

### 3.1.3. Caratteristiche tecniche dei terreni

Le indagini geognostiche eseguite nel territorio comunale di Anacapri hanno evidenziato la presenza di diversi tipi di terreno che, con particolare riferimento alla loro origine e natura, si possono così raggruppare (dall'alto verso il basso):

- A) Piroclastiti rimaneggiate;
- B) Tufo grigio campano;
- C) Detrito e brecce calcaree;
- D) Calcari e calcari dolomitici.

**A) Piroclastiti rimaneggiate:** Rientrano nella definizione i prodotti eruttati in varie fasi dai vulcani dell'area napoletana (prima e dopo la deposizione del Tufo Grigio Campano) e accumulatisi, talvolta, in alternanza ai materiali detritici calcarei. Ai fini del presente studio, sono importanti in quanto si identificano in modo prevalente con i terreni di copertura. Sono per lo più rimaneggiate perché, dopo la deposizione, hanno subito l'azione degli agenti esogeni. Sono costituite da sabbie, lapilli, pomici e ceneri e presentano, all'interno del banco, frequenti livelli humificati a testimonianza di paleosuoli formatisi nelle fasi di quiescenza tra i diversi cicli eruttivi che hanno caratterizzato l'attività dei vulcani napoletani.

Da un punto di vista granulometrico possono essere classificate in un campo piuttosto ampio che va dal “limo con sabbia e con argilla debolmente ghiaioso” alla “sabbia con ghiaia e con limo debolmente argillosa” (Cfr.: Appendice – Certificati delle prove di laboratorio). Come si vede le frazioni fini (limo e argilla) sono sempre presenti, a volte predominano, a testimoniare il grado più o meno spinto di rimaneggiamento delle piroclastiti. La frazione più grossolana (ghiaia), quasi sempre presente, rappresenta il contenuto più o meno variabile di pomici.

Per la determinazione delle caratteristiche fisiche valgono i risultati delle prove di laboratorio (Cfr.: Appendice) che sono riportate nella Tabella 3.1 e dalla quale risulta:

$$W = 18.65 - 34.76 \% \text{ (contenuto d'acqua naturale)}$$

$$\gamma = 1.43 - 1.66 \text{ t/m}^3 \text{ (peso di volume naturale)}$$

$$\gamma_g = 2.46 - 2.53 \text{ t/m}^3 \text{ (peso specifico dei grani)}$$

$$e = 1.02 - 1.39 \text{ (indice dei vuoti)}$$

$$n = 50.49 - 58.12 \% \text{ (porosità)}$$

$$S_r = 43.51 - 84.82 \% \text{ (grado di saturazione).}$$

Nella stessa Tabella 3.1 sono riportate pure le caratteristiche meccaniche determinate per mezzo di prove di taglio diretto. Da queste risulta:

$$\varphi = 33^\circ - 36^\circ \text{ (angolo di attrito interno efficace)}$$

$$c = 0.01 - 0.03 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (coesione).}$$

Gli intervalli dei valori evidenziano una variabilità puntuale delle caratteristiche geotecniche già emersa, peraltro, nella descrizione granulometrica.

Nella Tabella 3.2, invece, sono elencate le caratteristiche meccaniche delle Piroclastiti rimaneggiate ricavate da prove S.P.T. (Standard Penetration Test) eseguite a diverse profondità durante l'esecuzione delle perforazioni dei sondaggi. L'elaborazione dei dati è stata effettuata ponendo  $\gamma = 1.5 \text{ t/m}^3$  (Cfr.: Appendice - Certificati prove di laboratorio), i parametri geotecnici ricavati dalle prove S.P.T. sono :

- la densità relativa ( $D_r$ ) deducibile essenzialmente dalla correlazione di Gibbs – Holtz (1957) e dalle sue successive modifiche Peck – Bazaraa (1969)
- L'angolo di attrito efficace ( $\phi'$ ), stimato alle differenti profondità, in base alle correlazioni di De Mello (1971) (tra il numero dei colpi  $N$ , la pressione litostatica effettiva  $\sigma'$  e l'angolo di attrito  $\phi$ ), Schmertmann (1977) (tra  $D_r$ ,  $\phi$  e la granulometria) e Meyerhof (1974) (tra la resistenza alla punta  $R_p$  e  $\phi$ ).
- Il modulo di deformazione(Young) drenato ( $E'$ ) (Webb, 1970)
- Il modulo edometrico di deformazione ( $M_o$ ) (Begemann, 1974 e Webb, 1969).

I valori medi così ricavati consentono di caratterizzare le piroclastiti nel modo seguente:

- TERRENO “MODERATAMENTE ADDENSATO”
- DENSITÀ RELATIVA  $DR = 0.48$
- ANGOLO DI ATTRITO EFFICACE  $\varphi' = 32^\circ$
- COESIONE =  $0.0 \text{ Kg/cm}^2$
- MODULO DI DEFORMAZIONE  $E = 79 \text{ Kg/m}^2$
- MODULO EDOMETRICO  $M_o = 69 \text{ Kg/m}^2$ .

**B) Tufo grigio:** Come già specificato, si tratta di una piroclastite che ha assunto, durante o immediatamente dopo la deposizione, caratteristiche litoidi o pseudolitoidi, anche se, nel sottosuolo dell'area indagata, sono presenti solo i livelli e/o le sacche scarsamente litificate.

In generale, da un punto di vista geotecnico, il tufo grigio viene definito come una “roccia tenera” tant'è, che quando viene carotato, i campioni prelevati risultano avere l'aspetto di una “terra sciolta” (Cfr.: Foto campionatura sondaggi e Prospetti stratigrafici).

E' stato rinvenuto solo nel sondaggio S6 tra le profondità di 8.30 m e 9.50 m dal p.c., né sono stati rilevati affioramenti significativi.

Il Tufo grigio è presente nel sottosuolo del territorio comunale in aree molto limitate, solo in profondità e per spessori davvero esigui. Pertanto, da un punto di vista meramente geotecnico e a vantaggio della sicurezza, il Tufo

può essere assimilato alle piroclastiti rimaneggiate adottandone i relativi parametri fisico-meccanici.

**C) Detrito e brecce calcaree:** E' costituito da ciottoli e brecce provenienti dall'erosione dei rilievi carbonatici presenti nella zona orientale del territorio comunale (M.te Solaro, M.te Cappello e M.te Barbarossa), frammisti a sabbie e limi sempre di origine calcarea o, a luoghi, a materiale piroclastico. Spesso la massa si presenta cementata e pseudostratificata tanto da confondersi con i calcari sottostanti.

Da un punto di vista granulometrico possono essere classificate in un campo piuttosto limitato che va dalla "ghiaia con sabbia debolmente limosa" alla "ghiaia sabbiosa debolmente limosa" (Cfr.: Appendice – Certificati prove di laboratorio). Come si vede predominano le frazioni più grossolane (ghiaia) rappresentate proprio dalla presenza dei clasti calcarei, le frazioni più fini (sabbia e limo) sono sempre presenti e rappresentano la matrice della massa che è presente in percentuali più o meno abbondanti.

Nella Tabella 3.3 sono riportate le caratteristiche meccaniche delle Brecce calcaree ricavate da prove S.P.T. (Standard Penetration Test) eseguite a diverse profondità durante l'esecuzione delle perforazioni dei sondaggi. L'elaborazione dei dati è stata effettuata ponendo  $\gamma = 1.9$

**E) Calcari e calcari dolomitici:** Si tratta di rocce con fratturazione variabile che hanno risentito in modo vistoso degli stress derivanti dalle dislocazioni tettoniche. Le caratteristiche fisico-meccaniche permangono comunque buone anche se, in aree dove il grado di fratturazione è molto spinto, esse subiscono un notevole decremento.

