COMUNE di SANREMO

PROGETTAZIONE RELATIVA AGLI INTERVENTI DI DIFESA E RIPASCIMENTO DEL LITORALE COMPRESO TRA PIAN DI POMA ED IL LIDO FOCE ODCP N. 558/2018.

CIG: 827861620B



PROGETTO DEFINITIVO ED ESECUTIVO

IDROLOGIA E IDRAULICA
Relazione Idrologica e Idraulica

CODICE ELABORATO: P E A 1 3 1 V I I I 2 0 0 0 I I R E L 0 1 A

SCALA -

CAPOGRUPPO

HYpro srl — ARTEC ASSOCIATI S.r.l. consulting & engineering — DI LIETO & C. S.R.L. SERVIZI DI ARCHEOLOGIA ED APPLICAZIONI TECNOLOGICHE PER I BENI CULTURALI ED IL RILIEVO — BIOL. A. NICASTRO

RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
Dott. Ing. Vincenzo Secreti

GEOLOGO:
Dott. Geol. Giuseppe Cerchiaro

CSP:
Ing. Vincenzo Ferreri

COORDINAMENTO UNITA' DI PROGETTAZIONE

PROGETTAZIONE IDRAULICA - MARITTIMA	Ing. M. Brocato (AA)
PROGETTAZIONE IDRAULICA - FLUVIALE	Ing. V. Secreti (HY)
STRUTTURE	Ing. G. Civitate (HY)
AMBIENTE E PAESAGGIO	Ing. V. Bonifati (HY)
GEOLOGIA	Geol. G. Cerchiaro (HY)
MONITORAGGI GEOTECNICI	Geol. A. Grispino (HY)
MONITORAGGI AMBIENTALI	Geol. G. Pettinato (HY)
GEOTECNICA	Ing. F. Conte (HY)
CANTIERIZZAZIONE E GESTIONE TERRE	Ing. F. Cocchiero (HY)
STIME E CAPITOLATI	Ing. A.A. Barbagallo (AA)
RILIEVI E INDAGINI	Ing. R. Anastasi (AA)
ARCHEOLOGIA	Dott. M. Di Lieto (DL)
BIOLOGIA MARINA	Dott. A. Nicastro (AN)
PROGETTAZIONE BIM	Ing. R. Nucci (HY)

VISTO DELLA COMMITTENZA:

IL Responsabile Unico del Procedimento
Ing. Danilo Burastero

IL Dirigente del Settore Lavori Pubblici
Ing. Danilo Burastero

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	SETT. 2020	PRIMA EMISSIONE	M. SISINNO	O. CARUSO	V. SECRETI

Sommario

1 PREMESSA 2
2 Cartografia di riferimento 2
3 Normativa di riferimento 2
4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE 3
4.1 L'AREA OGGETTO DI INTERVENTO 3
4.2 CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO 4
5 IDROLOGIA 5
5.1 Analisi Pluviometrica: determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometriche 5
5.2 Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometriche 7
5.3 Inquadramento del reticolo e studio dei bacini idrografici 7
5.4 Stima delle portate: Il modello Afflussi/Deflussi 9
5.4.1 IL METODO RAZIONALE 9
5.5 Risultati ottenuti dalla metodologia C.I.M.A. 9
5.6 Portate di riferimento 9
5.7 Trasporto Solido 9
5.7.1 Condizione di incipiente movimento 10
5.7.2 Capacità di trasporto solido 10
5.7.3 Risultati 11

1 PREMESSA

La presente relazione idrologica è finalizzata a fornire gli strumenti per il corretto dimensionamento e verifica delle opere idrauliche nell'ambito del progetto definitivo dell'intervento denominato "Interventi di difesa e ripascimento del litorale compreso tra Pian di Poma ed il Lido Foce nel Comune di Sanremo". Lo studio idrologico è stato sviluppato sulla base delle indicazioni consigliate dalla metodologia C.I.M.A..

Il presente rapporto ha lo scopo di definire, per ogni corpo idrico individuato, le portate di piena per assegnato tempo di ritorno; per i corsi d'acqua naturali esse rappresentano anche le portate di progetto per le successive verifiche idrauliche delle opere. Per quanto riguarda i fossi appartenenti al reticolo irriguo, le portate individuate rappresentano il dato di input per le successive valutazioni di carattere idraulico - funzionale, svolte nell'ambito della specifica attività di ricognizione del reticolo idrografico.

