

COMMITTENTE:



ALTA SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA  
LEGGE OBIETTIVO N. 443/01**

**TRATTA A.V. /A.C. TERZO VALICO DEI GIOVI  
PROGETTO ESECUTIVO**

**DEPOSITO INTERMEDIO CASTAGNOLA  
RELAZIONE TECNICA**

GENERAL CONTRACTOR	DIRETTORE DEI LAVORI
Consorzio <b>Cociv</b> Ing.P.P.Marcheselli	

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.
I G 5 1	0 0	E	C V	R O	D P P B 0 0	0 0 1	A

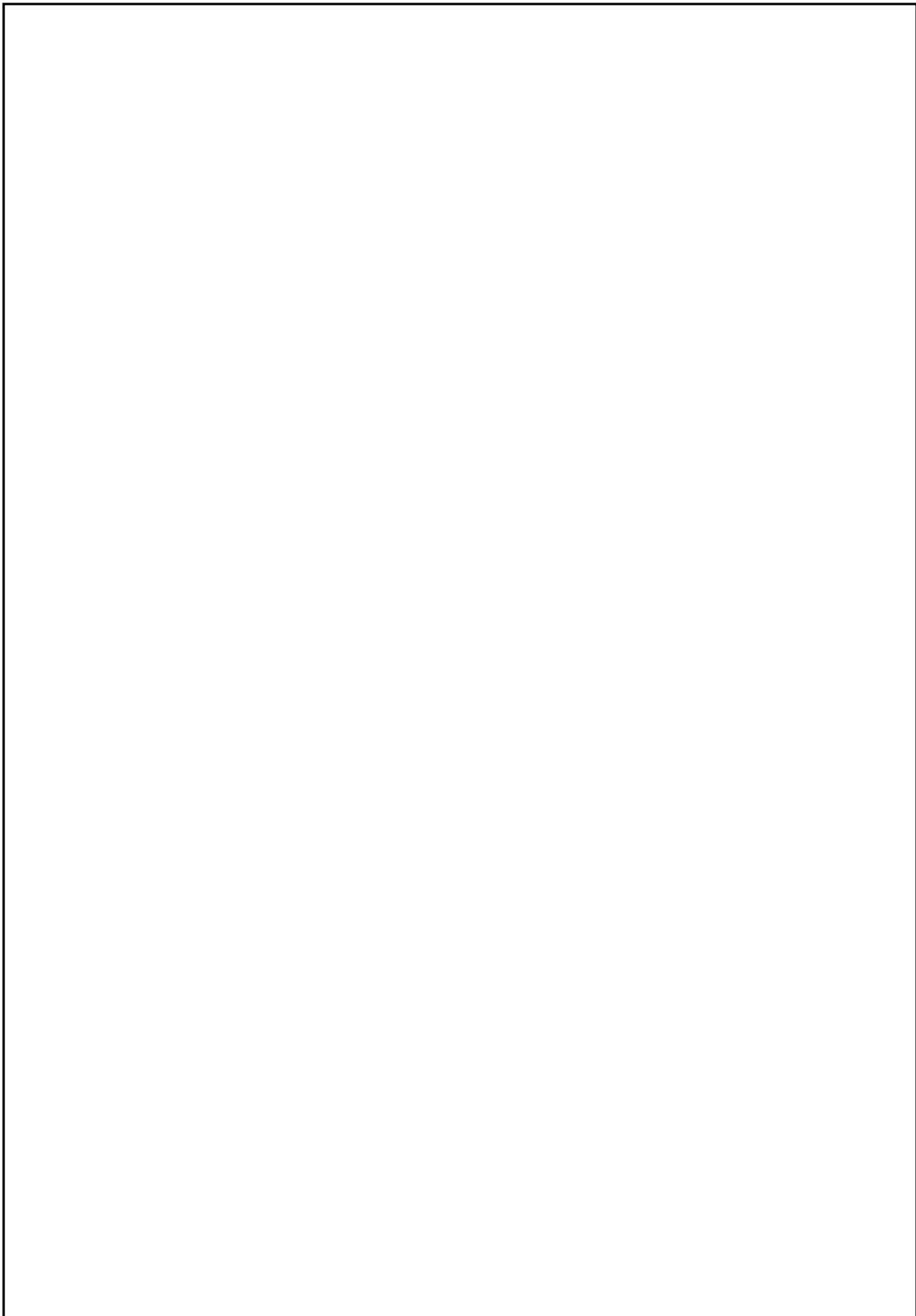
Progettazione :

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Progettista Integratore	Data	IL PROGETTISTA
A00	Prima Emissione	COCIV	15/07/2013	COCIV	15/07/2013	A. Palomba	19/07/2013	

n. Elab.:

File: IG51-01-E-CV-RO-DPPB-00-001-A00

CUP: F81H92000000008



GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-00-E-CV-RO-CA-28-0-1-001-A00  
Relazione generale

Foglio  
3 di 30

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale
	Foglio 4 di 30

## INDICE

INDICE.....		4
1.     PREMESSA .....		6
2.     IL SITO DI INTERVENTO .....		7
3.     DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....		9
4.     VERIFICA IDRAULICA.....		11
4.1.   Regimazione acque Rio di versante .....		11
4.2.   Regimazione acque superficiali del deposito.....		13
4.3.   Vasca disoleatrice .....		17
4.1.   Scogliera di protezione sponda sinistra Torrente Diaterna.....		18
5.     VERIFICHE DI STABILITA'.....		20
5.1.   Descrizione dell'algoritmo .....		20
5.2.   Ricerca delle superfici di scorrimento .....		22
5.3.   Risultati dell'analisi .....		24
6.     OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI DEL MINISTRO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE .....		28

GENERAL CONTRACTOR



ALTA SORVEGLIANZA



IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00  
Relazione generale

Foglio  
5 di 30

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 6 di 30

## 1. PREMESSA

La presente relazione si riferisce al deposito intermedio di Castagnola, finalizzato a stoccare il materiale di smarino proveniente dallo scavo della Finestra Castagnola.

