COMUNE DI BOLANO

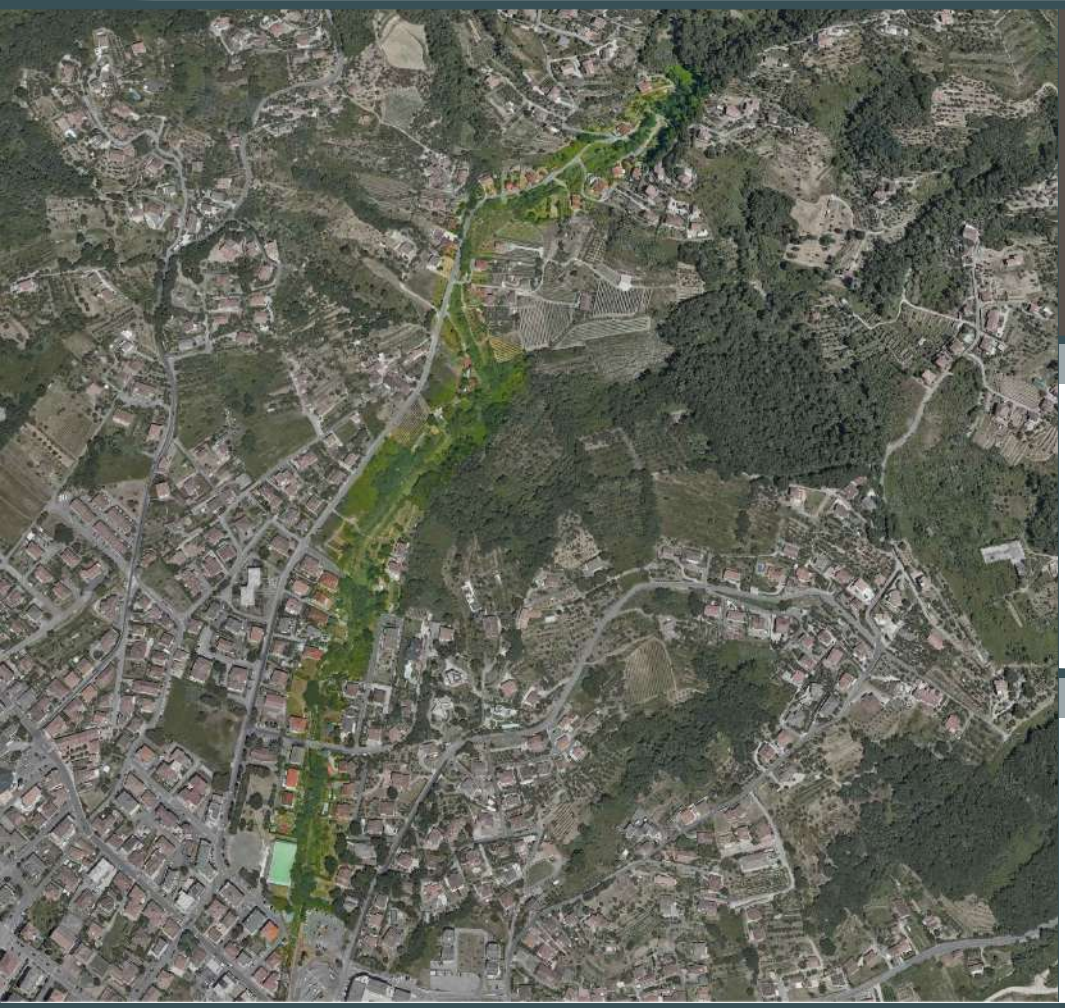
PROVINCIA DI LA SPEZIA

PROGETTO ESECUTIVO

INTERVENTO DI SISTEMAZIONE IDRAULICA DEL CANALE VILLA NEL TRATTO COMPRESO TRA IL PONTE SU VIA PICARDA E LA PASSERELLA PEDONALE DI P.ZZA DELLE CORRIERE A CEPARANA

CUP: D22B15000000003

RELAZIONE SPECIALISTICA DI CALCOLO DEI MASSI CICLOPICI



COD. ELABORATO

PERT0600

PROGETTISTA

DOTT. ING. GIUSEPPE CERVAROLO (CSP)

WWW.EGIUSEPPECERVAROLO.IT

ORDINE INGEGNERI COSENZA
Ingegnere
CERVAROLO
GIUSEPPE
Laurea Specialistica
Sezione: A n. 4577
Settori: Civile-Ambientale

R.U.P.