La determinazione delle portate di progetto è stata preceduta da uno studio sulle caratteristiche dei bacini, finalizzato ad approfondire la conoscenza del territorio e individuare i principali parametri morfologici quali area, lunghezza dell'asta principale, quote massima, minima e media.

I tempi di ritorno usati in questo studio sono:30,50,100,200 e 500 anni.

2 Cartografia di riferimento

La cartografia di base adoperata per il seguente progetto è stata la seguente:

- Quadri DTM 5x5 messo a disposizione dal geoportale della Regione Liguria;
- Quadri della CTR messa a disposizione dal geoportale della regione Liguria;
- Stralcio della Cartografia IGM 1:25.000.

3 Normativa di riferimento

Per lo sviluppo e la redazione dello Studio idrologico sono stati utilizzati i seguenti riferimenti tecnici:

- Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 :Codice dei contratti pubblici
- DM 14/01/2008: "Nuove Norme tecniche per le costruzioni".
- DM 17/01/2018: "Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni".
- Metodologia C.I.M.A..
- D.lgs. 3 aprile 2006, n. 152 - Norme in materia ambientale;
- D. Lgs. n.4 del 16 gennaio 2008 - "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale".
- D.L. 03/04/2006 n. 152: "Norme in materia ambientale"
- D.P.R. 207 del 05/10/2010 "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE".
- Legge n. 394 del 6 dicembre 1991 "Legge quadro sulle aree protette";
- DPR n. 357 dell'8 settembre 1997 "Regolamento recante attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche";

- DM 3 aprile 2000 "Elenco dei siti di importanza comunitaria e delle zone di protezione speciali" individuati ai sensi delle direttive 92/43/CEE e 79/409/CEE, e successivi aggiornamenti;
- Decreto Legislativo 22 gennaio 2004, n. 42: Codice dei beni culturali e del paesaggio, ai sensi dell'articolo 10 della legge 6 luglio 2002, n. 137;
- DPR n.120 del 12/03/2003:Regolamento recante modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 8 settembre 1997, n. 357, concernente attuazione della direttiva 92/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonche' della flora e della fauna selvatiche.
- D.lgs. 9 aprile 2008, n.81 – Testo Unico Sulla Salute e Sicurezza Sul Lavoro

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

4.1 *L'AREA OGGETTO DI INTERVENTO*

Gli interventi di progetto si collocano nel comune di Sanremo è il primo comune della provincia di imperia.

La città è stata fondata a ridosso di due dorsali montuose, che si originano nel Monte Bignone (1300 m circa) e procedono fino al mare: a est, verso il promontorio di Capo Verde (sormontato dal Faro di Capo dell'Arma della Marina), e a ovest fino a Capo Nero.