Il volume massimo disponibile per l'accumulo intermedio di materiale è pari a circa 7.000 mc.

## 2. IL SITO DI INTERVENTO

Il sito di intervento è ubicato lungo il tratto di strada, compreso tra la S.P. 163 della Castagnola, nel tratto che collega gli abitati di Voltaggio e di Borgo Fornari, e i nuovi cantieri COP2 e CSP1, in Comune di Voltaggio, Provincia di Alessandria, in sponda sinistra orografica al Torrente Traversa.

Nella seguente figura su base CTR della Regione Piemonte e nella successiva ripresa aerofotografica si evidenzia l'area in oggetto.

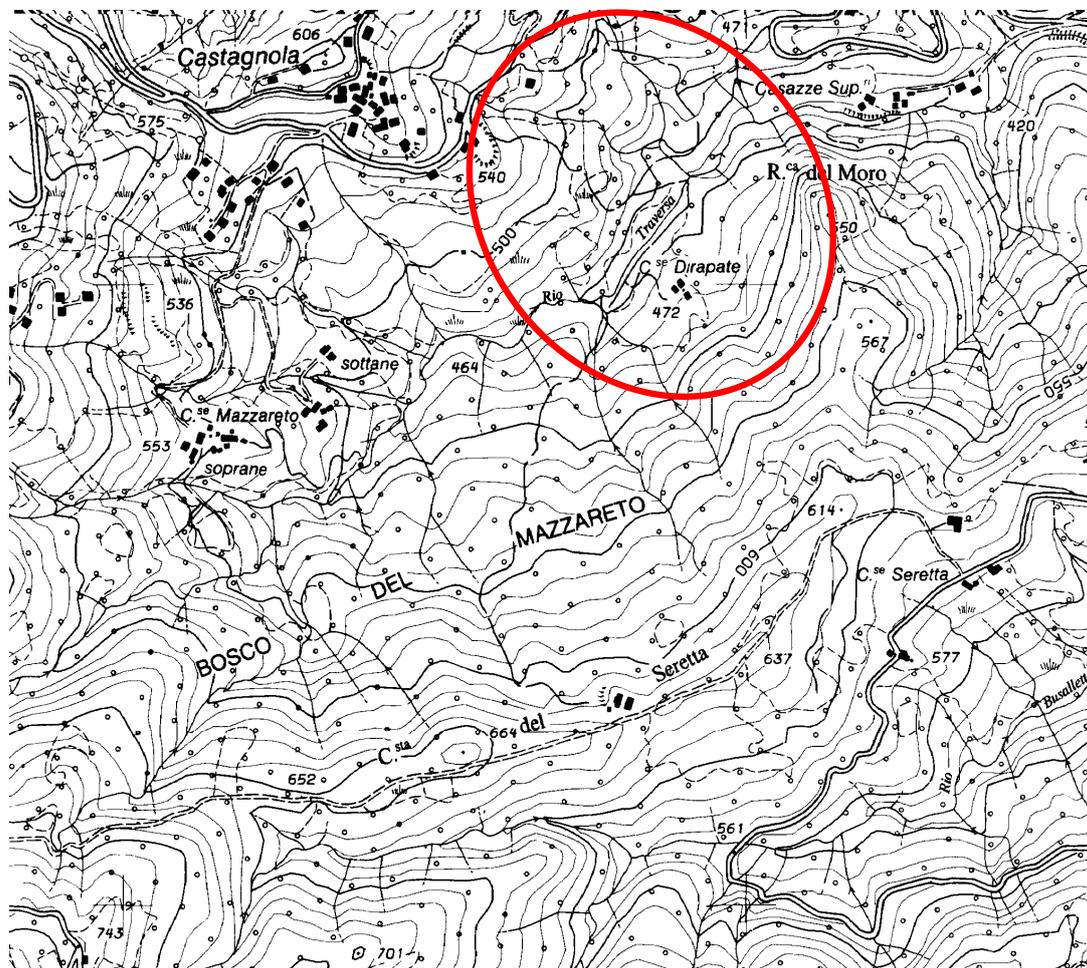


Figura 1 6 Localizzazione del sito di intervento su base CTR della Regione Piemonte



**Figura 2** . Ripresa aerofotografica dell'area di deposito intermedio del materiale

### 3. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Le attività in oggetto prevedono un terrapieno intermedio della capacità utile pari a circa 7.000mc.

L'area, atta ad ospitare l'intervento, si sviluppa a sud della S.P.163, tra la S.P.7 (a est) e la frazione Castagnola (a ovest), sulla sponda sinistra del Torrente Traversa, con una morfologia del terreno sub-pianeggiante, con altezze variabili da circa 448 m s.l.m. a circa 444 m s.l.m.