GEOM. LORENZO BRAGAZZI

Lorenzo Bragazzi
07.08.2025
07:39:39
GMT+01:00

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	ESEGUITO
A	FEBBRAIO 2023	EMISSIONE PROGETTO ESECUTIVO	ING. CERVAROLO
B	LUGLIO 2023	REVISIONE PROGETTO ESECUTIVO	ING. CERVAROLO
C	SETTEMBRE 2023	REVISIONE PROGETTO ESECUTIVO	ING. CERVAROLO
D	DICEMBRE 2023	REVISIONE PROGETTO ESECUTIVO	ING. CERVAROLO

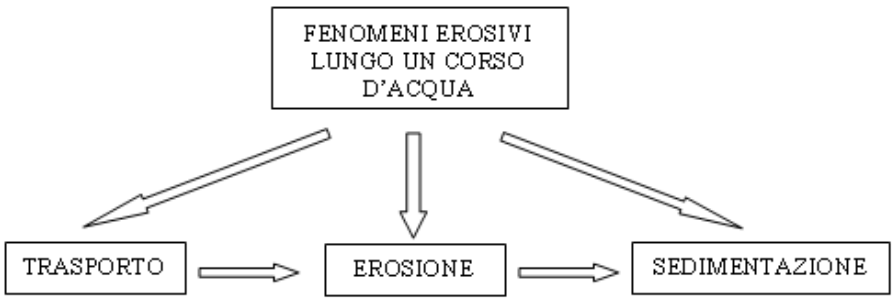
SOMMARIO

Sommario 1
PREMESSA 2
VERIFICA SECONDO L'ANALISI DI MOTO INCIPIENTE 4
RISULTATI OTTENUTI 7
DEFINIZIONE DEL PESO DEI MASSI DA IMPIEGARSI 12
ALLEGATO 1 – ANALISI GRANULOMETRICA 15

PREMESSA

Il passaggio della corrente nelle condizioni di massima piena sulle sponde e sul fondo del rio potrebbe indurre un'azione erosiva potenzialmente in grado di movimentare le particelle costituenti lo strato superficiale del materiale detritico che costituisce il fondo mobile.

La valutazione del fenomeno erosivo indotto può essere condotta con ragionevole approssimazione adottando la trattazione teorica relativa al trasporto solido in condizioni di moto uniforme. In via del tutto generale, il fenomeno può essere ricondotto alla successione di tre eventi distinti, secondo la seguente schematizzazione:



I fattori predominanti che caratterizzano ciascuno dei tre equilibri idrodinamici sono costituiti dalle caratteristiche cinematiche della corrente impattante e dalla granulometria del materiale costituente il fondo dell'alveo. Il regime idrodinamico della corrente può essere espresso attraverso il valore della velocità media nella sezione di deflusso, mentre la granulometria del materiale sottoposto all'azione erosiva viene caratterizzata con il valore del diametro medio delle particelle.

Nella Figura 1 viene riportato il grafico proposto da Hjulström, che descrive il fenomeno erosivo di fondo per un corso d'acqua in funzione della velocità media della corrente e del diametro medio delle particelle costituenti l'alveo.

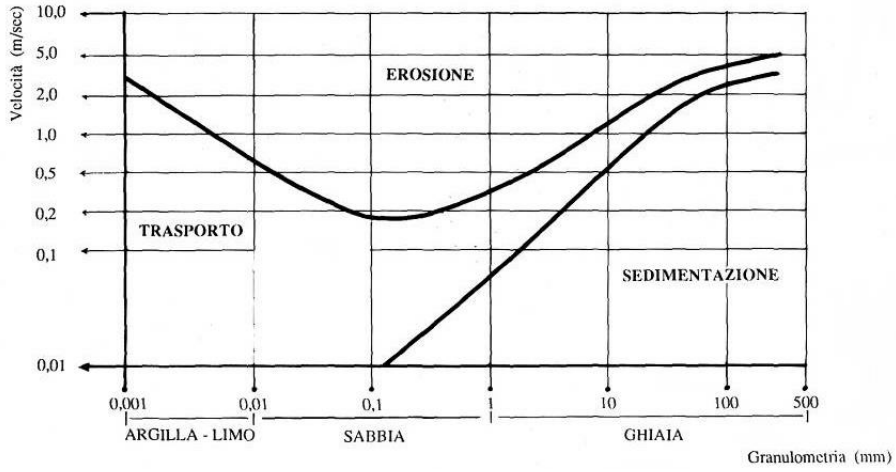


Figura 1 – Diagramma di Hjulström

Le problematiche legate al trasporto solido si riflettono sul corretto dimensionamento delle scogliere e dei massi costituenti le stesse.

Per la verifica al trascinamento del materiale costituente le difese in progetto, occorre considerare l'azione di trascinamento della corrente e verificare la capacità di resistenza al deflusso dell'opera. Per l'analisi si possono utilizzare differenti metodologie di calcolo:

- analisi della condizione di moto incipiente, sulla base delle formulazioni di sforzo tangenziale critico proposte da Shield e poi modificate da diversi autori;
- formulazioni empiriche per le fondazioni di pietrame in scogliera tratte da "Bridge Scour"(Water Resources Publications, LLC, 2000) con particolare attenzione alla formulazione unificata proposta da Pilarczyk;
- formulazioni empiriche di Neill e Bogardi, funzioni delle caratteristiche idrodinamiche della corrente.

VERIFICA SECONDO L'ANALISI DI MOTO INCIPIENTE

L'analisi della condizione di moto incipiente è affrontata sotto l'aspetto dinamico, prendendo in considerazione l'azione di trascinamento esercitata dalla corrente sulle sponde dell'alveo. In particolare, la movimentazione del materiale sul fondo, come sulle sponde, è considerato un fenomeno dipendente dalla tensione di trascinamento τ, il cui valore minimo τ_C perché abbia inizio il suo moto, individua appunto la condizione critica.