Figura 1 Zona d'intervento

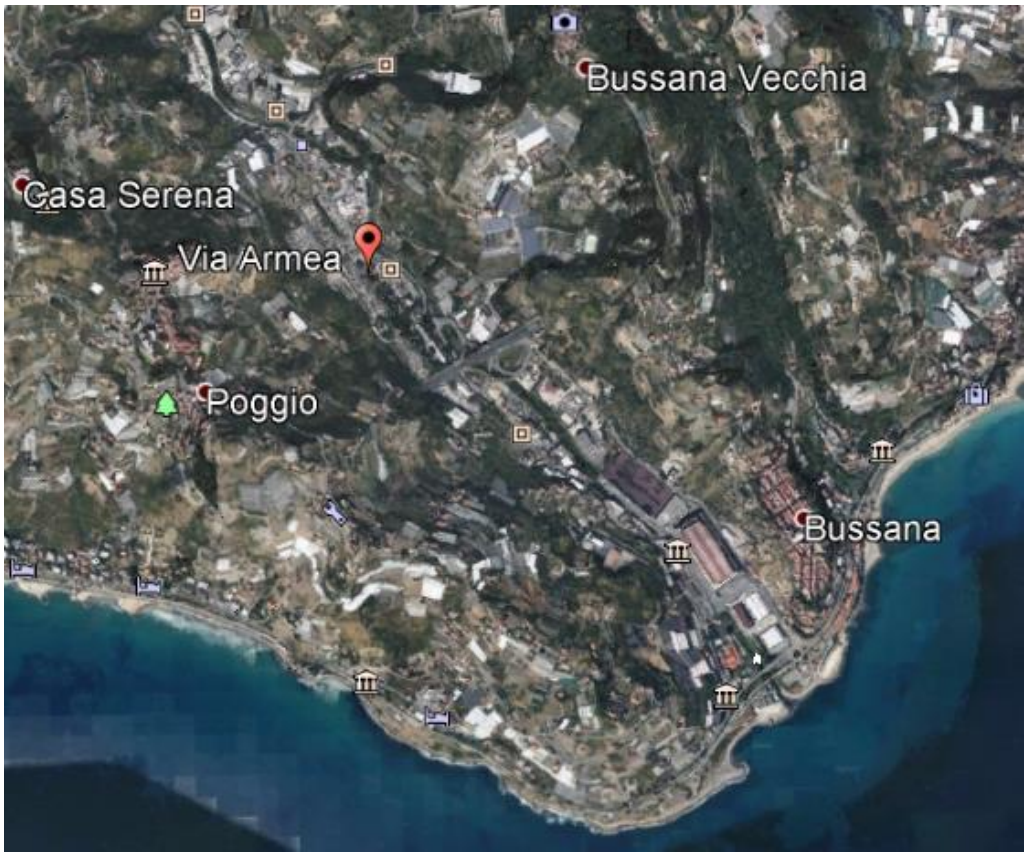


Figura 2 Area di intervento

4.2 *CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO*

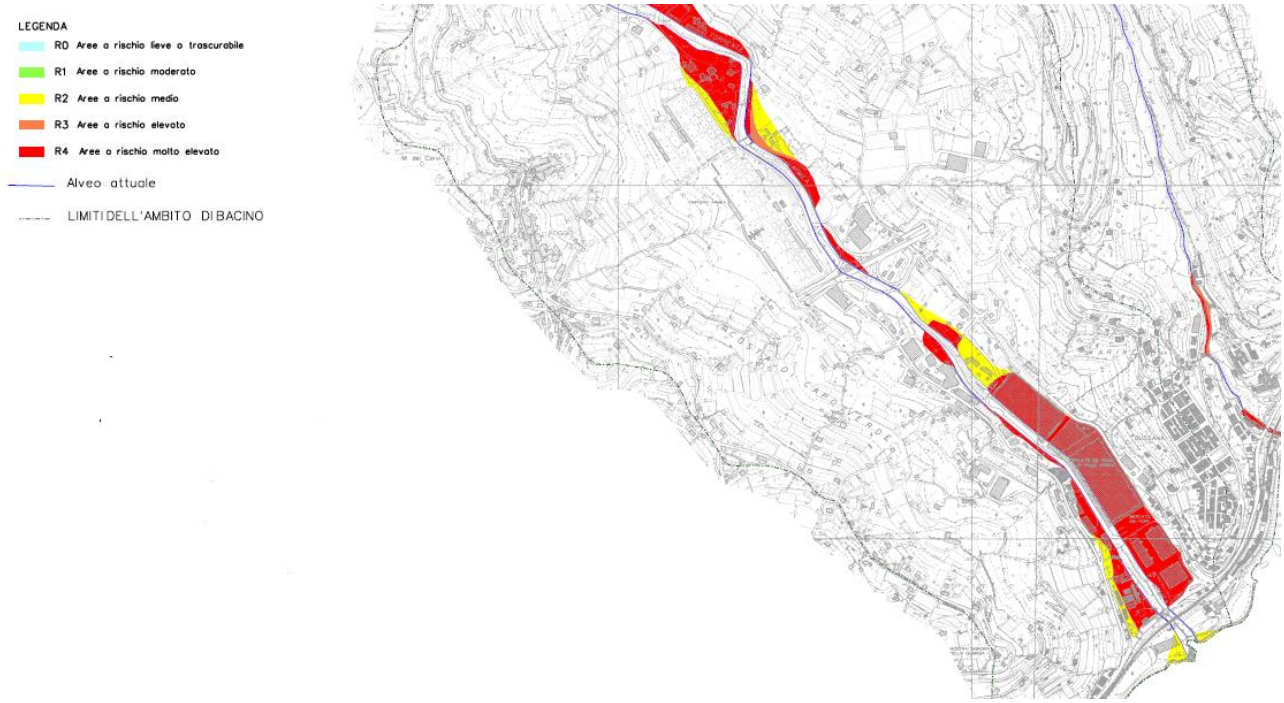


Figura 3 Aree a rischio

5 IDROLOGIA

5.1 *Analisi Pluviometrica: determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometriche*