Il terrapieno intermedio si sviluppa parallelamente al Torrente, da Sud-Ovest verso Nord-Est occupando una superficie totale di circa 2575 mq.

Le scarpate laterali hanno un'inclinazione di circa 33.5°, sviluppandosi su tre livelli differenti, con banchine di m. 1,50 circa.

Altimetricamente, le quote non sono costanti sui vari livelli, a causa di una degradazione del terreno nella zona nord del sito. Ogni livello ha un'altezza di 2.5m, ad esclusione del primo, che risulta essere di circa 1.5 m.

Al fine agevolare le operazioni di coltivazione, verrà realizzata una scogliera di protezione al piede del terrapieno sul lato Sud Est; questa sarà in massi di grossa pezzatura posizionati su uno strato di geotessile di grammatura come da elaborati di riferimento.

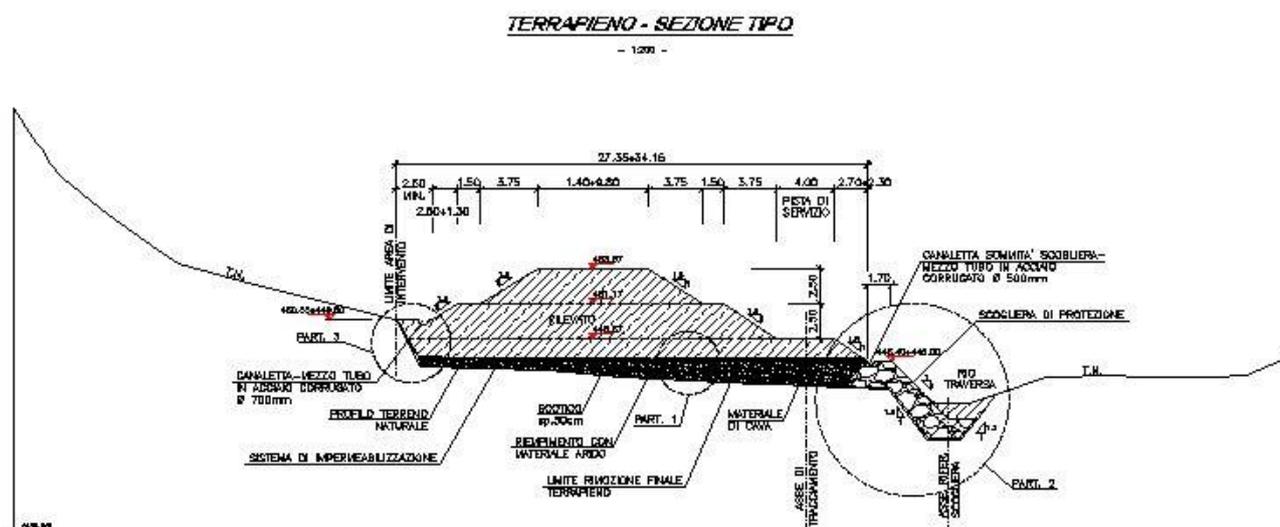


Figura 3 . Sezione tipo Terrapieno

Al fine di consentire la coltivazione del terrapieno, è stata inserita una pista di larghezza 4m, sul lato Sud-Est parallelamente al Torrente Traversa, in corrispondenza del primo livello di banchina.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 10 di 30

È stato studiato un collegamento con la viabilità esistente a nord, con relativo accesso al sito; ogni accesso sarà realizzato con apposita rampa di adeguata pendenza, per agevolare il transito dei mezzi operativi.

Prima della messa in opera del materiale si provvederà ad uno scotico di 50cm dell'intera area e successivo riempimento con materiale arido di cava fino alla quota di sommità scogliera.

Al di sopra del materiale arido verrà previsto un sistema di impermeabilizzazione costituito da un doppio strato di geotessile 400gr/mq con interposta geomembrana in Pead sp.2 mm.

Lo strato di impermeabilizzazione è stato previsto perché il materiale di smarino costituente il deposito in questione potrebbe eventualmente contenere tracce di idrocarburi o altre sostanze inquinanti, non avendo ancora subito processo di caratterizzazione.

Il complesso delle opere idrauliche relative alle opere in oggetto, comprende la realizzazione di due rami di raccolta acque, che andranno a raccordarsi nell'opera di restituzione al ricettore naturale, nel caso specifico il torrente Traversa.

I due rami saranno realizzati da canalette perimetrali ubicate come da planimetria di progetto e il loro andamento plano-altimetrico garantirà lo scarico delle acque meteoriche al recapito finale.

Lungo il tracciato, verranno inseriti dei pozzetti in cls prefabbricati, sia per agevolare a livello idraulico i campi di direzione delle canalette, sia, nella situazione di ingresso al campo, di permettere il sottopassaggio della pista tramite canaletta grigliata. Gli stessi pozzetti avranno anche funzione dissipatrice.

Entrambe, convoglieranno in un pozzetto, adeguatamente dimensionato con scarico in una vasca dissabbiatrice che ha lo scopo di eliminare le eventuali particelle in sospensione e successivamente saranno restituite al Torrente Traversa.