Lo sforzo tangenziale τ_0 esercitato dalla corrente sul materiale costituente la sponda può essere espresso come:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R \cdot i$$

dove:

- ɣ (kg/m^3) è il peso specifico dell'acqua,
- R (m) è il raggio idraulico della sezione,
- i (m/m) la pendenza di fondo.

La condizione di stabilità del fondo risulta quando tcr ≥ t_0, ossia quando la tensione tangenziale critica è maggiore o uguale a quella di moto incipiente esercitata dalla corrente.

Il valore di τ_0 deve essere confrontato con lo sforzo tangenziale critico τ_C (condizione di equilibrio limite per il moto delle particelle solide): nel caso in cui $\tau_0 \geq \tau_C$ si instaura la condizione di moto incipiente e le particelle vengono movimentate.

Lo sforzo tangenziale τ_0 esercitato dalla corrente sul materiale costituente il fondo dell'alveo può essere espresso come:

$$\tau_0 = \gamma \cdot h \cdot i$$

dove:

- ɣ (kg/m^3) è il peso specifico dell'acqua,

- h (m) è l'altezza idrica della corrente di moto uniforme,

- i (m/m) la pendenza di fondo.

Il valore di τ_0 deve essere confrontato con lo sforzo tangenziale critico τ_C (condizione di equilibrio limite per il moto delle particelle solide): nel caso in cui $\tau_0 \geq \tau_C$ si instaura la condizione di moto incipiente e le particelle costituenti il fondo alveo (o in questo caso degli elementi costituenti la scogliera) vengono movimentate.

Nella condizione idraulica di microscabrezza (ovvero per tiranti idrici molto maggiori del diametro caratteristico delle particelle), il legame funzionale che esprime la tensione τ_C è:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma)\cdot d} = f(\mathrm{Re}^*)$$

dove Re* rappresenta il numero di Reynolds della corrente di fondo. La relazione precedente è stata ricavata da Shields (1936) ed è stata esplicitata dallo stesso autore attraverso un abaco (abaco di Shields). La funzione f(Re*) rappresenta un parametro adimensionale (parametro di Shields) dipendente dalle caratteristiche dei granuli, nonché ovviamente dal valore del numero di Re* relativo alla velocità di attrito u*.

In letteratura sono disponibili diverse formulazioni per la valutazione del parametro τ_C:

- Shields-Krey (1936), sviluppata per regimi di moto turbolento e in condizioni di d<<h:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma)\cdot d} = 0{,}06$$

- Zeller (1963), relativa a miscugli omogenei esclusivamente in regime turbolento:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma)\cdot d} = 0{,}047$$

- Armanini (1990), applicabile per valori del diametro d confrontabili con il tirante idrico della corrente h

(condizioni di sommergenza bassa):

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma)\cdot d} = 0{,}06 \cdot \left[1 + 0{,}67\left(\frac{d}{h}\right)^{0{,}5}\right]$$

- Egiazaroff (1950), applicabile per miscugli non omogenei in regime esclusivamente turbolento:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma)\cdot d} = \frac{0{,}1}{\left[Log\left(19\frac{d}{d_{50}}\right)\right]^2}$$

- Kalinske, espressione che considera un fattore di compattezza del materiale rappresentante un effetto di mutuo incastro delle particelle:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma)\cdot d} = 0{,}116$$

RISULTATI OTTENUTI

L'analisi della condizione di moto incipiente è affrontata sotto l'aspetto dinamico, prendendo in considerazione l'azione di trascinamento esercitata dalla corrente.

Lo sforzo tangenziale τ_0 esercitato dalla corrente sul materiale costituente il ***fondo dell'alveo*** può essere espresso come:

$$\tau_0 = \gamma \cdot h \cdot i$$

Assumendo come valore di γ= 9810 N/m^3 (*peso specifico dell'acqua*).

h= *tirante idrico* calcolato come la differenza tra l'altezza idrometrica e la quota di fondo alveo (espresso in metri);

i = *pendenza motrice* (espressa in percentuale).

Lo sforzo tangenziale agente sulle ***sponde*** risulta:

$$\tau_{0sponde} = 0.75 \cdot \tau_0$$

Nella condizione idraulica di microscabrezza (ovvero per tiranti idrici molto maggiori del diametro caratteristico delle particelle), il legame funzionale che esprime la tensione τ_C è:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = f(\mathrm{Re}^*)$$

In letteratura sono disponibili diverse formulazioni per la valutazione del parametro τ_C.

Per il dimensionamento degli elementi costituenti la scogliera, la formulazione che meglio approssima le condizioni in esame è quella di Kalinske, rappresentativa del mutuo incastro delle particelle utilizzando la seguente formula:

$$\frac{\tau_c}{(\gamma_s - \gamma) \cdot d} = 0{,}116$$

Dove γ_s pari a 25497 N/m^3 (peso specifico del materiale utilizzato);

d=diametro massi utilizzati per pavimentare il fondo alveo.

Gli sforzi tangenziali agenti sul fondo e sulle sponde nelle tabelle sono stati forniti in output dal modello matematico di Hec- Ras.