Nella Tabella 3.4 sono riportati i parametri ricavati dalle prove di laboratorio effettuate su campioni di roccia prelevati nel corso dei sondaggi (Cfr.: Appendice – Certificati prove di laboratorio). I valori medi così ricavati sono i seguenti:

$$\gamma = 2.62 \text{ t/m}^3 \text{ (peso di volume naturale)}$$

$$\sigma_r = 615 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (resistenza a rottura)}$$

Dall'analisi dei dati bibliografici esistenti in materia, a calcari con le caratteristiche sopra evidenziate si possono associare valori di  $\varphi$  (angolo di attrito) compresi tra  $35^\circ$  e  $45^\circ$  e valori di  $c$  (coesione) compresi tra 3 e 5  $\text{Kg/cm}^2$ .

Sono assimilati ai calcari, dal punto di vista geotecnico, i terreni detritici ben cementati.

E' noto che il comportamento meccanico degli ammassi rocciosi dipende essenzialmente dalle caratteristiche fisiche e geometriche delle discontinuità (giunti, fratture, ecc.) presenti nell'ammasso stesso.

Va rimarcato che la caratterizzazione geotecnica dei terreni definita in questo paragrafo ha un carattere puramente

indicativo, perchè riferita ai siti ed alle profondità in cui è stata effettuata la prova. E' noto, infatti, che *“il riconoscimento dei terreni interessati da opere di fondazione, di scavo e/o sostegno e la determinazione delle loro proprietà fisico-meccaniche non solo non possono essere semplicemente qualitativi o fondati su un generico apprezzamento della costituzione del sottosuolo, ma devono essere riferiti a quello specifico problema e pertanto le indagini e gli studi applicativi di carattere puntuale, sono da svolgere caso per caso”* (A. Croce – Il sottosuolo della città di Napoli nei riguardi dei problemi geotecnici. A.G.I., 8° Convegno di geotecnica, Cagliari 6-7 febbraio 1967).



Sond (n)	campione (n)	PROF (m)	$\gamma$ ( $\text{t/m}^3$ )	$\gamma_s$ ( $\text{t/m}^3$ )	W (%)	e	n (%)	S (%)	$\phi$ (°)	c ( $\text{Kg/cm}^2$ )	GRANULOMETRIA
1	SPT 1	1.50 - 1.95		2.50							Sabbia con limo debolm. ghiaiosa
	SPT 2	4.50 - 4.95									Ghiaia con sabbia debolm. limosa
	SPT 3	7.50 - 7.95									Ghiaia con sabbia debolm. limosa
	SPT 4	10.50 - 10.95									Ghiaia con sabbia debolm. limosa
2	SPT 1	1.00 - 1.45		2.48							Limo con sabbia e con argilla, debolm. ghiaioso
3	C 1	1.50 - 1.80	1.43	2.46	18.65	1.05	51.14	43.51	36	0.01	Sabbia limosa debolm. argillosa
	SPT1	2.00 - 2.45		2.46							Limo con sabbia argilloso debolm. ghiaioso
	SPT2	4.00 - 4.45		2.49							Sabbia limosa debolm. argillosa
	SPT3	5.50 - 5.95		2.50							Limo con sabbia debolm. argilloso
4	C 1	0.80 - 1.10	1.39	2.50	32.31	1.39	58.12	58.24	33	0.03	Sabbia con limo debolm. argillosa
	SPT1	8.00 - 8.45		2.49							Ghiaia sabbiosa debolm. limosa
	SPT2	10.00 - 10.45		2.51							Ghiaia con sabbia debolm. limosa
	C 1	1.50 - 1.80	1.49	2.53	25.57	1.13	53.14	56.94	34	0.02	Sabbia con limo debolm. argillosa e debolm. ghiaiosa
5	SPT1	1.80 - 2.25									Ghiaia sabbiosa debolm. limosa e debolm. argillosa
	C 1	2.00 - 2.70	1.42	2.49	25.6	1.02	54.50	53.17	36	0.02	Sabbia limosa debolm. ghiaiosa e debolm. argillosa
	SPT1	2.70 - 3.15		2.49							Sabbia con ghiaia e con limo debolm. argillosa
	C 2	4.00 - 4.50	1.66	2.49	34.76	1.02	50.49	84.82	34	0.02	Sabbia con limo debolm. argillosa e debolm. ghiaiosa
6	SPT2	4.50 - 4.95		2.46							Sabbia con limo debolm. argillosa
	SPT3	6.00 - 6.45		2.49							Sabbia con limo debolm. argillosa
	SPT4	8.00 - 8.45		2.46							Ghiaia sabbiosa limosa, debolm. argillosa
	Valori medi			1.48	2.49	27.38	1.16	53.48	59.34	34	0.02

$\gamma$  - peso dell'unità di volume  
n - porosità

$\gamma_s$  - peso dell'unità di volume saturo  
S - grado di saturazione

W - contenuto d'acqua naturale  
 $\phi$  - angolo d'attrito interno

e - indice dei vuoti  
c - coesione

Tabella 3.1 – PROVE DI LABORATORIO: Piroclastiti e brecce

Sond (n)	S.P.T. (n)	PROF (m)	Nspt (n)	Granulometria	Dr (%)	$\phi$ (°)	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Grado di addensamento (Raccomandazioni A.G. I.- 1977)
1	1	1,50	9	Sabbia con limo deb. ghiaiosa	32	29	45	45	Poco addensato
2	1	1,00	14	Limo con sabbia e con argilla	41	31	61	60	Moderatamente addensato
3	1	2,00	25	Limo con sabbia, argilloso	58	34	97	82	Moderatamente addensato
	2	4,00	27	Sabbia limosa	61	34	103	86	Moderatamente addensato
	3	5,50	41	Limo con sabbia deb. ar- giloso	76	37	148	112	Addensato
6	1	2,70	21	Sabbia con ghiaia e con limo	52	33	84	74	Moderatamente addensato
	2	4,50	30	Sabbia con limo deb. argilloso	65	35	113	92	Moderatamente addensato
	3	6,00	12	Sabbia con limo deb. argilloso	38	31	55	54	Moderatamente addensato
	4	8,00	28	Ghiaia sabbiosa e limosa	62	35	106	88	Moderatamente addensato
7	1	1,50	9	Materiali di riporto	32	29	45	45	Poco addensato
	2	3,00	7	Sabbia limosa deb. argil- losa	25	28	39	39	Poco addensato
	3	4,00	10	Sabbia limosa deb. argil- losa	35	30	48	48	Poco addensato
<b>VALORI MEDI</b>			<b>19</b>		<b>48</b>	<b>32</b>	<b>79</b>	<b>69</b>	<b>Moderatamente addensato</b>

Mo - Modulo edometrico di deformazione (\*) - da prove di labo-

 $\phi$  - angolo di attrito

Nspt - numero di colpi/30 cm

ratorio

 $\gamma$  - peso dell'unità di volume

E - modulo di deformazione (Young) drenato

Dr - densità relativa

Tabella 3.2 – Caratteristiche meccaniche (valori medi) delle PIROCLASTITI RIMANEGGIATE da prove S.P.T.