A sud del deposito verrà raccolta e convogliata a torrente anche l'acqua proveniente da un'incisione a Sud-Ovest tramite un canale rettangolare 80cm x 80 cm, come evidenziato anche nel successivo capitolo.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 11 di 30

## 4. VERIFICA IDRAULICA

### 4.1. Regimazione acque Rio di versante

Oggetto del presente capitolo è il dimensionamento idraulico dei sistemi di drenaggio superficiale dell'abbancamento intermedio di Castagnola.

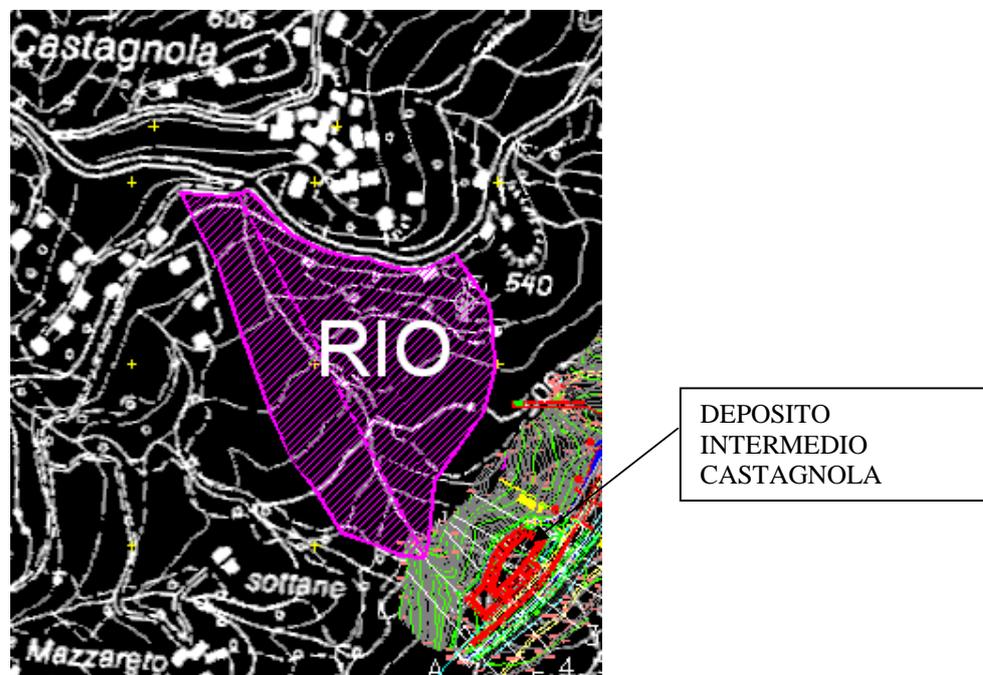
Dalla planimetria si nota come nella zona ovest sia presente un'incisione che genera un Rio la cui portata è stata calcolata e regimata come di seguito descritto.

Per il bacino oggetto di studio sono stati utilizzati i valori di pioggia della curva di probabilità pluviometrica (rif. doc. IG51-01-E-CV-RH-NV22-00-001-B00.doc) (CANTIERE COP2 CASTAGNOLA - Relazione Idrologica), per un periodo di ritorno pari a 200 anni, espressa nella forma  $h = 82.72 \cdot t^{0.432}$ .

In generale per i bacini con superficie inferiore a 10 km<sup>2</sup> si è assunto un valore minimo per il tempo di corrvazione pari a 15 minuti.

Nel caso in esame è stato adottato a favore di sicurezza un valore del coefficiente di deflusso medio pari a 0.8 per tutti i bacini considerati.

Nella figura seguente si identifica il bacino considerato per il Rio suddetto.



**Fig.4.1**-individuazione del bacino considerato per il Rio

L'area individuata per il bacino in esame è risultata essere pari a:

$$S_{\text{Rio}} = 18.440 \text{ m}^2$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 12 di 30

La determinazione della portata del Rio, è stata effettuata mediante la formula:

$$Q = \frac{\phi \cdot i \cdot S}{360}$$

dove:

Q = la portata al colmo di piena [m<sup>3</sup>/s]

S = superficie del bacino (ha);

$\phi$  = coefficiente di deflusso in piena del bacino valutato in base a considerazioni derivanti dalla conoscenza diretta del bacino e dalle indicazioni di letteratura; nel caso in esame è stato adottato a favore di sicurezza un valore del coefficiente di deflusso medio pari a 0.8;

h = altezza massima di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);

i = intensità di precipitazione (mm/ora).

La portata risulta quindi pari a:

$$Q = \frac{0.8 \cdot \left( 82.72 \cdot \left( \frac{15}{60} \right)^{0.432-1} \right) \cdot 1.844}{360} = 0.75 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Alla confluenza del Rio a monte del deposito verrà collocato un pozzetto rettangolare di raccolta e smaltimento di dimensioni minime 2.0m x 2.5m x h2.0m da cui in uscita si svilupperà un canale rettangolare prefabbricato in cls di dimensioni minime (B x h)80cm x 80cm, di cui si riporta qui di seguito la verifica con una pendenza di p=0.3%, secondo la formula di Chezy:

$$Q = k_s i_f^{0.5} A^{5/3} B^{-2/3}$$

dove:

Q = portata;

$k_s$  = coefficiente di scabrezza secondo Strickler (67 m<sup>1/3</sup>/s);

$i_f$  = pendenza media del fondo;

A = area della sezione;

B = contorno bagnato della sezione.