Utilizzando un diametro dei massi d=0.60 m, le sezioni risultano verificate poiché il τ_c è pari a 1091.82 N/m^2 e perciò $\tau_c > \tau_0$.

Inoltre, a scopo cautelativo si è scelto di adottare un diametro pari a 0.80 m.

In alcune sezioni (sez.17.9 – sez.16.9 – sez. 14.9 – sez. 13.9) il diametro sopra considerato non è sufficiente, la verifica viene soddisfatta per un diametro pari a 1 m, ad eccezione della sez.17.9 dove è sufficiente un diametro di 1.1 m.

- sez. 17.9: d=1.10 m;
- sez. 16.9: d=1.00 m;
- sez. 14.9: d=1.00 m;
- sez. 13.9: d=1.00 m.

River Sta	Q Total (m3/s)	τ0 (N/m2)	τc (N/m2)	VERIFICA τc >τ0
18	37.5	347.91	1091.82	OK
17.9	37.5	1996.51	2001.66	OK
17.8	37.5	781.23	1091.82	OK
17.6	37.5	834.08	1091.82	OK
17.5	Bridge	Bridge		
17.4	37.5	228.45	1091.82	OK
17	37.5	357.50	1091.82	OK
16.9	37.5	1749.88	1819.69	OK
16	37.5	373.37	1091.82	OK
15.5	37.5	634.74	1091.82	OK
15.2	37.5	847.99	1091.82	OK
15.1	Bridge	Bridge		
15	37.5	462.94	1091.82	OK
14.9	37.5	1674.69	1819.69	OK
14.5	37.5	171.72	1091.82	OK
14.2	Bridge	Bridge		
14	37.5	325.32	1091.82	OK
13.9	37.5	1701.96	1819.69	OK
13.5	37.5	333.95	1091.82	OK
13	37.5	486.83	1091.82	OK
12.8	49.5	576.30	1091.82	OK
12.5	49.5	304.28	1091.82	OK
12	49.5	220.15	1091.82	OK
11.9	Bridge	Bridge		
11.8	49.5	250.99	1091.82	OK
11	49.5	347.33	1091.82	OK
10.5	49.5	979.51	1091.82	OK
10	49.5	320.91	1091.82	OK
9.5	59.6	410.27	1091.82	OK
9	59.6	376.38	1091.82	OK
8.5	59.6	571.81	1091.82	OK
8	59.6	355.41	1091.82	OK
7	59.6	483.79	1091.82	OK
6	59.6	677.41	1091.82	OK
5.5	59.6	98.48	1091.82	OK
5.2	Bridge	Bridge		
5	59.6	104.01	1091.82	OK
4.5	59.6	225.26	1091.82	OK
4	59.6	224.58	1091.82	OK
3.5	59.6	340.09	1091.82	OK
3	59.6	609.41	1091.82	OK
2.8	59.6	152.48	1091.82	OK
2.5	59.6	301.68	1091.82	OK
2.45	59.6	151.77	1091.82	OK
2.41	59.6	161.88	1091.82	OK
2.2	Bridge	Bridge		
2.1	61.8	437.62	1091.82	OK
2	61.8	413.82	1091.82	OK
1.8	61.8	87.40	1091.82	OK
1.5	61.8	232.48	1091.82	OK
1.4	61.8	194.28	1091.82	OK
1.3	61.8	157.47	1091.82	OK
1.2	61.8	165.59	1091.82	OK
1	61.8	161.36	1091.82	OK
0.8	61.8	264.05	1091.82	OK
0.6	61.8	443.72	1091.82	OK
0.5	61.8	564.27	1091.82	OK
0.2	Bridge	Bridge		
0.1	61.8	561.90	1091.82	OK
0	61.8	236.77	1091.82	OK

Si rileva come il valore dello sforzo tangenziale critico τ_c in grado di movimentare suddetti massi risulta superiore alla τ_0 e quindi la verifica al trascinamento degli elementi risulta rispettata.

Pertanto, si può concludere che la verifica al trascinamento al ***fondo alveo*** è soddisfatta.

Per quanto riguarda le sponde, il diametro minimo da usare, affinchè la verifica dia esito positivo, è di 0.50 m con un τ_c pari a 909.85 N/m^2.

Inoltre, a scopo cautelativo si è scelto di adottare un diametro pari a 0.80 m.

In alcune sezioni (sez.17.9 – sez.16.9 – sez. 14.9 – sez. 13.9) il diametro sopra considerato non è sufficiente, la verifica viene soddisfatta per i diametri seguenti:

- sez. 17.9: d=0.90 m;
- sez. 16.9: d=0.80 m;
- sez. 14.9: d=0.70 m;
- sez. 13.9: d=0.80 m.

Pertanto, si può concludere che la verifica al trascinamento sulle ***sponde*** è soddisfatta.

