



Interreg

ALCOTRA

ORISQ'EAU

Fonds européen de développement régional
Fondo europeo di sviluppo regionale



UNION EUROPÉENNE
UNIONE EUROPEA

COMUNE DI

SAN LORENZO AL MARE

**Aumento della resilienza dei territori
Alcotra a rischio inondazioni improvvise e
inquinamento acque**

**REPORT ANALISI GRANULOMETRICHE
Azione 3.2.2**



PREMESSA

Lo studio realizzato è stato sostanzialmente finalizzato a fornire utili indicazioni relative al trasporto solido del Torrente San Lorenzo e del Rio Fossarelli, attraverso la caratterizzazione del materiale attualmente presente in alveo con determinazione della distribuzione granulometrica dei sedimenti medio – grossolani.

Il fenomeno del trasporto solido, infatti, strettamente connesso alle caratteristiche geomorfologiche e geologiche del bacino di alimentazione, ricopre un ruolo importante nella dinamica dell'alveo ed è in grado di causare o peggiorare situazioni di rischio idraulico e/o idrogeologico di un bacino.

Nonostante la valutazione del trasporto solido risulti difficilmente quantificabile a meno di monitoraggi (attualmente pressoché inesistenti in zona) o modellizzazioni complesse, si è cercato, nel corso di tale lavoro, di fornire comunque alcune indicazioni di massima attraverso l'utilizzo di metodologie semplificate ma significative.

**CARATTERIZZAZIONE DEL MATERIALE IN ALVEO CON
DETERMINAZIONE DELLA DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA DEI
SEDIMENTI MEDIO - GROSSOLANI**

Per ottenere una rappresentazione soddisfacente del trasporto solido è necessario valutare la distribuzione granulometrica dei sedimenti caratteristici del materiale presente in alveo.

Tale studio è stato effettuato in quattro tratti dell'alveo, come riportato nella Tavola in allegato.

Il metodo classico ed universalmente diffuso per la stima analitica della granulometria di un deposito consiste nel prelievo di una quantità di materiale sufficientemente rappresentativa, la quale viene sottoposta ad un'analisi di laboratorio che consiste sostanzialmente nel vagliare i sedimenti con setacci a maglie quadrate aventi diametri standard. Tale procedura è facilmente applicabile per corsi d'acqua caratterizzati da alvei sabbiosi e ghiaiosi mentre incontra notevoli difficoltà pratiche e logistiche per letti con sedimenti grossolani; poiché il caso in esame ricade generalmente in questa seconda situazione si sono, pertanto, ricercate metodologie alternative in grado di fornire, comunque, risultati attendibili e significativi.

Tali metodi consistono essenzialmente nella sostituzione della curva granulometrica "classica" con una curva in cui le percentuali dei passanti si riferiscono alle frequenze dei diametri del campione; la curva granulometrica è costruita, pertanto, sulla base del campionamento numerale del materiale presente in alveo (Lenzi, 1992).

Ogni ciottolo può essere assimilato ad un ellissoide le cui dimensioni principali sono costituite dai tre diametri misurati in corrispondenza dei suoi assi principali (convenzionalmente "a": diametro massimo, "b": diametro intermedio e "c": diametro minimo).

Nella determinazione della granulometria numerale si prevede di non rimuovere i sedimenti dall'alveo ma di misurare sul terreno, in particolare, il loro diametro intermedio "b" il quale determinerà il passaggio o meno del campione attraverso la maglia di un setaccio (Wolman, 1954).

Nel caso in oggetto si è provveduto al campionamento dei sedimenti in alveo utilizzando la metodologia “in linea” (transect-line), con realizzazione, mediante rotella metrica, di n. 7 stendimenti di 10 metri di lunghezza ciascuno opportunamente ubicati nei tratti di alveo interessati dall’indagine (per l’esatta posizione si rimanda alla consultazione della carta in allegato) e conseguente misura dei diametri a, b, e c dei campioni riscontrati ad intervalli di m 0,5 (per un totale di **140 campioni**).

Sulla base di quanto affermato in precedenza particolare attenzione è stata ovviamente posta alla misura **del diametro intermedio “b”**.

Nelle pagine seguenti vengono riportate le tabelle riassuntive delle misurazioni effettuate sul terreno.