La verifica dello stato di fatto e la successiva progettazione degli interventi è stata effettuata a partire dall'analisi idrologica dell'area oggetto di studio, condotta a partire dalle informazioni pluviometriche dell'area di interesse, quest'ultime deducibili dagli Annali Idrologici; in particolare si è fatto riferimento alle massime altezze di pioggia oraria annua, registrate con intervalli temporali di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Tali curve consentono, per assegnato periodo di ritorno, di definire come variano le altezze massime annuali di precipitazione in funzione della durata considerata.

La forma più comune delle LSPP è:

$$h(d,T) = a(T)d^n$$

con:

h(d,T): altezza di precipitazione massima annuale per durata d e periodo di ritorno T

a(T): coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno;

n: esponente della relazione di scala.

Nel caso in esame è stato mostrato come per tutte le durate fino a 24 ore la distribuzione di probabilità possa essere ritenuta costante nella sua forma adimensionale. Ciò significa che, una volta fissato il periodo di ritorno, il rapporto tra il quantile corrispondente a tale periodo di ritorno ed il valore atteso è costante per qualunque durata. In tali condizioni quindi il coefficiente a(T) può essere espresso nella forma:

$$a(T) = K_T \frac{E[[H_{d1}]}{d_1^n}$$

con:

$E[H_{d1}]$ valore atteso della altezza di precipitazione massima annuale per la durata di riferimento d1

K_T coefficiente moltiplicativo dipendente dal periodo di ritorno.

Inoltre, è stato messo in luce che le differenze tra i diversi valori assunti da

$$\frac{E[H_{d1}]}{d_1^n}$$

sono riconducibili alla variabilità campionaria e che per congruenza con il metodo di valutazione delle

portate al colmo di piena si è scelto come pioggia indice $E[H_{12}]$. La forma da utilizzare della LSPP risulta quindi:

$$h(d,T) = K_T\, E[H_{12}] \left(\frac{d}{12}\right) \text{^} n$$

Il valore dell'esponente n si ricava tenendo conto del fatto che per i valori attesi l'equazione precedente assume la forma:

con d(durata in ore)

Quindi con una regressione lineare dei logaritmi delle medie regionali dei massimi annuali per le diverse durate sui logaritmi delle rispettive durate si ottiene una stima dell'esponente n, pari a n=0.39. Nella figura che segue è riportata la curva di scala con le medie regionali per le diverse durate. Si può osservare come essa si adegui in maniera molto soddisfacente alle osservazioni.

Quindi l'ipotesi che i valori attesi della pioggia indice varino con la durata secondo l'espressione della LSPP riportata risulta del tutto accettabile.

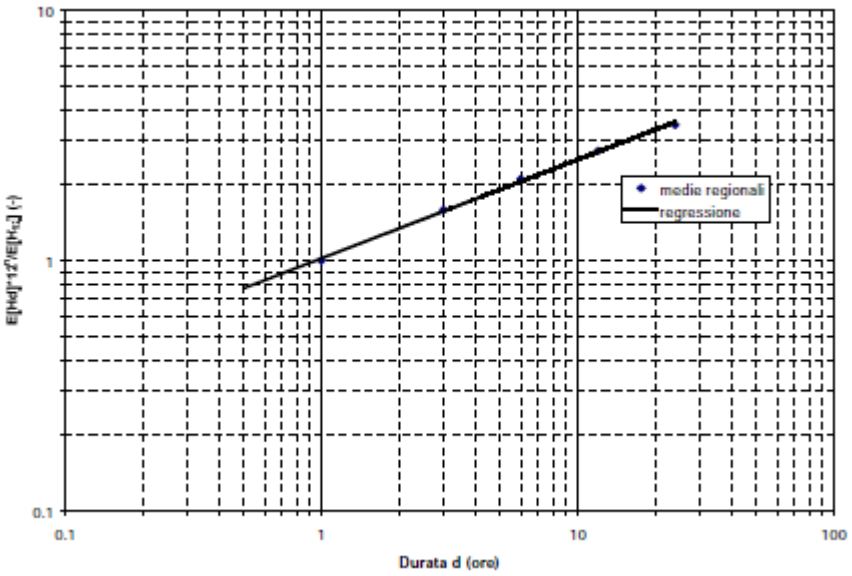


Figura 4 Massimi annuali di precipitazione per durate di tempo

Una volta valutato l'esponente n, il valore di $E[H_{12}]/12^n$ può essere valutato per qualsiasi sito nella regione, essendo noto $E[H_{12}]$.