River Sta	Q Total (m3/s)	τ0 (N/m2)	τc (N/m2)	VERIFICA τc >τ0
18	37.5	260.93	909.85	OK
17.9	37.5	1497.38	1637.72	OK
17.8	37.5	585.92	909.85	OK
17.6	37.5	625.56	909.85	OK
17.5	Bridge			
17.4	37.5	171.34	909.85	OK
17	37.5	268.13	909.85	OK
16.9	37.5	1312.41	1455.75	OK
16	37.5	280.03	909.85	OK
15.5	37.5	476.06	909.85	OK
15.2	37.5	635.99	909.85	OK
15.1	Bridge		909.85	
15	37.5	347.21	909.85	OK
14.9	37.5	1256.02	1273.78	OK
14.5	37.5	128.79	909.85	OK
14.2	Bridge			
14	37.5	243.99	909.85	OK
13.9	37.5	1276.47	1455.75	OK
13.5	37.5	250.46	909.85	OK
13	37.5	365.12	909.85	OK
12.8	49.5	432.23	909.85	OK
12.5	49.5	228.21	909.85	OK
12	49.5	165.11	909.85	OK
11.9	Bridge			
11.8	49.5	188.24	909.85	OK
11	49.5	260.50	909.85	OK
10.5	49.5	734.63	909.85	OK
10	49.5	240.68	909.85	OK
9.5	59.6	307.70	909.85	OK
9	59.6	282.29	909.85	OK
8.5	59.6	428.86	909.85	OK
8	59.6	266.56	909.85	OK
7	59.6	362.84	909.85	OK
6	59.6	508.06	909.85	OK
5.5	59.6	73.86	909.85	OK
5.2	Bridge			
5	59.6	78.01	909.85	OK
4.5	59.6	168.95	909.85	OK
4	59.6	168.44	909.85	OK
3.5	59.6	255.07	909.85	OK
3	59.6	457.06	909.85	OK
2.8	59.6	114.36	909.85	OK
2.5	59.6	226.26	909.85	OK
2.45	59.6	113.83	909.85	OK
2.41	59.6	121.41	909.85	OK
2.2	Bridge			
2.1	61.8	328.22	909.85	OK
2	61.8	310.37	909.85	OK
1.8	61.8	65.55	909.85	OK
1.5	61.8	174.36	909.85	OK
1.4	61.8	145.71	909.85	OK
1.3	61.8	118.10	909.85	OK
1.2	61.8	124.19	909.85	OK
1	61.8	121.02	909.85	OK
0.8	61.8	198.04	909.85	OK
0.6	61.8	332.79	909.85	OK
0.5	61.8	423.20	909.85	OK
0.2	Bridge		909.85	
0.1	61.8	421.43	909.85	OK
0	61.8	177.58	909.85	OK

DEFINIZIONE DEL PESO DEI MASSI DA IMPIEGARSI

Secondo la classificazione *UNI EN 13383-1:2004* i massi per scogliera vengono suddivisi in:

Peso singolo:

- di 1a categoria tra kg 300 e kg 1.000;
- di 2a categoria tra kg 1.001 e kg 3.000;
- di 3a categoria tra kg 3.001 e kg 6.000;
- di 4° categoria tra kg 6.001 e kg. 10.000.

Dal confronto fra le tensioni tangenziali esercitate dalla corrente sul fondo e la corrispondente tensione tangenziale critica legata alla pezzatura del materiale utilizzato per il rivestimento, è possibile verificarne la stabilità in alveo identificando le dimensioni dei massi impiegati attraverso il diametro medio di calcolo D50.

Volendo esprimere l'ordine di grandezza dei massi tramite il loro peso, si consideri che, in generale, il volume di elementi di forma abbastanza regolare è compreso tra quello di un cubo di lato pari alla dimensione caratteristica calcolata D50 e quello di una sfera di tale diametro.

Il rapporto tra questi due volumi è 0.52, mentre il volume del masso caratteristico sarà circa pari a 0.8 volte il volume del cubo.

Quindi, per calcolare il volume del masso caratteristico si può utilizzare la seguente semplice formula:

$$V = 0.80 \cdot (D50)^3$$

Il volume per il peso specifico del materiale utilizzato fornisce il peso corrispondente del materiale impiegato.

- ✓ ***FONDO ALVEO***

Con riferimento a quanto precedentemente descritto, il diametro stabile di 0.80 m comporta un volume teorico di un masso sferico pari a:

$$V = 0.80 \cdot 0.80^3 = 0.41\, mc$$

a cui corrisponde un peso del masso pari a 1064.96 kg con un peso specifico del singolo masso pari a 2600 kg/mc.

Per quanto riguarda la sez.17.9, il diametro stabile di 1.1 m comporta un volume teorico di un masso sferico pari a:

$$V = 0.80 \cdot 1.1^3 = 1.06\, mc$$

a cui corrisponde un peso del masso pari a 2768.48 kg con un peso specifico del singolo masso pari a 2600 kg/mc.

Per le sez.16.9 – sez. 14.9 – sez. 13.9, il diametro stabile di 1 m comporta un volume teorico di un masso sferico pari a:

$$V = 0.80 \cdot 1^3 = 0.80\, mc$$

a cui corrisponde un peso del masso pari a 2080 kg con un peso specifico del singolo masso pari a 2600 kg/mc.

Si ritiene opportuno utilizzare massi di ***2a categoria***.