La canaletta prima di raggiungere il recapito finale (Rio Traversa), attraverserà una vasca di decantazione/calma permettendo il deposito dei solidi sospesi, il tutto come riportato negli elaborati grafici di progetto.

Scala di deflusso della canaletta ((B x h)80cm x 80cm):

Depth (m)	Discharge (m <sup>3</sup> /s)
0.00	0.00
0.05	0.02
0.10	0.05
0.15	0.10
0.20	0.15
0.25	0.21
0.30	0.27
0.35	0.34
0.40	0.40
0.45	0.47
0.50	0.54
0.55	0.61
0.60	0.68
0.65	0.75
0.70	0.83
0.75	0.90
0.80	0.97

Come si vede dalla scala di deflusso è evidenziata la portata in esame per cui, per la pendenza considerata si ha un franco di sicurezza pari a  $F=0.80-0.65= 0.15m > 0.10m$  VERIFICATO.

#### 4.2. Regimazione acque superficiali del deposito

Facendo riferimento alla ~~Relazione~~ relazione idraulica di abbancamento+ (doc.+IG51-01-E-CV-RI-DP04-00-002-B00.doc) ~~nel~~ nell'ambito della Riqualificazione Ambientale Val Lemme, che si trova nelle vicinanze del sito intermedio in oggetto, si è dimensionato il sistema di raccolta delle acque di precipitazione che insistono sul deposito medesimo.

Nella suddetta relazione sono stati calcolati i parametri a e n della curva di possibilità pluviometrica per piogge di durata inferiore all'ora con  $T_r = 20$  anni ottenendo i seguenti valori:

$$a = 63.48 \text{ mm}$$

$$n = 0.5779$$

La determinazione delle portate al colmo, insistenti sui vari tratti della rete di drenaggio in progetto, è stata effettuata mediante il metodo cinematico, secondo la formula:

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale
	Foglio 14 di 30

$$Q = \frac{\phi \cdot i \cdot S}{360}$$

dove:

Q = la portata al colmo di piena [m<sup>3</sup>/s]

S = superficie del bacino (ha);

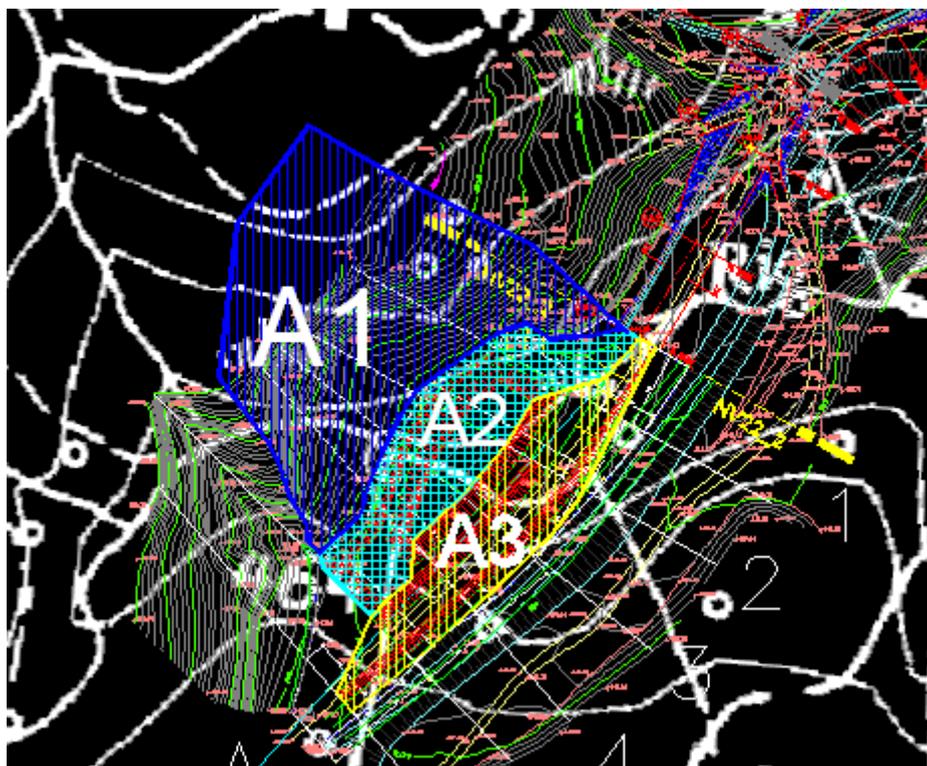
φ = coefficiente di deflusso in piena del bacino valutato in base a considerazioni derivanti dalla conoscenza diretta del bacino e dalle indicazioni di letteratura; nel caso in esame è stato adottato a favore di sicurezza un valore del coefficiente di deflusso medio pari a 0.8;

h = altezza massima di precipitazione di assegnato tempo di ritorno per una durata pari al tempo di corrivazione del bacino (mm);

i = intensità di precipitazione (mm/ora).

Il metodo scelto per il progetto dei manufatti di scolo del deposito in oggetto è quello definito cinematico lineare, più comunemente chiamato metodo della corrivazione.