STENDIMENTO n. 1 - Area a monte dell'Autostrada

Distanza (m)	Diametro massimo "a" (mm)	Diametro intermedio "b" (mm)	Diametro minimo "c" (mm)
0.5	50	32	8
1.0	295	240	90
1.5	175	90	38
2.0	80	50	22
2.5	185	70	20
3.0	102	70	30
3.5	27	25	2
4.0	60	60	26
4.5	80	70	15
5.0	80	60	29
5.5	285	190	65
6.0	50	40	18
6.5	53	30	3
7.0	58	45	10
7.5	240	200	45
8.0	182	90	52
8.5	48	35	6
9.0	45	28	18
9.5	155	75	40
10.0	155	105	45



Valore minimo diametro intermedio "b": **25 mm**

Valore massimo diametro intermedio "b": **240 mm**

Media: **80,25 mm**

Foto 1: stendimento n. 1

STENDIMENTO n. 1 Bis - Area a monte dell'Autostrada

Distanza (m)	Diametro massimo "a" (mm)	Diametro intermedio "b" (mm)	Diametro minimo "c" (mm)
0.5	45	20	8
1.0	32	16	7
1.5	27	20	6
2.0	77	46	21
2.5	105	60	15
3.0	40	30	5
3.5	88	85	21
4.0	110	85	30
4.5	52	23	6
5.0	32	20	4
5.5	24	14	12
6.0	45	30	25
6.5	16	11	3
7.0	35	30	8
7.5	85	42	10
8.0	66	35	10
8.5	15	9	7
9.0	95	40	16
9.5	34	27	3
10.0	93	65	30



Valore minimo diametro
intermedio "b": **9 mm**

Valore massimo diametro
intermedio "b": **85 mm**

Media: **35,40 mm**

Foto 2: stendimento n. 1 Bis

STENDIMENTO n. 2 - Area Molino Bianco

Distanza (m)	Diametro massimo "a" (mm)	Diametro intermedio "b" (mm)	Diametro minimo "c" (mm)
0.5	70	57	13
1.0	30	30	15
1.5	28	24	7
2.0	135	100	65
2.5	20	16	3
3.0	49	35	17
3.5	150	95	60
4.0	97	85	43
4.5	60	50	22
5.0	276	164	97
5.5	110	95	55
6.0	138	98	52
6.5	65	48	19
7.0	17	17	5
7.5	178	87	46
8.0	185	162	38
8.5	380	197	174
9.0	56	44	13
9.5	210	150	44
10.0	215	130	80



Valore minimo diametro
intermedio "b": **16 mm**

Valore massimo diametro
intermedio "b": **197 mm**

Media: **85,20 mm**

Foto 3: stendimento n. 2

STENDIMENTO n. 3 - Area confluenza Rio Fossarelli

Distanza (m)	Diametro massimo "a" (mm)	Diametro intermedio "b" (mm)	Diametro minimo "c" (mm)
0.5	28	18	17
1.0	38	20	6
1.5	11	9	3
2.0	40	37	7
2.5	82	55	12
3.0	45	31	9
3.5	80	52	18
4.0	470	240	181
4.5	22	12	9
5.0	48	36	28
5.5	12	9	3
6.0	180	143	60
6.5	250	190	75
7.0	90	68	23
7.5	18	10	5
8.0	84	71	29
8.5	20	15	13
9.0	11	9	2
9.5	193	138	60
10.0	115	65	40



Valore minimo diametro intermedio "b": **9 mm**

Valore massimo diametro intermedio "b": **240 mm**

Media: **59,35 mm**

Foto 4: stendimento n. 3

STENDIMENTO n. 3 Bis - Area confluenza Rio Fossarelli

Distanza (m)	Diametro massimo "a" (mm)	Diametro intermedio "b" (mm)	Diametro minimo "c" (mm)
0.5	40	34	7
1.0	130	90	45
1.5	29	21	12
2.0	38	18	14
2.5	310	145	63
3.0	55	44	7
3.5	120	64	40
4.0	145	95	25
4.5	47	29	12
5.0	14	9	3
5.5	48	45	4
6.0	12	9	2
6.5	13	9	4
7.0	25	25	7
7.5	31	18	2
8.0	28	25	5
8.5	116	86	33
9.0	17	12	7
9.5	100	75	56
10.0	21	19	3