- ✓ ***SPONDE***

In questo caso il diametro per il quale la verifica è soddisfatta risulta essere pari a 0.80 m con un volume teorico calcolato pari a:

$$V = 0.80 \cdot 0.80^3 = 0.17\, mc$$

a cui corrisponde un peso del masso pari a 1064.96 kg con un peso specifico del singolo masso pari a 2600 kg/mc.

Per quanto riguarda la sez.17.9, il diametro stabile di 0.90 m comporta un volume teorico di un masso sferico pari a:

$$V = 0.80 \cdot 0.90^3 = 0.58\, mc$$

a cui corrisponde un peso del masso pari a 1516.32 kg con un peso specifico del singolo masso pari a 2600 kg/mc.

Per le sez.16.9 – sez. 13.9, il diametro stabile di 0.80 m comporta un volume teorico di un masso sferico pari a:

$$V = 0.80 \cdot 0.80^3 = 0.41\, mc$$

a cui corrisponde un peso del masso pari a 1064.96 kg con un peso specifico del singolo masso pari a 2600 kg/mc.

Per la sez. 14.9, il diametro stabile di 0.70 m comporta un volume teorico di un masso sferico pari a:

$$V = 0.80 \cdot 0.70^3 = 0.27\, mc$$

a cui corrisponde un peso del masso pari a 713.44 kg con un peso specifico del singolo masso pari a 2600 kg/mc.

A scopo cautelativo, si ritiene opportuno, per questa sezione, utilizzare massi di 2a categoria.

Si ritiene opportuno utilizzare massi di ***2a categoria***.

ALLEGATO 1 – ANALISI GRANULOMETRICA

GEORES srl
Via Marittima 408 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 250585
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: Ecocantieri Srl
RIFERIMENTO: Bolano
SONDAGGIO: CAMPIONE: Sez. 0.6 PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m³
Peso di volume secco	kN/m³
Peso di volume saturo	kN/m³
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	96.4	%
Sabbia	3.4	%
Limo-Argilla	0.2	%
D 10	2.971334	mm
D 50	7.744049	mm
D 60	9.953273	mm
D 90	110.192500	mm
Passante set. 10	3.6	%
Passante set. 42	0.4	%
Passante set. 200	0.2	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c' Res	kPa	ϕ' Res	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

GEORES srl
Via Marittima 468 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871375 - fax. 0775 200685
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

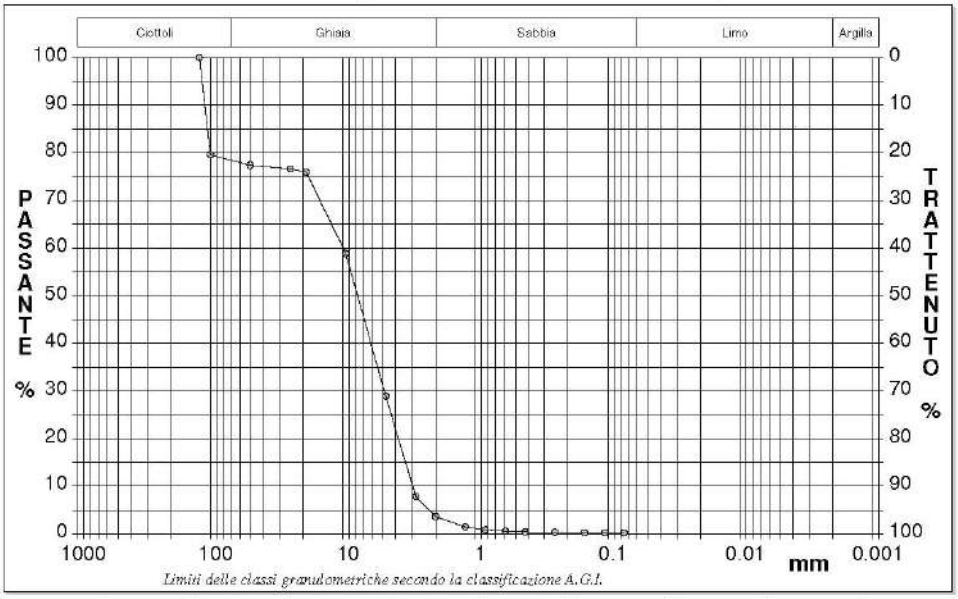
CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 12/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 212 del 05/07/22		Apertura campione: 07/07/22	Fine analisi: 15/07/22

COMMITTENTE: Ecocantieri Srl
RIFERIMENTO: Bolano
SONDAGGIO: CAMPIONE: Sez. 0.6 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma D6913/D6913M - 17

Ghiaia e ciottoli	96.4 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	3.6 %	D_{10}	2.97133 mm
Sabbia	3.4 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	0.4 %	D_{30}	4.87004 mm
Limo-Argilla	0.2 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	0.2 %	D_{50}	7.74405 mm
				D_{60}	9.95327 mm
Coefficiente di uniformità	3.35	Coefficiente di curvatura	0.80	D_{90}	110.19250 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
121.0000	100.00	9.5200	58.90	0.8410	0.87	0.1050	0.30		
100.0000	79.63	4.7500	28.92	0.5950	0.59	0.0750	0.24		
50.0000	77.39	2.8200	7.89	0.4200	0.44				
25.0000	76.61	2.0000	3.61	0.2500	0.37				
19.0000	75.94	1.1900	1.46	0.1500	0.33				