Le canalette previste sono di sezione mezzo tubo Ø700 (canaletta monte deposito) e mezzo tubo Ø500 (canaletta valle deposito) in acciaio corrugato. La canaletta a monte del deposito raccoglierà anche l'acqua proveniente dal piccolo versante posto a monte, come indicato nella figura successiva.



**Fig.4.2**-individuazione aree idrauliche sottese dalle canalette deposito

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 15 di 30

Le dimensioni delle aree individuate risultano:

$$A1 = 2.790 \text{ m}^2$$

$$A2 = 1.080 \text{ m}^2$$

$$A3 = 1.120 \text{ m}^2$$

La canaletta di monte MTØ700 raccoglierà le acque delle aree A1+A2.

La canaletta di valle MTØ500 raccoglierà le acque della area A3.

Date le condizioni di sezione costante e pendenza del fondo variabile, il deflusso lungo le canalette di raccolta posizionate al piede del deposito è stato studiato assumendo l'ipotesi di moto uniforme, secondo la formula di Chezy:

$$Q = k_s i_f^{0.5} A^{5/3} B^{-2/3}$$

dove:

Q = portata;

$k_s$  = coefficiente di scabrezza secondo Strickler;

$i_f$  = pendenza media del fondo;

A = area della sezione;

B = contorno bagnato della sezione.

Le canalette previste sono in acciaio corrugato. Dalla bibliografia si evince che per tale materiale il coefficiente di scabrezza ha un valore medio di  $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ , variando da  $100 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per condotte con rivestimenti speciali fino a  $28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  in presenza di depositi ghiaiosi o sabbiosi sul fondo della condotta, pertanto pare più che plausibile nel nostro caso assumere un coefficiente di scabrezza pari a  $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

La scelta di queste canalette è dovuta al fatto di avere la volontà di recapitare in condizioni più limpide possibili le acque al torrente finale di recapito (Rio Traversa).

Proprio per questo motivo, il fatto di essere ~~corrugate~~ corrugate, permette alle canalette di fare in prima battuta una azione di deposito degli eventuali solidi (o particelle) sospesi nel flusso idrico.

In ultima analisi, prima di raggiungere il recapito finale, l'intera portata idrica attraverserà una vasca di decantazione/calma per affinare ulteriormente il fenomeno del deposito solido, il tutto come riportato negli elaborati grafici di progetto.

Si riporta di seguito la ~~tabella~~ tabella 4.1 di dimensionamento e verifica delle canalette in questione.

I parametri riportati sono:

Speco - diametro tubazione;

Tc - tempo di corrivazione;

Tr - tempo di accesso alla rete;

L - lunghezza del tratto considerato;

Tp - tempo di rete;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 16 di 30

Ac -area drenata cui è associato il relativo  
coefficiente di deflusso;

l - intensità di precipitazione;

u - coeff. udometrico;

i - pendenza longitudinale;

Q - portata defluente;

h - altezza di moto;

v - velocità di scorrimento;

$\varphi$  - coefficiente di riempimento.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE
	IG51-00-E-CV-RO-CA-28-0-1-001-A00 Relazione generale
	Foglio 17 di 30

Tutti i sistemi di drenaggio previsti sono stati progettati considerando un franco idraulico minimo di 10 cm, rispetto al livello relativo alla portata con tempo di ritorno 20 anni.

tratto	Elementi propri					Risultati iterazione					Pendenza i (%)	Parametri idraulici				
	Lungh. tronco [m]	Tr [s]	A c. $\phi=0.8$	A tot. [ha]	A rid. [ha]	Tp [s]	Tc [s]	I [mm/h]	Q [m <sup>3</sup> /s]	u [l/s*ha]		Speco [acciaio corrug.]	h [m]	v [m/s]	$\phi$ [%]	franco [cm]
canal. Monte	80.0	300	0.387	0.387	0.310	62.0	362.0	167.4	0.144	372	0.70	MT Ø700	0.23	1.29	58	0.12
canal. Valle	90.0	300	0.112	0.112	0.090	97.8	397.8	160.9	0.040	357	0.70	MT Ø500	0.14	0.92	44	0.11

Tab.4.1-dimensionamento e verifica delle canalette

### 4.3. Vasca disoleatrice

Per quanto riguarda il materiale di smarino costituente il deposito in questione in fase progettuale si considera la condizione più critica ovvero che lo stesso, non avendo ancora subito processo di caratterizzazione, possa eventualmente contenere tracce di idrocarburi o altre sostanze inquinanti. A tal fine, ossia per evitare che tali sostanze raggiungano direttamente il recettore finale, si posizionerà una vasca disoleatrice all'inizio della pista di servizio che raccoglierà, tramite apposita canaletta, le possibili acque di infiltrazione del solo deposito smarino che raggiungono per percolazione la geomembrana in PEAD.

Area deposito interessata da fenomeno filtrazione:

$$A_{\text{filtr}} = 1.270 \text{ m}^2$$

Facendo riferimento alle formulazioni sopra riportate e considerando un coefficiente di deflusso pari a  $\phi = 1 - 0.8 = 0.2$  e un  $t = 1$  ora si ottiene una portata pari a:

$$Q_{\text{FILTR}} = \frac{\phi \cdot i \cdot S}{360} = 4.5 \text{ l/s}$$

Per cui dai cataloghi reperibili in commercio si può collocare una vasca di dimensioni pari a :

Portata lt/sec	Volume totale (mc)	Dimensioni esterne Disoleatore (cm)		
		A Larg.	B Lung.	H Altezza
8	4,9	175	240	150

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 18 di 30

Volendo dare alla vasca una funzione di decantazione/calma per affinare il fenomeno del deposito solido si suggerisce l'accoppiamento di due vasche, il tutto come meglio riportato negli elaborati grafici di progetto.