Sond (n)	S.P.T. (n)	PROF (m)	Nspt (n)	Granulometria	Dr (%)	$\phi$ (°)	E (Kg/cm <sup>2</sup> )	Mo (Kg/cm <sup>2</sup> )	Grado di addensamento (Raccomandazioni A.G. I.- 1977)
1	2	4,50	100	Ghiaia con sabbia deb. limosa	100	46	962	975	Molto addensato
	3	7,50	100	Ghiaia con sabbia deb. limosa	100	46	962	975	Molto addensato
	4	10,50	100	Ghiaia con sabbia deb. limosa	100	46	962	975	Molto addensato
	1	8,00	12	Ghiaia sabbiosa deb. limosa	38	41	284	216	Moderatamente addensato
4	2	10,00	35	Ghiaia con sabbia deb. limosa	70	43	461	422	Addensato
	1	1,80	39	Ghiaia sabbiosa deb. li- mosa	74	45	492	456	Addensato
5	1	1,80	39	Ghiaia sabbiosa deb. li- mosa	80	44	687	670	Addensato
<b>VALORI MEDI</b>									
64									

Mo - Modulo edometrico di deformazione (\*) - da prove di labo-  
 $\phi$  - angolo di attrito  
 Dr - densità relativa  
 E - modulo di deformazione (Young) drenato  
 Nspt - numero di colpi/30 cm  
 $\gamma$  - peso dell'unità di volume

Tabella 3.3 - Caratteristiche meccaniche (valori medi) delle BRECCIE CALCAREE da prove S.P.T.

Sond (n)	Camp.	PROF (m)	$\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Dr (%)
1	CR1	14,00 – 14,15	2,73	801
2	CR1	4,00 – 4,10	2,74	866
	CR2	6,00 – 6,18	2,74	752
3	CR1	10,00 – 10,15	2,72	754
	CR2	15,00 – 15,12	2,70	864
4	CR1	1,50 – 1,68	2,74	378
	CR2	3,50 – 3,65	2,40	618
5	CR1	6,00 – 6,15	2,49	291
	CR2	7,50 – 7,70	2,33	213
<b>VALORI MEDI</b>			<b>64</b>	<b>80</b>

$\gamma$  - peso dell'unità di volume      Dr - densità relativa

Tabella 3.4 – Caratteristiche meccaniche del CALCARE da prove di Laboratorio

## 3.2. CARTA DELLA STABILITÀ

### 3.2.1. Criteri generali e metodologia per l'elaborazione della carta della stabilità

La legge Regionale della Campania n. 9/83 richiede che tra gli elaborati necessari per adeguare i Piani Regolatori Generali dei Comuni alla normativa sismica sia prodotta una carta della stabilità. Nell'aprile del 2002, l'Autorità di Bacino del Sarno, competente per il territorio di Anacapri, ha adottato il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, definendo per ciascun Comune, la carta della pericolosità da dissesto di versante, ormai a tutti nota.

Nel rispetto della normativa citata, si è comunque proceduto alla definizione di una carta della stabilità realizzata con la stessa metodologia ed adottando, per quanto possibile, gli stessi parametri e pesi, adattati agli intervalli di spessore definiti nel presente studio, utilizzati per la redazione della carta della pericolosità da dissesto di versante.

Per caratterizzare la stabilità del territorio comunale e per ottenere una visione d'insieme delle aree soggette a maggior rischio di frana nel modo più obiettivo possibile, è stato approntato un elaborato specifico, ottenuto con il metodo delle carte tematiche, ovvero di carte ove sono riportati i principali parametri che regolano la franosità. Assegnando ai singoli parametri un numero indice che costituisce il "peso" di quel parametro, si ottengono delle classi di stabilità, specificamente definite in relazione della mag-

giore o minore propensione per le zone alla vulnerabilità per frana.

Nella fattispecie si è proceduto alla redazione della:

- TAV. G 2 a: carta degli spessori dei terreni di copertura;
- TAV. G 3 : carta delle acclività;
- TAV. G 4 : carta morfologica

Nella tabella 3.5 sono indicati i parametri considerati ed i relativi pesi attribuiti.

		COLATE								
		pendenze	< 15°	15°-20°	20°-25°	25°-30°	30°-35°	35°-40°	40°-60°	60°-90°
		peso	0	5	15	20	25	20	15	10
spessore mt.	peso		0	0	0	0	0	0	0	0
0-1	0	0	0	100	300	400	500	400	300	200
1-2	20	0	125	375	500	625	500	375	250	
2-4	25	0	125	375	500	625	500	375	250	
4-6	25	0	125	375	500	625	500	375	250	
> 6	25	0	125	375	500	625	500	375	250	

		CROLLI								
		< 15°	15°-20°	20°-25°	25°-30°	30°-35°	35°-40°	40°-60°	60°-90°	
		peso	0	5	15	20	25	20	15	10
pendenze										

MORFOLOGIA	
morfolipi	peso
scarpate e falesie	500
area di possibile invasione	500
fossi in approfondimento	500
versante denudazionale	100
versante di or. strutturale	100
terrazzo marino/strutturale	0
superficie sommitale	0

Tabella 3.5

Tra i parametri non si è tenuto conto dell'Uso del Suolo. Nella realtà dell'Isola di Capri, è un parametro difficilmente differenziabile sul territorio per la notevole urbanizzazione e per interventi capillari difficilmente cartografabili. In ogni caso tali interventi tendono a migliorare le condizioni di stabilità del territorio.

Non si è tenuto conto, altresì, dell'incidenza delle falde idriche in quanto, notoriamente, nel territorio di Anacapri non se ne vengono.

Si precisa che la carta della stabilità prodotta non interviene a modificare quanto prescritto in merito alla pericolosità ed al rischio da dissesto di versante, dall'Autorità di Bacino del Sarno. Essa, invero, costituisce un elemento di verifica tecnica alla quale si potrà fare riferimento nel caso di successive ripерimetrazioni.

### 3.2.2. Carta degli spessori dei terreni di copertura

In base al rilevamento geolitologico ed a verifiche ed integrazioni di dati ottenuti con le indagini geognostiche svolte, si è proceduto alla compilazione della carta tematica relativa agli spessori dei terreni di copertura, ovvero di materiali incoerenti di natura prevalentemente piroclastica particolarmente sensibili al rischio di instabilità da "colate rapide", in presenza di un substrato particolarmente acclive.

I terreni di copertura sono stati definiti per intervalli di spessore, come riportato nella specifica carta.

I terreni di copertura sono contrapposti al substrato carbonatico, già definito nella carta geolitologica, che offre in genere garanzie di stabilità, fatta eccezione delle zone ove i calcari si trovano in presenza di piani di faglie e scarpate di elevata altezza. In tal caso si generano fenomeni di "crollo di blocchi" anche molto vistosi.

### 3.2.3. Carta delle acclività

L'acclività dei versanti, associata alle caratteristiche tecniche dei terreni, contribuisce in modo determinate alla definizione delle condizioni di equilibrio dei versanti.

I valori riscontrati sono stati raggruppati, mediante elaborazione elettronica della cartografia digitale (DEM con celle di 4mx4m), nelle classi di pendenze riportate nella tabella 3.5, uniformate a quelle utilizzate per l'elaborazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, redatto a cura dell'Autorità di Bacino del Sarno, rispetto alle quali risultano aggregate le classi con valori di pendenza compresi tra 0° e 15° nella 1<sup>a</sup> classe, tra 40° e 60° nella 7<sup>a</sup> classe e tra 60° e 90° nella 8<sup>a</sup> classe.

CLASSE	PENDENZE (°)	PENDENZE (%)
1 <sup>a</sup>	da 0 a 15	da 0 a ~ 26,8
2 <sup>a</sup>	da 15 a 20	da ~26,8 a ~ 36,4
3 <sup>a</sup>	da 20 a 25	da ~36,4 a ~ 46,6
4 <sup>a</sup>	da 25 a 30	da ~46,6 a ~ 57,7
5 <sup>a</sup>	da 30 a 35	da ~57,7 a ~ 70,0
6 <sup>a</sup>	da 35 a 40	da ~70,0 a ~ 83,9
7 <sup>a</sup>	da 40 a 60	da ~83,9 a ~173,2
8 <sup>a</sup>	da 60 a 90	da ~ 0 a verticale

Tabella 3.5 – classi di acclività

Le caratteristiche clinometriche del territorio sono riportate nella Tav. 3.