Valore minimo diametro
intermedio "b": **9 mm**

Valore massimo diametro
intermedio "b": **145 mm**

Media: **43,40 mm**

Foto 5: stendimento n. 3 Bis

STENDIMENTO n. 4 - Area a valle del ponte dopo confluenza con Rio Fossarelli

Distanza (m)	Diametro massimo "a" (mm)	Diametro intermedio "b" (mm)	Diametro minimo "c" (mm)
0.5	32	19	5
1.0	38	28	4
1.5	64	48	14
2.0	100	65	20
2.5	80	27	25
3.0	36	17	12
3.5	69	29	13
4.0	160	95	55
4.5	38	27	8
5.0	145	60	30
5.5	90	68	30
6.0	105	95	15
6.5	104	73	32
7.0	83	48	15
7.5	48	39	11
8.0	52	48	6
8.5	28	20	1
9.0	185	90	79
9.5	60	48	10
10.0	20	20	7



Valore minimo diametro
intermedio "b": **17 mm**

Valore massimo diametro
intermedio "b": **95 mm**

Media: **48,20 mm**

Foto 6: stendimento n. 4

**STENDIMENTO n. 4 Bis - Area a valle del ponte dopo
confluenza con Rio Fossarelli**

Distanza (m)	Diametro massimo "a" (mm)	Diametro intermedio "b" (mm)	Diametro minimo "c" (mm)
0.5	21	21	5
1.0	25	18	7
1.5	40	25	12
2.0	35	11	3
2.5	18	13	1
3.0	12	9	2
3.5	65	50	10
4.0	19	16	9
4.5	39	25	4
5.0	135	125	28
5.5	50	25	15
6.0	60	58	11
6.5	24	17	8
7.0	50	34	23
7.5	37	28	7
8.0	21	9	3
8.5	19	17	6
9.0	37	15	12
9.5	62	53	9
10.0	60	27	15



Valore minimo diametro
intermedio "b": **9 mm**

Valore massimo diametro
intermedio "b": **125 mm**

Media: **29,55 mm**

Foto 7: stendimento n. 4 Bis

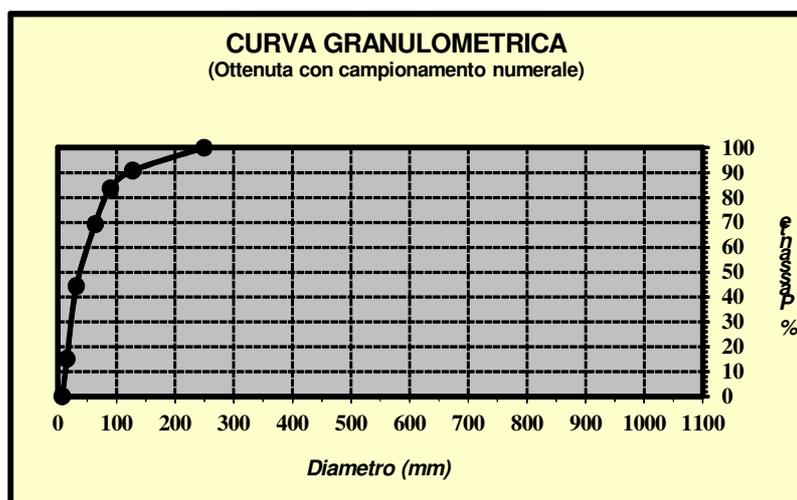
ELABORAZIONE DATI

Una volta riportati i valori di “b” misurati in sito (complessivamente n. 140 misure) si è provveduto all’elaborazioni ed interpretazione dei dati raccolti attraverso le seguenti fasi:

- ordinamento in ordine decrescente dei valori;
- suddivisione del campione in classi granulometriche sulla base della classificazione riportata dall’American Geophysical Union (adeguatamente semplificata), la quale fornisce gli intervalli di diametro per le differenti classi (massi grossi, massi medi, ciottoli grossi etc...);
- determinazione dei vari campioni trattenuti dai setacci ideali con maglie di diametro corrispondente ai limiti delle classi granulometriche;
- costruzione della curva granulometrica rappresentativa, riportante in ascissa i valori del diametro (in mm) ed in ordinata le % del passante in funzione dei vari limiti di diametro imposti per le differenti classi.