sulla cartografia regionale si individua la zona di bacino di interesse oppure, se si opera a scala di bacino, la posizione x del suo baricentro, in longitudine est da Greenwich; con il valore di x si ricavano i valori tabellati di $E[H_1]$.; Il parametro legato al tempo di ritorno K_T può essere letto direttamente dal grafico della curva di crescita seguente.

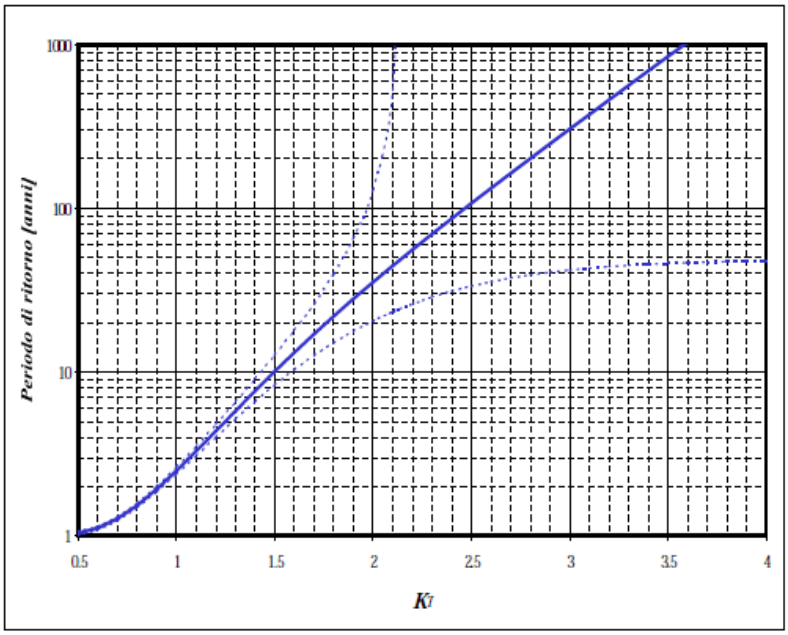


Figura 5 Curve di crescita regionale

come conseguenza di ciò la LSPP assume quindi la forma:

$$h(d,T) = K_T E[H_1] d^{0.39}$$

5.2 *Determinazione delle linee segnalatrici di probabilità pluviometriche*

Attraverso tali parametri è stato possibile stimare la pioggia indice e successivamente, moltiplicando per gli opportuni coefficienti di crescita, definire le altezze di pioggia a differente tempo di ritorno T.

