
- **Aree di ammassamento:** per la raccolta di uomini e mezzi necessari alle operazioni di soccorso alla popolazione.

Conclusioni

L'evento alluvionale accaduto a Sarno nel Maggio del 1998, ha evidenziato come i cambiamenti climatici associati alle caratteristiche del territorio, all'antropizzazione e alla scarsa manutenzione dei canali, hanno reso il territorio maggiormente vulnerabile ad eventi catastrofici di carattere idrogeologico.

Dallo studio effettuato, è risultato che un aspetto fondamentale in tutti gli studi sul rischio consiste nell'elaborare la giusta strategia di intervento in funzione del rapporto costi-benefici, ossia individuando quali sono gli interventi possibili che diano i maggiori vantaggi con la minore spesa.

Conoscere i rischi e intervenire per ridurli vuol dire, quindi, operare una corretta pianificazione del territorio: è indispensabile, infatti, che l'uso del territorio avvenga in maniera armonica e funzionale, in modo da salvaguardare i suoi valori fisici, storici e culturali, coniugandoli con le esigenze di vita ed economia della comunità. E' fondamentale dunque, un sistema di allertamento e sorveglianza in grado di attivare per tempo l'organismo di protezione civile, il quale ha come mansioni principali proprio la mitigazione del rischio il contrasto e il superamento dell'emergenza e il soccorso delle popolazioni eventualmente colpite.

Allertamento, pianificazione, formazione, informazione alla popolazione, esercitazioni e applicazione della normativa tecnica sono quindi i principali strumenti di protezione civile per la prevenzione dai rischi sul territorio e hanno l'obiettivo di evitare o limitare i danni in caso di emergenza.

L'identificazione preventiva delle calamità attese, e la riduzione del rischio di tali calamità, possono ridurre in maniera significativa gli effetti di queste ultime e i relativi costi di risanamento. Un'efficace misura di riduzione del rischio consiste nella predisposizione di specifiche carte del rischio per regolamentare le attività di costruzione in aree vulnerabili. Nelle aree individuate in tali carte, i piani di sviluppo edilizio dovrebbero adeguarsi a disposizioni di legge calibrate in funzione del grado di esposizione al rischio. Precise indicazioni relative a calamità incombenti possono essere ottenute mediante l'installazione in suddette aree di sistemi di monitoraggio e di allerta, che consentirebbero di salvare vite umane e di contenere l'entità dei danni.



GRAZIE DELL'ATTENZIONE