Il territorio comunale si presenta maggiormente pianeggiante nella parte settentrionale, ove la scarsa inclinazione del substrato carbonatico ha favorito la conservazione della coltre di terreno piroclastico.

Elevate pendenze, che predispongono condizioni di temuta instabilità, caratterizzano le falesie costiere ed i piani di faglia interni.

La maggiore resistenza all'erosione dei terreni carbonatici ha favorito la conservazione dei piani di faglia subverticali dove la tendenza morfoevolutiva è condizionata localmente dallo stato di fratturazione, spesso molto elevato.

#### 3.2.4. Carta morfologica

L'assetto strutturale dell'Isola di Capri ne ha condizionato notevolmente la morfologia.

La successiva deposizione di terreni più recenti di origine continentale e l'azione degli agenti esogeni ha modificato l'originario assetto morfologico che, soprattutto lungo la costa, è ancor oggi in rapida evoluzione.

Recenti studi, oggetto della pubblicazione: "Geomorfologia ed evoluzione tettonica quaternaria dell'Isola di Capri" di F. Barattolo et Alii – Estratto da: Studi geologici Camerti, 1992/1, alla quale si rimanda per l'approfondimento delle tematiche specifiche, hanno contribuito alla ricostruzione dei momenti essenziali

dell'evoluzione morfologica dell'Isola di Capri, riconoscendone sia la genesi sia i principali elementi.

Facendo riferimento alla citata pubblicazione, integrata nei dettagli da analisi di fotoaeree già disponibili, è stata redatta la carta morfologica TAV. G4 nella quale sono evidenziati gli elementi ritenuti necessari per valutare l'incidenza delle condizioni morfologiche sulle condizioni di stabilità.

In particolare, nella carta tematica morfologica sono distinte le aree ove si individuano, in particolar modo, gli elementi caratteristici della morfodinamica del territorio e le possibili aree di invasione del materiale franato.

In particolare sono state distinte:

- Scarpate, falesie e versanti in degradazione. Sono ubicate, prevalentemente lungo la costa e/o in corrispondenza di piani di faglia. Sono interessate in massima parte da frane di "crollo" e/o "ribaltamento" di blocchi carbonatici anche di notevoli dimensioni e da frane di detrito.
- Area di possibile invasione di fenomeni di crollo. Situate al piede dei versanti di faglia, sono caratterizzate da pendenze rilevanti e, spesso, da terreni facilmente aggredibili da parte degli agenti esogeni.
- Fossi in approfondimento. Non sempre in litologie carbonatiche, rappresentano zone facilmente erodibili per azione delle acque incanalate. La nota resistenza dei terreni carbonatici

all'azione di erosione delle acque, spesso è inficiata dal notevole stato di fratturazione dell'ammasso.

- Terrazzo strutturale e/o marino. Sono per lo più aree pianeggianti ove mancano fenomeni morfodinamici di rilievo.
- Versante di origine strutturale o di faglia. Pur caratterizzati da notevoli pendenze, non sempre sono interessati dallo sviluppo di considerevoli fenomeni franosi.
- Versante denudazionale o fluvio-denudazionale. Sono rappresentati da versanti carbonatici coperti da terreni incoerenti, prevalentemente piroclastici, con spessori ridotti. Le coperture sono oggetto di fenomeni di erosione per l'azione delle acque di pioggia sia diffuse sia incanalate.
- Superfici sommitali. Si tratta di zone a modesta acclività, di natura carbonatica con scarsa o assente copertura di terreni incoerenti.

### 3.2.5. Condizioni di stabilità del territorio comunale

Il territorio comunale di Anacapri è caratterizzato da condizioni di instabilità confinate in aree ben definite, prossime alla costa o prossime a versanti di faglia molto acclivi.

L'analisi effettuata, si ribadisce al solo scopo di pervenire alla costruzione di una carta della stabilità richiesta dalla normativa vigente, coincide sostanzialmente con quella della pericolosità redatta a cura dell'Autorità di Bacino del Sarno.

Elemento discriminante prevalente è l'acclività in quanto:

- i terreni di copertura sono di spessore esiguo sui versanti e, di conseguenza, ridottissimo è il rischio di colate rapide.
- Lo stato di fratturazione dell'ammasso carbonatico, è causa d'innescò di fenomeni di crollo e/o ribaltamento con conseguente rotolò verso valle di materiale proprio in presenza di elevate pendenze.

In base ai risultati ottenuti, il territorio è stato suddiviso in zone caratterizzate dalle seguenti classi di stabilità il cui significato è riportato a fianco di ciascuna definizione.

A	Area instabile	Aree di versante in cui visono frane o condizioni al contorno (geologiche e geomorfologiche) predisponenti l'innescò, il transito e l'accumulo di fenomeni franosi
B	Area con elevata propensione all'instabilità	Aree di versante, talora terrazzate, che per condizioni geologiche e morfologiche risultano potenzialmente sede di aree di innescò di fenomeni franosi o dissesti di moderata dimensione ed intensità
C	Area con bassa propensione all'instabilità	Aree di versante, talora terrazzate, che per condizioni geologiche e morfologiche (pendenze comprese tra 15° e 20°/30°) mostrano una bassa predisposizione a fenomeni franosi o dissesti di modesta dimensione ed intensità

D	Area stabile	Aree di ripiano morfologico o di versante caratterizzate da bassa pendenza ( $<15^\circ$ ), spesso terrazzate o antropizzate ed in cui si rinvengono anche considerevoli spessori di copertura (fino a 10 metri), in cui non sussistono condizioni di instabilità.
---	--------------	--

Tabella 3.6 - Classi di Stabilità

### 3.3. TAVOLE DEI BACINI IDROGRAFICI

#### 3.3.1. Idrologia

Lo studio delle caratteristiche idrografiche ed idrologiche del territorio è necessario per l'incidenza che le acque pluviali e quelle sotterranee hanno sulle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, e di conseguenza sulla stabilità dei versanti.

L'acqua che ricade al suolo sotto forma di pioggia, infatti, provoca una più o meno intensa erosione delle rocce in funzione delle loro caratteristiche tecniche, mentre l'aliquota di infiltrazione comporta variazioni, anche notevoli, delle pressioni interstiziali con conseguente alterazione dei parametri di coesione ed angolo di attrito interno; in entrambi i casi l'acqua influisce in modo sostanziale sulle condizioni di equilibrio esistenti negli ammassi rocciosi.

E' in tal senso che la legge regionale 9/83 prescrive uno studio sulle caratteristiche idrogeologiche del territorio e sullo stato dei bacini pertinenti il reticolo idrografico superficiale.

Il riconoscimento delle caratteristiche idrogeologiche è stato effettuato mediante la raccolta dei dati specifici, condotta ad integrazione delle conoscenze acquisite attraverso il rilevamento geologico di base e di quanto noto su scala regionale, specie per quanto attiene la circolazione idrica sotterranea.

In definitiva si è proceduto a:

- Analizzare i dati idrologici disponibili, caratteristici dell'area esaminata.
- Analizzare l'idrografia superficiale e le caratteristiche del reticolo idrografico; individuare ed analizzare quelle dei principali bacini imbriferi.