Prova eseguita con quantità di materiale non conforme agli standard normativi

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

GEORES srl
Via Maritima 408 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871378 - fax. 0775 200668
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: Ecocantieri Srl
RIFERIMENTO: Bolano
SONDAGGIO: CAMPIONE: Sez. 5.2 PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m³
Peso di volume secco	kN/m³
Peso di volume saturo	kN/m³
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	89.3	%
Sabbia	9.8	%
Limo-Argilla	0.9	%
D 10	1.860351	mm
D 50	11.376780	mm
D 60	25.001220	mm
D 90	105.464900	mm
Passante set. 10	10.7	%
Passante set. 42	2.0	%
Passante set. 200	1.0	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ Rim	kPa
c_u	kPa	c_u Rim	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c' Res	kPa	ϕ' Res	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

GEORES srl
Via Martiliana 466 - 03100 Frosinone
tel. 0776 871374 - fax. 0776 200695
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

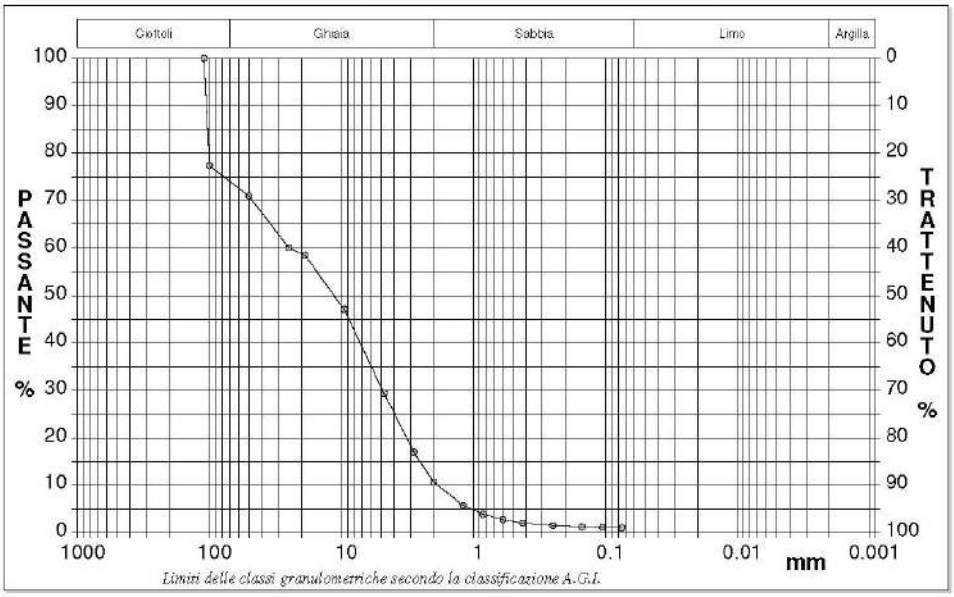
CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA Pagina 1/1		DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 07/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 212 del 05/07/22		Apertura campione: 06/07/22	Fine analisi: 11/07/22

COMMITTENTE: Ecocantieri Srl
RIFERIMENTO: Bolano
SONDAGGIO: CAMPIONE: Sez. 5.2 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma D6913/D6913M - 17

Ghiaia e ciottoli	89.3 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	10.7 %	D_{10}	1.86035 mm
Sabbia	9.8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	2.0 %	D_{30}	4.86839 mm
Limo-Argilla	0.9 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	1.0 %	D_{50}	11.37678 mm
				D_{60}	25.00122 mm
Coefficiente di uniformità	13.44	Coefficiente di curvatura	0.51	D_{90}	105.46490 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
110.0000	100.00	9.5200	47.05	0.8410	3.87	0.1050	1.12		
100.0000	77.36	4.7500	29.37	0.5950	2.75	0.0750	1.00		
50.0000	70.93	2.8200	16.94	0.4200	2.03				
25.0000	60.00	2.0000	10.69	0.2500	1.49				
19.0000	58.49	1.1900	5.74	0.1500	1.23				

Prova eseguita con quantità di materiale non conforme agli standard normativi

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

GEORES srl
Via Marittima 408 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200885
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-04-2021 - Circolare 7618/STC/2010

COMMITTENTE: Ecocantieri Srl		
RIFERIMENTO: Bolano		
SONDAGGIO:	CAMPIONE: Sez. 17.6	PROFONDITA': m

MODULO RIASSUNTIVO

CARATTERISTICHE FISICHE

Umidità naturale	%
Peso di volume	kN/m³
Peso di volume secco	kN/m³
Peso di volume saturo	kN/m³
Peso specifico	
Indice dei vuoti	
Porosità	%
Grado di saturazione	%
Limite di liquidità	%
Limite di plasticità	%
Indice di plasticità	%
Indice di consistenza	
Passante al set. n° 40	
Limite di ritiro	%
CNR-UNI 10006/00	

ANALISI GRANULOMETRICA

Ghiaia	91.1	%
Sabbia	8.8	%
Limo-Argilla	0.1	%
D 10	2.101054	mm
D 50	7.826320	mm
D 60	13.494960	mm
D 90	101.818200	mm
Passante set. 10	8.9	%
Passante set. 42	1.7	%
Passante set. 200	0.3	%