#### 4.1. Scogliera di protezione sponda sinistra Torrente Diaterna

Al fine agevolare le operazioni di coltivazione, verrà realizzata una scogliera di protezione al piede del terrapieno sul lato Sud Est; questa sarà in massi di grossa pezzatura posizionati su uno strato di geotessile di grammatura come da elaborati di riferimento.

Tali arginature in scogliera sono funzionali a contenere i livelli di piena duecentennale del Torrente Traversa in corrispondenza del deposito intermedio con un franco sempre superiore a 0,50m.

Tutte le opere di protezione al fondo e spondali verranno realizzate con massi naturali cementati nella parte fondazionale di pezzatura corrispondente ad un peso compreso fra 1 e 3 tonnellate.

Tale soluzione consente di garantire una maggiore stabilità alla scogliera rispetto alla soluzione con massi sciolti e, nello stesso tempo, il riempimento superficiale degli interstizi fra i massi realizzato mediante terreno vegetale, garantisce il rinverdimento e la rinaturalizzazione spondale.

Si fa presente che nei casi in cui sia necessario realizzare delle opere di protezione delle sponde o del fondo di un corso d'acqua con strutture permeabili, deformabili e isolate, quali le scogliere in pietrame sciolto, gabbioni, o materassi Reno, occorre determinare le condizioni di equilibrio del singolo masso soggetto alle forze idrodinamiche della corrente che tendono a metterlo in movimento.

Si tratta, cioè, di determinare le dimensioni minime del singolo masso, e conseguentemente il suo peso, in grado di garantire le condizioni di stabilità in presenza di una corrente caratterizzata da una velocità media  $v$ .

Le formule di uso più comune, derivate dagli studi di Shields sul trasporto solido, definiscono la velocità critica  $v_{cr}$  che dà luogo al moto in funzione del diametro equivalente  $d$  della particella immersa nella corrente secondo la seguente espressione:

$$v_{cr} = k \cdot d^{0.5}$$

con  $v_{cr}$  espresso in m/s e  $d$  in metri.

Il coefficiente  $k$  assume valori variabili fra 4 e 8; nella comune pratica progettuale si assume per  $k=5$ .

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 19 di 30

Quando  $k$  supera il valore di 8 si determinano le condizioni di movimento del singolo masso: pertanto, per il dimensionamento di massi cementati sul fondo dell'alveo, cautelativamente si assume un valore di  $k$  pari a 8.

Assumendo come velocità critica la velocità della corrente e risolvendo l'espressione secondo  $d$ , si ottiene la dimensione minima del masso da utilizzare nel caso esaminato.

La velocità che interessa è quella al fondo: nel caso in cui il battente idrico sia molto maggiore della dimensione del materiale la velocità al fondo può essere assunta pari al 75% della velocità media; nel caso in cui invece la dimensione del materiale sia confrontabile con la profondità della corrente è bene assumere come velocità al fondo la velocità media.

Con riferimento a quanto sopra indicato, assumendo cautelativamente un valore della velocità critica pari alla velocità massima del tratto, pari a circa 5 m/s, risulta:

$d = (5/5)^2 = 1$  m, cui corrisponde un peso del singolo masso di circa 1.4 tonnellate.

Nel caso di massi cementati, assumendo  $k=8$ , si ottiene un diametro medio pari a circa 0.6 m, cui corrisponde il peso minimo del singolo elemento pari a circa 300 kg.

Nel caso di massi cementati nella parte fondazionale, assumendo  $k=6$ , si ottiene un diametro medio pari a circa 0.7 m, cui corrisponde il peso minimo del singolo elemento pari a circa 470 kg.

Cautelativamente, viene previsto l'impiego di massi naturali cementati nella parte fondazionale di pezzatura corrispondente ad un peso compreso fra 1 e 3 tonnellate, anche per tener conto della spinta dovuta alla presenza del deposito.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 20 di 30

## 5. VERIFICHE DI STABILITÀ

La sezione tipica è stata analizzata.

L'analisi di stabilità globale è stata eseguita utilizzando il programma Stabilità dei Pendii prodotto da GeoStru, il programma è in grado di fornire una soluzione generale ai problemi bidimensionali di stabilità dei pendii, analizzando superfici di scorrimento di forma qualsiasi.

L'approccio utilizzato è del tipo all'equilibrio limite e rappresenta una variante del metodo Bishop. Il calcolo del fattore di sicurezza relativo alla stabilità del versante viene condotto ripartendo in concetti verticali il corpo di scorrimento potenziale ed assumendo orizzontali le forze di interfaccia tra i concetti verticali.

GeoStru è programmato per tener conto dei terreni variamente stratificati, della eventuale falda idrica, della presenza di pressioni neutre diverse dalle idrostatiche e di sollecitazioni sismiche con il metodo pseudostatico.

Questo ultimo rappresenta gli effetti del sisma con una forza di inerzia orizzontale pari al prodotto del peso del terreno individuato dalla superficie di scorrimento considerata per il coefficiente di intensità sismica.