I dati idrologici forniscono elementi utili per la determinazione della quantità d'acqua che regola l'attività e l'evoluzione dei bacini idrografici, e che va ad alimentare i deflussi sotterranei.

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area esaminata, ricavate mediante la raccolta di dati sperimentali già disponibili e di altri riportati nella letteratura specialistica, comunque da ritenere sufficientemente attendibili per le finalità del presente studio, possono essere definite attraverso i seguenti parametri:

- Precipitazioni: Le caratteristiche pluviometriche dell'area esaminata sono state determinate con l'analisi dei dati di pioggia registrati nell'unica stazione pluviometrica situata sull'Isola di

Capri e posta presso la base dell'Aeronautica Militare. I dati, ricavati dagli "Annali Idrologici" del Genio Civile di Napoli, coprono un periodo di tempo compreso tra il 1958 ed il 1999 (Cfr.: Fig. 3.2) e hanno permesso di calcolare la piovosità annuale media relativamente all'Isola di Capri pari a 569 mm, ed una media di 68 giorni piovosi annui.

L'elaborazione dei dati pluviometrici contribuisce in modo sostanziale alla determinazione quantitativa dei deflussi incanalati nei bacini imbriferi, per stretta dipendenza dalla legge di "possibilità climatica". Quest'ultima esprime la relazione esistente tra la quantità di pioggia caduta al suolo e la durata di ciascun evento, consentendo la determinazione della massima altezza di pioggia prevista.

Tale legge è generalmente indicata sotto la forma:

$$h = \alpha T^n \quad (1) \quad \text{in cui}$$

$h$  = altezza di pioggia in mm caduta in un tempo espresso in ore

$a$  = altezza di pioggia caduta in un'ora

$T$  = durata della pioggia espressa in ore

$N$  = coefficiente angolare

Riportando in un diagramma bilogaritmico i dati relativi a piogge di forte intensità e breve durata, vengono individuati i valori relativi ad altezze di pioggia per periodi di 15', 30', 60'.

Non disponendo di tali dati per la stazione pluviometrica di Capri, perchè non riportati negli annali idrologici, si è fatto riferimento ai dati disponibili presso la stazione pluviometrica

dell'I.T.N. N.Bixio di Piano di Sorrento relativamente agli anni compresi tra il 1970 ed il 1980.

Tali dati consentono di ricavare la massima altezza di pioggia prevista per un determinato periodo di ritorno. Va precisato che i dati pluviometrici utilizzati sono mediamente più elevati rispetto a quelli registrati sull'Isola di Capri, pertanto i risultati possono evidenziare un'altezza di pioggia attesa valutata in eccesso il che tuttavia permette di ottenere dei risultati relativi alle portate dei corsi d'acqua stimati in eccesso, ma comunque significati per programmare eventuali opere di regimazione perché valutati a vantaggio della sicurezza.

I massimi valori dell'altezza delle precipitazioni, per ciascuno dei periodi di tempo (15', 30', 60'), vanno interpolati con una retta la cui equazione corrisponde alla legge di pioggia.

I valori relativi sono riportati nella seguente tabella:

t(min)	h(mm)									
15'	10	17	14,2	11,2	24	15	14,8	18	16	15
30'	23,4	13,8	35	14	40	15	23	21	19	18
60'	27,4	21,2	40	30	15,6	17	66	28	20	32

Tab 3.7 Piogge di notevole intensità e breve durata registrate nel periodo 1970-1988

La legge di pioggia, oltre che con il metodo deterministico descritto, è stata verificata con il metodo statistico secondo la legge asintotica del massimo valore (Fuller-Gumbel) per un periodo di ritorno di 50 anni.

L'elaborazione si basa sui valori sperimentali dell'altezza di pioggia per periodi di 15', 30' 60' per determinare i valori dell'intensità di funzione K e dell'estremo atteso mediante i quali si giunge alla valutazione della massima altezza di pioggia prevista.

Per il calcolo dell'altezza massima, per un periodo di ritorno di 50 anni, sono state utilizzate le seguenti formule:

$$h_{\max} = \mu [1 - 1/k\mu \ln \ln(T/T-1)] \quad (2) \quad \text{in cui}$$

k = intensità di funzione , calcolata mediante la:

$$k = \pi/\sigma\sqrt{6} \quad (3)$$

$\sigma$  = scarto quadratico medio relativo alle altezze di pioggia per periodi di 15', 30', 60'

$\mu$  = estremo atteso, ottenuto mediante:

$$\mu = M - \beta/k \quad (4)$$

M = media aritmetica per altezze di pioggia relative a periodi di 15', 30', 60'

$\beta = 0,57722$

k = intensità di funzione (come dalla 3)

T = Periodo di ritorno

I valori di altezza massimi relativi a 15', 30', 60' per un periodo di ritorno di 50 anni, pari rispettivamente a 25,03, 42,82 ed a 68,06, sono stati riportati nello stesso diagramma bilogarithmico.

L'interpolazione di questi valori dà la retta rappresentativa della legge di pioggia (cfr. Figura 3.3).