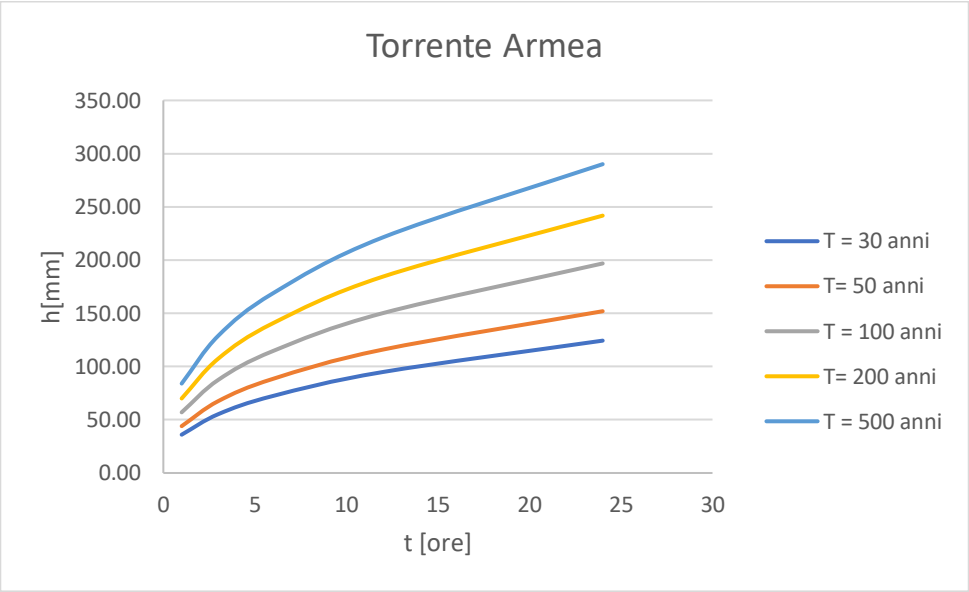


Figura 6 CPP Torrente Armea

5.3 *Inquadramento del reticolo e studio dei bacini idrografici*

All'interno dell'area di studio, è stato delimitato il bacino idrografico per il quale sono state definite le seguenti caratteristiche geometriche:

- Superficie del bacino in [kmq];
- Lunghezza asta principale in [km];

e altimetriche

- Altitudine massima [m.s.l.m]
- Altitudine minima [m.s.l.m]
- Altitudine media [m.s.l.m]

Per quanto riguarda la definizione delle caratteristiche geometriche, la delimitazione della superficie e l'individuazione dell'asta principale sono state effettuate facendo riferimento alla cartografia IGM 1:25.000



Figura 7 Bacino idrologico

Per quanto riguarda le caratteristiche altimetriche, l'estrapolazione delle quote è stata effettuata mediante applicativo GIS, sulla base del DTM 5x5 messo a disposizione dal geoportale della Regione Liguria



Figura 8 Curve di livello da DTM

Infine, per il bacino è stato anche calcolato il tempo di corrivazione, il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano a raggiungere la sezione di chiusura, mediante la formula di formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4 * \sqrt{A} + 1.5 * L}{0.8 * \sqrt{H_m - H_0}}$$

in cui tc è misurato in ore, L indica la lunghezza dell'asta fluviale in km, Hm altezza media del bacino, H0 quota sezione di chiusura bacino in me A superficie del bacino in km.

Nella tabella seguente si riportano i risultati ottenuti:

Bacino	A [mq]	A [kmq]	L [km]	Hmin [m.s.l.m]	Hmax [m.s.l.m]	Hmed [m.s.l.m]	tc [h]
Armea	38000000	38,00	16,00	0	1245,00	540,00	2,62

Figura 9 Dati del torrente Armea

5.4 *Stima delle portate: Il modello Afflussi/Deflussi*

La stima delle portate è stata effettuata facendo riferimento al modelli Afflussi/deflussi:

5.4.1 IL METODO RAZIONALE

Nella trasformazione afflussi deflussi, il metodo razionale appare come un procedimento particolarmente semplice per la stima della portata a colmo di piena ad assegnato tempo di ritorno. Tale approccio si basa sull'utilizzo della curva di possibilità pluviometrica e sull'ipotesi che a parità di tempo di ritorno, la portata al colmo maggiore è prodotta dall'evento la cui durata è identica al tempo di corrivazione. Il metodo razionale è rappresentato dalla seguente formula analitica:

$$Q_{t_c,T} = \frac{\Phi i(t_c)A}{3.6}$$

in cui

Φ è il coefficiente di deflusso, indicante il rapporto tra i deflussi e gli afflussi, assunto pari a 0.70 ;

t_c è il tempo di corrivazione del bacino considerato [ore]

i_{t_c} è l'intensità di pioggia di un evento avente durata d = tc [mm/ora]

A è la superficie del bacino (o area scolante) [Km2]

$Q(t_c, T)$ è la portata al colmo di piena che defluisce alla sezione di chiusura in corrispondenza di un evento di durata t_c e tempo di ritorno T [m3/s];

5.5 *Risultati ottenuti dalla metodologia C.I.M.A.*

Facendo riferimento alla metodologia C.I.M.A. i risultati ottenuti sono stati i seguenti:

BACINO	A[kmq]	tc[h]	Q_{30}[mc/s]	Q_{50}[mc/s]	Q_{100}[mc/s]	Q_{200}[mc/s]	Q_{500}[mc/s]
Armea	38,00	2,62	137,34	167,86	217,46	267,05	320,46

Figura 10 Risultati metodo razionale

5.6 *Portate di riferimento*

Come portate di riferimento verranno prese quelle stimate mediante la metodologia C.I.M.A. della regione Liguria