*N.B.: ogni misura è stata rapportata a 100 (X:100=n. campioni passanti:140)

TIPO DI SEDIMENTO	INTERVALLO DI DIAMETRO (MM)	N. CAMPIONI TRATTENUTI	N. CAMPIONI PASSANTI	% PASSANTE
Massi grossi	1024 - 2048	0	140	100%
Massi medi	512 - 1024	0	140	100%
Massi piccoli	256 - 512	0	140	100%
Ciottoli grossi	128 - 256	13	127	90,7%
Ciottoli medi	90 - 128	10	117	83,6%
Ciottoli piccoli	64 - 90	20	97	69,2%
Ghiaia molto grossa	32 - 64	35	62	44,2%
Ghiaia grossa	16 - 32	41	21	15%
Ghiaia media	8 - 16	21	0	0%



L'interpretazione dei risultati e della curva ottenuti consentono una caratterizzazione, se pur indicativa e di massima, del materiale presente nell'alveo dei torrenti.

Dall'esame della curva si deduce come i depositi siano principalmente costituiti da ghiaia grossa e molto grossa con subordinata percentuale di ciottoli piccoli e ghiaia media.

Per quel che concerne le frazioni più fini (ad un esame visivo principalmente sabbiose con ghiaia piccola e limitata percentuale di limo e argilla), queste non sono state ovviamente considerate nello studio effettuato poiché ritenute comunque subordinate e meno significative nelle dinamiche dell'alveo.

Dai dati ottenuti è infine possibile ottenere alcuni parametri caratteristici del rilievo granulometrico; tra questi uno dei più significativi risulta essere il ***diametro medio (D_m)*** della distribuzione calcolato come media ponderale dalla sommatoria dei prodotti del numero dei campioni tratti per il diametro medio della classe, come riportato nella seguente tabella.

CLASSE	N. CAMPIONI TRATTENUTI	DIAMETRO MEDIO DELLA CLASSE (DI)	PRODOTTI NC*DI
Ciottoli grossi	13	192	2496
Ciottoli Medi	10	109	1090
Ciottoli piccoli	20	77	1540
Ghiaia molto grossa	35	48	1680
Ghiaia grossa	41	24	984
Ghiaia media	21	12	252

Sommatoria dei prodotti = 8042

Dividendo la sommatoria dei prodotti per 140 si ottiene il diametro medio:

$$D_m = 8042/140 = 57,44 \text{ mm}$$

Valutazione dell'indice di scabrezza

Si deve a Strikler (1923) la seguente relazione fra il valore di K (indice di scabrezza) e il parametro di granulometria D₅₀, che rappresenta il diametro del setaccio che consente il passaggio del 50% del materiale campionato:

$$1/k = D_{50}^{1/6}/21.2$$

con D₅₀ espresso in metri.

Dalla curva granulometrica sopra riportata è possibile ricavare un D₅₀ approssimativamente pari a D₅₀ = 45 mm = 0.045 m.

Sostituendo tale valore nella formula si ottiene un valore dell'indice di scabrezza:

$$k = 35.5$$

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dallo studio effettuato nei quattro tratti di alveo indagati è emerso principalmente quanto segue:

- la caratterizzazione del materiale attualmente presente in alveo, nel settore in esame, con costruzione della curva granulometrica attraverso il campionamento numerale dei depositi (realizzato su n. 7 stendimenti lineari di lunghezza di m 10 ciascuno) ha messo in evidenza una composizione principalmente caratterizzata da ghiaia grossa e molto grossa con subordinata percentuale di ciottoli piccoli e ghiaia media.
- il diametro medio del materiale in sito, ottenuto sulla base di n. 140 misurazioni effettuate, è risultato essere il seguente:

$$D_m = 57,44 \text{ mm}$$

- il D_{50} del materiale presente in alveo, valutato sulla base della curva granulometrica è pari a

$$D_{50} = 45 \text{ mm}$$

- l'indice di scabrezza di Strikler è

$$k = 35,5$$