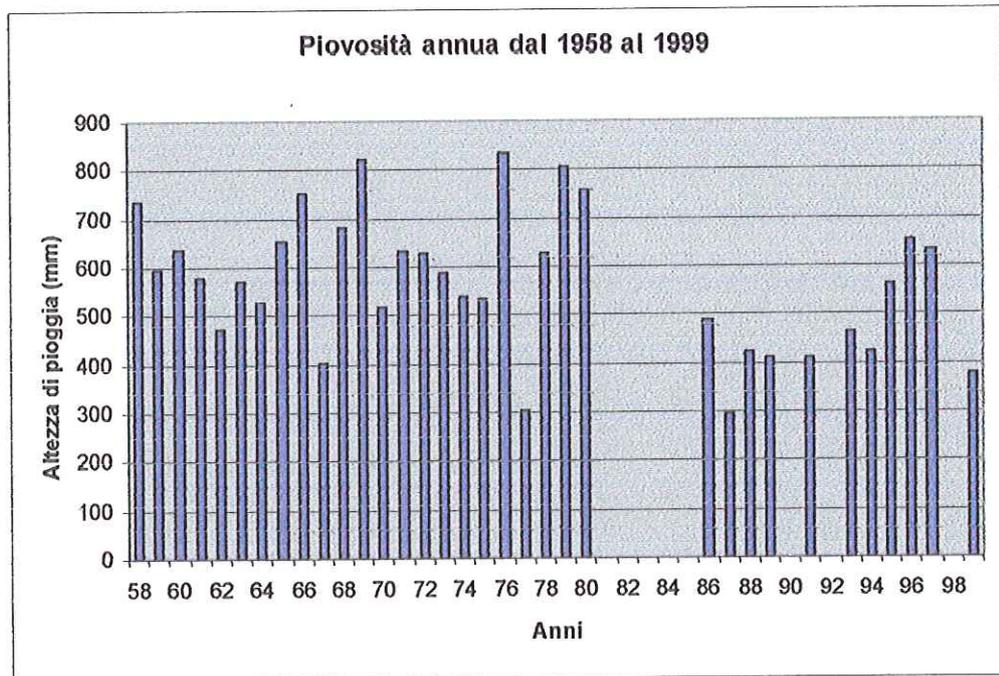


FIGURA 3.4

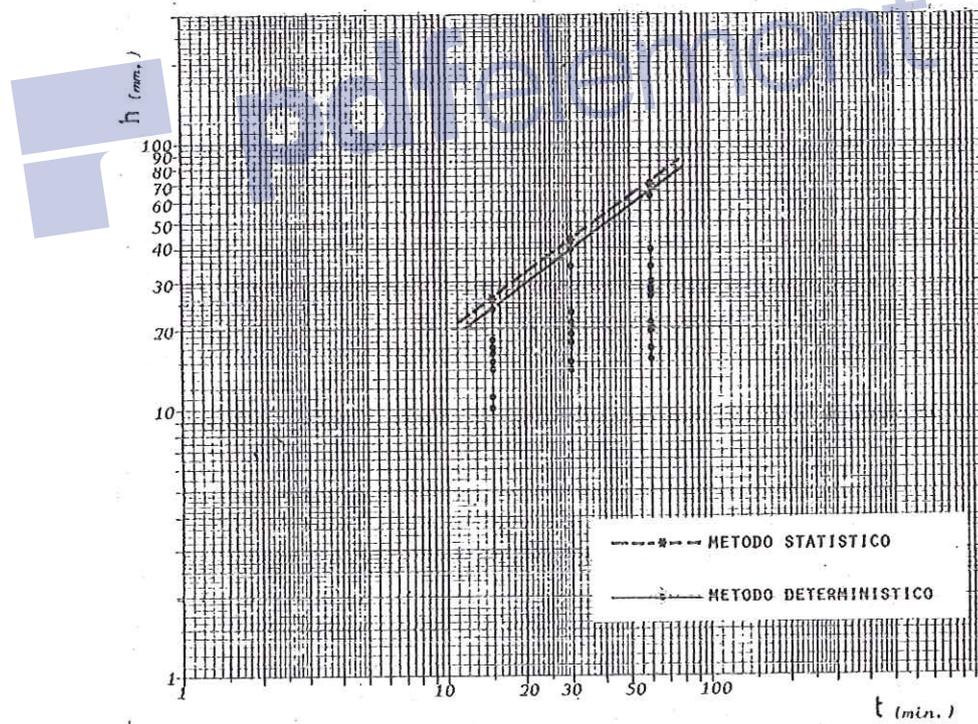


FIGURA 3.5 – Legge di pioggia

I valori ottenuti con i due metodi sono rispettivamente:

$$h = 65 T^{0,69} \quad \text{metodo statistico}$$

$$h = 68 T^{0,69} \quad \text{metodo deterministico}$$

La determinazione della legge di pioggia consente, per ogni bacino, il calcolo della portata massima prevista alla sezione di sbocco. La valutazione di tale portata ( $Q_{max}$ ) è stata effettuata utilizzando la relativa formula di Giandotti, pur riconoscendo che la difficoltà di quantizzare i numerosi fattori che incidono sul deflusso delle acque (permeabilità, asperità del suolo, pendenza dei versanti, grado di saturazione del terreno prima dell'evento piovoso, canalizzazioni, strade, ecc) rendono approssimati i valori ottenuti.

$$- Q_{max} = 10^3/3,6 \cdot \Sigma R/\alpha \cdot PA/Tc \quad (m^3/sec) \quad (5) \quad \text{in}$$

cui

- $R = Q_{max}/Q_{medio}$  variabile in funzione delle caratteristiche litologiche ed estensione del bacino
- $\Sigma$  = coefficiente di deflusso anch'esso funzione dell'estensione e permeabilità dei terreni e caratteristiche morfologiche del bacino
- $\alpha = T/Tc$  rapporto tra il tempo di durata delle piene e il tempo di corrivazione
- $P$  = altezza di pioggia nel tempo  $Tc$  di corrivazione, e spresso in ore
- $A$  = superficie del bacino (sottesa dalla sezione esaminata) in  $Km^2$

- $T_c$  = tempo di corrivazione inteso come il tempo che la particella d'acqua impiega a percorrere il tratto compreso tra il punto più lontano del bacino e la sezione considerata. Viene calcolato anch'esso con una formula di Giandotti:

$$T_c = 4\sqrt{A} + 1,5L/0,8\sqrt{H_m} \quad (6) \quad \text{in cui}$$

$A$  = Superficie del bacino in  $Km^2$

$L$  = Lunghezza del bacino in Km

$H_m$  = Altitudine media in m.

Per la determinazione di  $R$ ,  $\Sigma$  ed  $\alpha$ , non disponendo di dati relativi a misurazioni dirette si è fatto ricorso a valori sperimentali la cui attendibilità è stata verificata in bacini medi e piccoli. Rientrando quelli in esame in queste condizioni sono stati assegnati ai citati parametri i seguenti valori.

$$R = 7; \quad \Sigma = 0,2, \quad \alpha = 4$$

I valori della portata massima alla sezione di sbocco così determinati vanno comunque considerati anche in funzione delle canalizzazioni nelle fogne pluviali i cui recapiti, in alcuni tratti sono disgiunti da quelli naturali.

### 3.3.2. Reticolo idrografico ed analisi dei bacini

La pioggia al suolo si ripartisce in un'aliquota di infiltrazione ed in una di ruscellamento; in particolare l'acqua che cade dopo un periodo di siccità tende inizialmente ad essere assorbita; in un tempo più o meno breve, tuttavia, il terreno superficiale tende a saturarsi e l'intensità d'infiltrazione decresce rapidamente fino a raggiungere un valore costante.

Gli apporti meteorici, successivi a questa fase, permangono, nella quasi totalità sulla superficie del terreno dando luogo ad un deflusso superficiale che progressivamente tende a spostarsi dalle zone opposte a quote più elevate a quelle a quote inferiori. Il ruscellamento man mano si organizza in sistemi idrografici di canalizzazioni che rappresentano delle aree, limitate da spartiacque, in cui i rami del reticolo sono disposti in funzione della pendenza del terreno ed in modo da ottenere un drenaggio che sia il più efficace possibile. L'intera superficie all'interno dello spartiacque del bacino di drenaggio costituisce il bacino idrografico.

Il reticolo idrografico del territorio comunale è caratterizzato in massima parte, da brevi incisioni torrentizie impostate lungo le linee di massima pendenza dei versanti carbonatici, laddove la roccia si presenta maggiormente fratturata.

I corsi d'acqua sono tutti a carattere stagionale e si sviluppano partendo dagli spartiacque superficiali, in concomitanza di precipitazioni anche di normale intensità ed assumono sempre un carattere torrentizio.

L'intensa urbanizzazione di buona parte del territorio ha sostanzialmente modificato l'assetto idraulico naturale del reticolo idrografico per effetto di canalizzazioni superficiali, ricoprimento di tratti di alveo e della impermeabilizzazione di parte delle aree di raccolta (strade, edifici ecc.)

La struttura naturale dei corsi d'acqua è comunque condizionata dalle caratteristiche morfologiche e litologiche dell'area di imposta e di sviluppo.

L'analisi dei bacini è stata effettuata mediante l'elaborazione dei dati geolitologici, morfologici e cartografici raccolti nel corso dell'indagine.

Per ognuno dei bacini sono state considerate le caratteristiche lineari del sistema, partendo dalla suddivisione dell'intero reticolo in segmenti secondo una scala gerarchica di grandezze. Ogni ramo senza affluenti è indicato come segmento del 1° ordine, laddove due segmenti del 1° ordine si incontrano si genera un segmento del 2° ordine e così via. Il ramo principale del sistema avrà, nel tratto terminale il numero d'ordine (n) più elevato.

E' stato calcolato, quindi, il rapporto di biforcazione (Rb), inteso come il rapporto tra il numero complessivo dei segmenti di un certo ordine (Nu) e quelli di ordine immediatamente successivo (Nu+1), e la densità di drenaggio (D) intesa come rapporto tra la lunghezza complessiva dei segmenti di tutti gli ordini ( $\sum L_k$ ) e la superficie totale del bacino (Ak).