5.7 *Trasporto Solido*

Le correnti idriche, in relazione ai valori di velocità e ai caratteri della loro turbolenza, sono in grado di trasportare materiali solidi di differente granulometria. Questo fenomeno fisico, denominato trasporto solido, costituisce il punto di unione tra i fenomeni di erosione che interessano, prevalentemente, la parte montana del bacino e quelli di deposito che si verificano nella zona valliva e alla foce del corso d'acqua. Il trasporto solido riguarda sia i sedimenti originati dall'erosione dei versanti che quelli provenienti dall'evoluzione naturale del reticolo idrografico (fenomeni di scavo del fondo alveo, di erosione delle sponde etc.) e pertanto il suo studio deve essere posto alla base della scelta degli interventi di sistemazione della rete fluviale e del relativo bacino idrografico. Il materiale che la corrente liquida rimuove dal fondo può essere trasportato, per tratti più o meno lunghi, con balzi, rotolamenti, oppure in sospensione, a seconda del tipo di sedimento (coesivo o non), delle sue proprietà fisiche (dimensione dei grani, forma e densità), della sua velocità di sedimentazione e delle caratteristiche della corrente idrica (velocità, altezza idrica etc.).Lo studio del trasporto solido viene in genere effettuato in base alla teoria di

Shields, per determinare le condizioni di incipiente movimento, e alla teoria di Meyer-Peter e Müller per quanto riguarda la valutazione della portata solida; per la stima del materiale solido prodotto dal bacino, invece, verranno sinteticamente descritti alcuni metodi di tipo empirico. Si vuole infine sottolineare che le metodologie utilizzate per la determinazione dei caratteri del trasporto solido discendono, in generale, dall'analisi dei risultati di prove di laboratorio che si riferiscono a situazioni necessariamente schematizzate. Applicando tali metodologie a situazioni reali e più complesse si incorre quindi in errori ed incertezze difficilmente quantificabili di cui bisogna però tenere conto attraverso un'analisi critica dei risultati ottenuti.

5.7.1 Condizione di incipiente movimento

L'inizio del moto delle particelle costitutive dell'alveo di un corso d'acqua può essere definito studiando l'equilibrio tra le forze che favoriscono la mobilizzazione delle particelle e quelle che tendono ad opporsi a questo movimento. La relazione di equilibrio può essere scritta nella forma seguente:

$$\tau = \frac{\tau_0}{(\gamma s - \gamma)d}$$

τ_0 è lo sforzo tangenziale alla parete, $\boldsymbol{\gamma}$s e $\boldsymbol{\gamma}$ sono rispettivamente il peso specifico del materiale solido e dell'acqua, d è il diametro caratteristico del materiale costituente il fondo alveo.

Indicando con τcr il valore che τ assume all'inizio del movimento della particella, Shields dimostrò sperimentalmente che tale grandezza è univocamente legata al numero di Reynolds Re*. In particolare, considerando le condizioni di moto dei corsi d'acqua oggetto di studio, τcr assume valore praticamente costante e pari, secondo Shields, a 0.056.

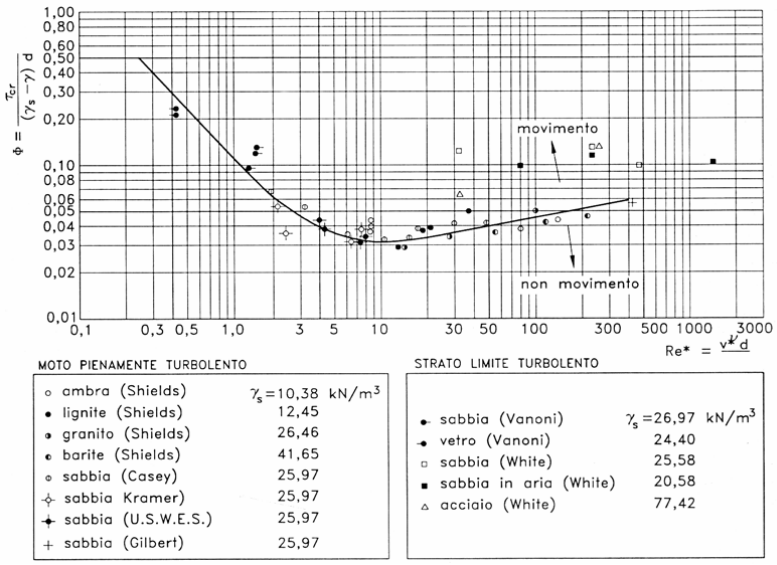


Figura 11 abaco di Shields

5.7.2 Capacità di trasporto solido

La capacità di trasporto solido può essere calcolata con la formula di Meyer-Peter e Müller, ricavata in base ad un elevato numero di prove sperimentali. Tale formula può essere espressa nelle variabili adimensionali Ø e τ*, che rappresentano rispettivamente la portata solida adimensionale ed il parametro di mobilità di Shields. Quindi nel caso nel caso in cui