PERMEABILITA'

Coefficiente k	cm/sec

COMPRESSIONE

σ	kPa	σ_{Rim}	kPa
c_u	kPa	$c_{u\ Rim}$	kPa

TAGLIO DIRETTO

Prova consolidata-lenta			
c'	kPa	ϕ'	°
c'Res	kPa	ϕ'_{Res}	°

COMPRESSIONE TRIASSIALE

C.D.	c_d	kPa	ϕ_d	°
C.U.	c'_{cu}	kPa	ϕ'_{cu}	°
	c_{cu}	kPa	ϕ_{cu}	°
U.U.	c_u	kPa	ϕ_u	°

PROVA EDOMETRICA

σ kPa	E kPa	Cv cm²/sec	k cm/sec

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021

GEORES srl
Via Maritima 498 - 03100 Frosinone
tel. 0775 871376 - fax. 0775 200885
laboratorio@geores.it

AZIENDA CON SISTEMA DI GESTIONE QUALITA' UNI EN ISO 9001:2015 CERTIFICATO DA TUV AUSTRIA

Certificazione Ufficiale-Settore A e B- Prove di laboratorio su terre e rocce
AUTORIZZAZIONE MINISTERO INFRASTRUTTURE E TRASPORTI
Decreto 69/01-01-2021 - Circolare 7618/STC/2010

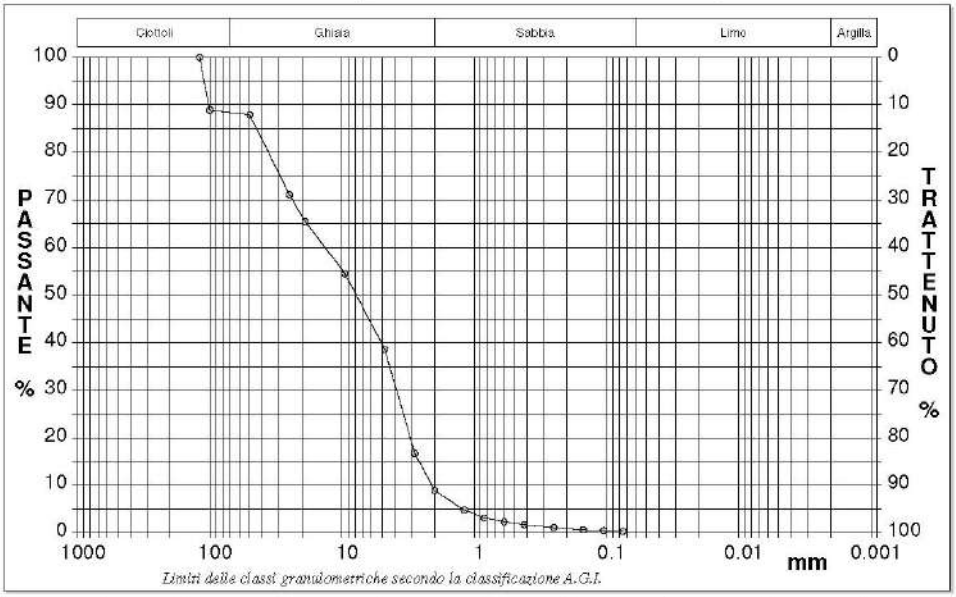
CERTIFICATO DI PROVA N°: BOZZA	Pagina 1/1	DATA DI EMISSIONE:	Inizio analisi: 15/07/22
VERBALE DI ACCETTAZIONE N°: 212 del 05/07/22		Apertura campione: 12/07/22	Fine analisi: 18/07/22

COMMITTENTE: Ecocantieri Srl
RIFERIMENTO: Bolano
SONDAGGIO: CAMPIONE: Sez. 17.6 PROFONDITA': m

ANALISI GRANULOMETRICA

Modalità di prova: Norma D6913/D6913M - 17

Ghiaia e ciottoli	91.1 %	Passante setaccio 10 (2 mm)	8.9 %	D_{10}	2.10105 mm
Sabbia	8.8 %	Passante setaccio 40 (0.42 mm)	1.7 %	D_{30}	3.87282 mm
Limo-Argilla	0.1 %	Passante setaccio 200 (0.075 mm)	0.3 %	D_{50}	7.82632 mm
				D_{60}	13.49496 mm
Coefficiente di uniformità	6.42	Coefficiente di curvatura	0.53	D_{90}	101.81820 mm



Limiti delle classi granulometriche secondo la classificazione A.G.I.

Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %	Diametro mm	Passante %
120.0000	100.00	9.5200	54.49	0.8410	3.13	0.1050	0.52		
100.0000	88.90	4.7500	38.56	0.5950	2.33	0.0750	0.30		
50.0000	87.95	2.8200	16.70	0.4200	1.74				
25.0000	71.05	2.0000	8.88	0.2500	1.12				
19.0000	65.40	1.1900	4.81	0.1500	0.66				

Prova eseguita con quantità di materiale non conforme agli standard normativi

SGEO - Laboratorio 6.3 - 2021