Per ogni bacino è stata effettuata l'analisi ipsometrica imposta sull'interpretazione di curve ottenute riportando sulle ordinate di un sistema di assi cartesiani il rapporto  $a/A$  tra l'area (a) del bacino, posta al di sopra di un'assegnata curva di livello e l'area totale (A) e sulle ascisse il rapporto  $h/H$  tra la quota di quella curva di livello h e l'altitudine massima del bacino (H).

L'andamento della curva ipsografica, costruita in funzione delle curve di livello, fornisce inoltre alcune indicazioni sulle pendenze medie del bacino, sulla sua forma e sullo stadio di maturità.

Sono stati calcolati, infine, i principali parametri idraulici utilizzando le formule (5) e (6) riportate nel paragrafo precedente.

Nell'ambito del territorio comunale sono stati individuati i seguenti 5 bacini idrografici, evidenziati nella relativa Tavola – G 5.

- Bacino 1: "Rio su Capri" <sup>(1)</sup>
- Bacino 2: "Rio di Chiuso"
- Bacino 3: "Rio della Cesa"
- Bacino 4: "Rio di Maresutto"
- Bacino 5: "Rio della Rosola"

Si tratta di bacini imbriferi con carattere esclusivamente ver-notico. Per ciascun bacino sono di seguito indicate le portate massime calcolate con le modalità descritte nel paragrafo precedente.

Le caratteristiche generali ed i parametri fisiografici sono riportati nella Tavola G5.

Bacino	Hmax (m s.l.m.m.)	Hmin (m s.l.m.m.)	Hmedio (m s.l.m.m.)	Portata massima (m <sup>3</sup> /sec)	Tempo di corrivazione (h)
Rio su Capri	571,95	229,67	459,29	0,32	0,214
Rio di Chiuso	272,52	0	178,63	0,28	0,251
Rio della Cesa	586,00	0	299,51	0,68	0,517
Rio di Maresutto	535,69	0	234,84	0,41	0,479
Rio della Rosola	353,80	0	194,11	0,44	0,560

Tabella 3.8

<sup>(1)</sup> Valle "sospesa" posta tra M.te Cappello e M.te S.Maria

### 3.4. CARTA IDROGEOLOGICA

#### 3.4.1. Complessi e strutture idrogeologiche

La circolazione dell'acqua nel sottosuolo è condizionata da alcune specifiche caratteristiche dei terreni quali la porosità e la permeabilità.

La porosità rappresenta la proprietà di una roccia di contenere spazi vuoti tra gli elementi che la compongono, funzione della forma e delle dimensioni dei componenti; è espressa dalla percentuale del volume degli spazi vuoti rispetto al volume totale del corpo roccioso considerato. Dal punto di vista idrogeologico risulta importante la porosità efficace ovvero la percentuale di acqua contenuta nei pori che può effettivamente spostarsi per effetto della gravità.

La permeabilità regola il trasferimento e la circolazione delle acque nel sottosuolo e rappresenta la capacità di una roccia di lasciarsi attraversare dall'acqua; può ottenersi o per porosità, e costituisce una proprietà intrinseca di una roccia acquisita nel momento stesso della sua formazione, oppure per fessurazione, proprietà acquisita successivamente, dovuta ad un insieme di fratture che formano un sistema continuo di vuoti.

I terreni presenti sia in affioramento che nel sottosuolo possono, quindi, essere differenziati in complessi idrogeologici con caratteristiche ben definite, in relazione al loro maggiore o minore grado di porosità e permeabilità; inoltre l'analisi dei principali lineamenti tettonici dell'area esaminata permette di individuare strut-

ture che per caratteristiche litologiche e giaciture costituiscono corpi omogenei dal punto di vista idrogeologico.

In base ai dati acquisiti nel corso dell'indagine sono stati, pertanto, individuati i seguenti complessi idrogeologici riconoscibili in diverse strutture.

#### **A. Complesso carbonatico:**

I terreni ascrivibili a questo complesso sono costituiti da calcari e calcari dolomitici in banchi e strati con fratturazione variabile e piuttosto elevata in prossimità delle direttrici tettoniche. Il complesso carbonatico può essere considerato permeabile in grande per fessurazione e pertanto l'acqua meteorica viene rapidamente, attraverso la fitta rete di fratture, convogliata in profondità. Di solito non si rilevano macroforme carsiche da dissoluzione, tuttavia le fratture nei calcari sono spesso allargate dall'azione delle acque percolanti in modo da originare diffusi fenomeni microcarsici.

#### **B. Complesso detritico**

Appartengono a questo complesso idrogeologico le brecce calcaree (detrito di falda) ben cementate affioranti lungo i versanti occidentali di M.te Solaro, M.te Cappello e M.te Barbarossa. La consistenza pressochè litoide della formazione e alcuni accenni alla stratificazione permettono, infatti, di attribuire a questo litotipo una permeabilità equivalente ai calcari intensamente fratturati appartenenti al complesso A.

### **C. Complesso piroclastico e detritico-piroclastico**

Sono stati raggruppati in questo complesso idrogeologico le piroclastiti incoerenti recenti, il tufo grigio e le piroclastiti frammiste e/o intercalate a terreni detritico-alluvionali.

Le Piroclastiti sono costituite da un insieme di materiali (ceneri, sabbia vulcanica, pomici) più o meno alterate ed humificate, anch'esse di origine vulcanica. Le caratteristiche tecniche sono tali da conferire alle piroclastiti una porosità alquanto elevata (50 – 60%) ma una permeabilità piuttosto bassa.

La pioggia e le acque corrivate lungo il reticolo idrografico esercitano una forte erosione sulle piroclastiti, mentre l'aliquota d'acqua che s'infiltra nel sottosuolo, assorbita per lo più dalle piroclastiti incoerenti, viene trasferita rapidamente verso il basso dalla fitta rete di fratture esistenti nel substrato carbonatico

In base a quanto rilevato, si può ritenere che il territorio comunale di Anacapri sia costituito da un'unica struttura idrogeologica, che si identifica nel substrato carbonatico, frammentata in substrutture aventi le medesime caratteristiche.

#### **3.4.2. Circolazione idrica sotterranea**

La circolazione idrica sotterranea è modesta, per la scarsa estensione dei bacini idrogeologici. Le acque che si infiltrano nel sottosuolo, soprattutto in relazione all'elevato grado di fratturazione del substrato carbonatico pervengono in breve tempo alla quo-

ta del mare ove danno luogo a risorgenze sottomarine effimere e diffuse lungo tutta la costa. I deflussi principali sono orientati secondo i lineamenti strutturali definiti dall'andamento delle faglie dirette e dalla giacitura degli strati calcarei.

Alla circolazione profonda si possono associare accumuli idrici temporanei nell'ambito del complesso piroclastico, in concomitanza di piogge particolarmente intense e persistenti, dovuti alla presenza di livelli e/o sacche a granulometria più grossolana costituiti da pomici e/o detrito calcareo. Tali accumuli non danno mai luogo a deflussi sotterranei, né a risorgenze significative.

Le caratteristiche idrogeologiche del Territorio sono riportate nella tavola G 6.



## 4. LA ZONAZIONE DEL TERRITORIO IN PROSPETTIVA SISMICA

### 4.1. LA ZONAZIONE SISMICA

Nell'ambito della difesa dai rischi naturali, per zonazione di un territorio si intende, in senso generico, un insieme di criteri geologici, geofisici, ingegneristici, sociali, ect., atti ad individuare e delimitare aree a risposta omogenea nei riguardi di calamità naturali (Cfr.: II,III).