$$\tau^* > \tau cr$$

si ha il moto delle particelle tenendo presente che:

$$\tau^* = \frac{R * i}{(s-1) * d}$$

s: rappresenta la densità relativa (ρs/ρ);

la portata solida adimensionale risulta pari a

$$Ø=8(\tau^* - \tau cr)^{1.5}$$

La portata solida per unità di larghezza sarà:

$$q_{sf} = Ø * \sqrt{(s-1) * g * d^3}\ [mq/s]$$

*5.7.3 **Risultati***

STIMA DELLA PORTATA SOLIDA										
T[anni]	H (cm)	Q[mc/s]	pendenza [%}	S (densità relativa)	d[m] (particelle)	τcr (sforzo tangenziale critico)	τ* (agente)	τ*-τcr	ϕ (portata solida adimensionale)	qsf [mq/s] (portata solida per unità di larghezza)
30	71	137,340	0,04	2,5	0,02	0,056	0,873	0,817	5,910	0,064
50	81	167,860	0,04	2,5	0,02	0,056	0,986	0,930	7,177	0,078
100	94	217,460	0,04	2,5	0,02	0,056	1,130	1,074	8,903	0,097
200	107	267,050	0,04	2,5	0,02	0,056	1,270	1,214	10,707	0,116
500	117	320,460	0,04	2,5	0,02	0,056	1,376	1,320	12,139	0,132

Figura 12 Trasporto solido [mq/s]

Da quanto riportato nel paragrafo 4.2 si evince la pericolosità idraulica per il torrente Armea e secondo quanto nella "Delibera della giunta regionale 06/03/2009 N° 226" si può giustificare il prelievo di materiale litologico nel rispetto delle seguenti:

"L'asportazione del materiale litoide dagli alvei dei corsi d'acqua e dalle aree di demanio fluviale e lacuale è consentita, salvo obblighi derivanti da norme speciali in materia ambientale, solo nei seguenti casi:

a) interventi che si rendano necessari per finalità di riduzione delle condizioni di rischio idraulico e di connessa tutela della pubblica e privata incolumità. Si possono configurare in particolare come:

- interventi finalizzati alla conservazione della sezione utile di deflusso, alla eliminazione di manifesti sovralluvionamenti di alveo a seguito di eventi di piena eccezionali, al mantenimento o al recupero dell'officiosità delle opere e delle infrastrutture, laddove, sulla base di adeguati studi, verifiche e progettazioni, tali interventi risultino necessari ed adeguati alla mitigazione del rischio idraulico;
- asportazioni incluse, sulla base di adeguati studi e verifiche, in interventi di difesa e sistemazione idraulica finalizzati alla riduzione delle condizioni di rischio idraulico, purché conformi ai criteri ed indirizzi dell'Autorità di bacino regionale;"

Secondo quanto riportato sul "Piano tecnico della Costa" della regione Liguria solo per motivi legati alla manutenzione e alla funzionalità idraulica i sedimenti possono essere riportati più a valle o sulla costa. Di conseguenza Il materiale prelevato sarà usato nel ripascimento della spiaggia per garantire i fattori che contribuiscono a regolare l'equilibrio di un tratto di costa: la conformazione morfologica emersa e sommersa, il regime degli apporti solidi dei principali corsi d'acqua, l'orientamento della di riva (unità fisiografica). L'unita fisiografica rappresenta un tratto di costa, sotteso a uno o più bacini idrografici, identificabile in base a specificità morfologiche, idrografiche ed infrastrutturali, che lo contraddistinguono rispetto ai tratti contigui. I limiti possono essere costituiti, oltre che da elementi morfologici naturali, anche da opere marittime di grandi dimensioni che interrompono gran parte del trasporto solido litoraneo.