La zonazione sismica tende quindi a definire aree a risposta omogenea rispetto al rischio sismico. I criteri e le metodologie di individuazione e successivo intervento sono in funzione dell'estensione delle aree considerate e pertanto si parlerà di:

- **Macrozonazione**, se la scala delle aree è a livello regionale;
- **Microzonazione**, se la scala per la destinazione d'uso delle aree è a livello comunale;
- **Caratterizzazione sismica dei siti**, se la risposta va cercata per aree ristrette dove è prevista la costruzione di un manufatto.

E' evidente che l'obiettivo di prevenzione e difesa viene raggiunto con il concorso di competenze diverse che stabiliscono i differenti criteri in base ai quali si considera omogenea, nei riguardi della destinazione, una o più aree.

#### 4.1.1. Macrozonazione

Attualmente si è giunti ad un buon grado di conoscenza per quanto riguarda il riconoscimento, su basi geologiche e sismologiche, delle aree sismogenetiche e la valutazione dei massimi terremoti attendibili e del loro periodo di ritorno, in particolare per quanto riguarda la definizione di procedure e tecnologie atte ad impedire il collasso delle strutture edilizie soggette alle azioni sismiche.

Se per rischio sismico di un'area si intende il danno che un terremoto può causare alle strutture, è chiaro che esso è legato, a parità di altri fattori, alla massima intensità sismica che ha la maggiore probabilità di verificarsi, in un intervallo di tempo di interesse, nell'area considerata.

Sulla base dei dati di sismotettonica, di sismicità storica e attuale (terremoti di intensità massima attesi e loro periodo di ritorno), criteri di geologia regionale, ecc., si può procedere alla macrozonazione di un territorio su base cartografica con una scala dell'ordine di  $1:10^5$  -  $1:10^6$ .

Bisogna innanzitutto premettere che nel problema della macrozonazione è importante definire qual è il periodo di ritorno di interesse. Il criterio che può considerarsi oggi più affermato, individua in cento anni l'intervallo di tempo corrispondente alla vita di una costruzione; pertanto tale costruzione dovrà essere in grado di sopportare, senza alcun danno, quel terremoto massimo che, statisticamente par-

lando, sicuramente la colpirà, e cioè quello con periodo di ritorno di cento anni. D'altro canto però la costruzione dovrà anche essere in grado di sopportare, eventualmente subendo dei danni senza però che ciò costituisca pericolo per la vita degli abitanti, un terremoto di intensità maggiore che abbia periodo di ritorno più lungo. In questo caso è stato stabilito un intervallo di mille anni. Nella carta d'Italia, elaborata nell'ambito del Progetto Finalizzato Geodinamica (1979), sono indicate le massime intensità macrosismiche che è probabile si manifestino in un arco di tempo di mille anni. Dati più recenti sono stati catalogati a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ed utilizzati per il presente lavoro. (Cfr.: Tabella 4.1).

Definita in tal modo, anche se su basi statistiche, la intensità massima con periodo di ritorno di cento o mille anni relativa ad una data area sismogenetica, si tratterà di valutare quale sarà l'effetto dovuto a tale evento sismico massimo, in un'area posta ad una certa distanza da detta area sismogenetica. Esistono oggi correlazioni empiriche che permettono di determinare l'intensità in una zona in funzione della distanza dall'area sismogenetica e dell'intensità dell'evento all'epicentro. È da sottolineare che tale approccio è generico dipendendo la reale funzione di correlazione non solo dalla distanza, ma anche dall'azimut e dalle specifiche caratteristiche dell'area sismogenetica considerata e dalle

particolari caratteristiche elastiche delle rocce nelle quali avviene la propagazione delle onde.

**Si ricorda ancora che dal punto di vista del progetto edilizio è importante quantificare l'accelerazione massima del suolo durante il terremoto.**

In mancanza di determinazioni dirette di tale parametro, ottenibili mediante accelerometri (in verità ancora molto scarse anche se negli ultimi anni sono stati resi disponibili per molti siti registrazioni di tale genere), è possibile determinare detta accelerazione massima partendo dalla conoscenza dell'intensità (**I**) nel punto considerato, oppure dalla Magnitudo dell'evento.

Conoscendo l'Intensità, le due relazioni più utilizzate sono quella di Richter:

$$\log a = (I/3) - 0.5 \quad (\text{cm/sec}^2) \quad (2.1)$$

e quella di Cancani-Sieberg:

$$\log a = (I/3) - 1 \quad (\text{cm/sec}^2) \quad (2.2)$$

ambidue valide per terremoti crostali. Le due relazioni si differenziano in quanto ricavate per intensità relative a zone con tipologie costruttive moderne (Richter) o più vetuste (Cancani-Sieberg). Questa differenza evidenzia il fatto ovvio che a parità di accelerazione, l'intensità, e cioè gli effetti dannosi subiti, dipendono anche e soprattutto dalla migliore o peggiore tipologia costruttiva.

Se invece è disponibile la magnitudo **M** dell'evento,

l'accelerazione massima  $a_m$  per un sito posto ad una distanza  $R$  li dall'ipocentro, può valutarsi con la seguente relazione

$$a_m = (1230 e^{0.8M}) / (R+25)^2 \quad (\text{cm/sec}^2) \quad (2.3)$$

#### 4.1.2. Microzonazione

Essenzialmente la microzonazione sismica consiste nella individuazione di un insieme di criteri di uso del territorio, volti a minimizzare gli effetti dei terremoti. Essa tende a superare le indicazioni di pericolosità generica di ciascun territorio comunale che è il criterio informatore della macrozonazione. E' intuitivo infatti che la macrozonazione sismica può, solo nelle linee generali, essere rappresentativa del modo come in un determinato luogo si risentirà l'evento sismico. Ciò sia perché i limiti amministrativi di un territorio comunale in genere non corrispondono ai limiti geosismologici e quindi il territorio stesso potrà eventualmente, nella realtà, rientrare in due o più fasce di macrozonazione; sia, soprattutto, perché nell'ambito di un territorio a scala comunale può esistere una varietà di condizioni geolitologiche, geomorfologiche, geoidrologiche e geofisiche che determina una molteplicità di situazioni da cui, in definitiva, dipenderà l'effettivo modo di presentarsi delle accelerazioni prodotte da un sisma.

È noto da tempo che i danni che si manifestano durante un terremoto possono avere entità molto diverse in locali-

tà tra loro vicine a causa di una differente risposta sismica locale; ad esempio, per lo stesso sisma registrato da strumenti identici e a breve distanza reciproca, uno posto su di una coltre alluvionale di 200 metri di spessore e l'altro su rocce cristalline, fu rilevato un rapporto di ampiezza pari a 5 corrispondente a circa 2 unità della scala sismica delle intensità. D'altra parte, lo stesso concetto di magnitudo tiene conto di ciò, legando la sua valutazione all'ampiezza del moto del suolo normalizzata sia mediante una funzione di attenuazione con la distanza, sia mediante un coefficiente di stazione e quest'ultimo è legato, appunto, alla diversa risposta dei siti di registrazione ad uno stesso evento sismico

In conclusione, è ormai assodato che le caratteristiche con cui si presenta un sisma in un dato sito sono fortemente dipendenti, oltre che dalle caratteristiche della sorgente, dalle modalità di emissione dell'energia e dalla distanza dall'ipocentro, anche e soprattutto da fattori di risposta locale che modificano la composizione in frequenza del sisma.

Per quanto detto i criteri di macrozonazione non sono sufficienti a tener conto della vulnerabilità di aree più ristrette, nè del comportamento, nell'ambito di tali aree, di ogni singola porzione di terreno ad una sollecitazione sismica. Pertanto sorge il problema di individuare criteri e metodologie atti a delimitare, prima in un'estensione territoriale a livello comunale, microzone diverse, ma a comportamento