### 5.1. Descrizione dell'algoritmo

La risoluzione di un problema richiede la presa in conto delle equazioni di campo e dei legami costitutivi. Le prime sono di equilibrio, le seconde descrivono il comportamento del terreno. Tali equazioni risultano particolarmente complesse in quanto i terreni sono dei sistemi multifase, che possono essere ricondotti a sistemi monofase solo in condizioni di terreno secco, o di analisi in condizioni drenate.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicate. Inoltre è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche da quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative:

(a) Si usano leggi costitutive semplificate modello rigido perfettamente plastico. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione ( $c$ ) e angolo di resistenza al taglio ( $\phi$ ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico. Quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulomb.

(b) In alcuni casi vengono soddisfatte solo in parte le equazioni di equilibrio.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 21 di 30

### Metodo equilibrio limite (LEM)

Il metodo dell'equilibrio limite consiste nel studiare l'equilibrio di un corpo rigido, costituito dal pendio e da una superficie di scorrimento di forma qualsiasi (linea retta, arco di cerchio, spirale logaritmica), da tale equilibrio vengono calcolate le tensioni da taglio ( $\tau$ ) e confrontate con la resistenza disponibile ( $\tau_f$ ), valutata secondo il criterio di rottura di *Coulomb*, da tale confronto ne scaturisce la prima indicazione sulla stabilità attraverso il coefficiente di sicurezza  $F = \tau_f / \tau$ .

Tra i metodi dell'equilibrio limite alcuni considerano l'equilibrio globale del corpo rigido (*Culman*), altri a causa della non omogeneità dividono il corpo in conci considerando l'equilibrio di ciascuno (*Fellenius, Bishop, Janbu ecc.*)

Di seguito viene discusso il metodo dell'equilibrio limite dei conci.

### Metodo dei conci

La massa interessata dallo scivolamento viene suddivisa in un numero conveniente di conci. Se il numero dei conci è pari a  $n$ , il problema presenta le seguenti incognite:

$n$  valori delle forze normali  $N_i$  agenti sulla base di ciascun concio;

$n$  valori delle forze di taglio alla base del concio  $T_i$

$(n-1)$  forze normali  $E_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;

$(n-1)$  forze tangenziali  $X_i$  agenti sull'interfaccia dei conci;

$n$  valori della coordinata  $a$  che individua il punto di applicazione; delle  $N_i$

$(n-1)$  valori della coordinata che individua il punto di applicazione delle  $X_i$

una incognita costituita dal fattore di sicurezza  $F$ .

complessivamente le incognite sono  $(6n-2)$ .

*mentre le equazioni a disposizione sono:*

Equazioni di equilibrio dei momenti  $n$

Equazioni di equilibrio alla traslazione verticale  $n$

Equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale  $n$

Equazioni relative al criterio di rottura  $n$

Totale numero di equazioni  $4n$

Il problema è staticamente indeterminato ed il grado di indeterminazione è pari a

$$i = (6n-2) - (4n) = 2n-2.$$

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 22 di 30

Il grado di indeterminazione si riduce ulteriormente a  $(n-2)$  in quando si fa l'assunzione che  $N_j$  sia applicato nel punto medio della striscia, ciò equivale ad ipotizzare che le tensioni normali totali siano uniformemente distribuite.

I diversi metodi che si basano sulla teoria dell'equilibrio limite si differenziano per il modo in cui vengono eliminate le  $(n-2)$  indeterminazioni.

### Metodo di BISHOP (1955)

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali.

Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$F_V = 0, M_0 = 0$ : Criterio di rottura.

$$F = \frac{\sum \{ c \times b + (W - u \times b + \Delta X) \times \tan \varphi \} \times \frac{\sec \alpha}{1 + \tan \alpha \times \tan \varphi / F}}{\sum W \times \sin \alpha}$$

I valori di  $F$  e di  $X$  per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre  $X=0$  ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di **Bishop ordinario**, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1 %.

## 5.2. Ricerca delle superfici di scorrimento

Il programma esamina superfici di scorrimento di forma qualsiasi, con numerose opzioni per l'individuazione di quella critica.

Invero un algoritmo di generazione può ricercare in modo automatico un numero richiesto di superfici con caratteristiche predeterminate o, in alternativa, consente l'esame di una prefissata superficie singola.

Nel caso attuale lo studio è stato svolto utilizzando superfici circolari.

Il programma prevede che si assegnino gli intervalli di inizio e di termine dei cerchi ed esplora la fascia da essi individuata, generando un numero prefissato di superfici di tentativo.

In questo studio ogni condizione è stata esaminata mediante cento superfici, rappresentando graficamente le dieci più critiche.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 23 di 30

## Valutazione della azione sismica

Nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi la stabilità dei pendii nei confronti della azione sismica viene eseguita con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione della azione sismica, nelle verifiche agli stati limite ultimi, vengono considerate le seguenti forze statiche equivalenti:

$$F_H = K_o \cdot W$$

$$F_V = K_v \cdot W$$

Essendo:

$F_H$  e  $F_V$  rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio;

W: peso concio

$K_o$ : Coefficiente sismico orizzontale

$K_v$ : Coefficiente sismico verticale.

## Calcolo coefficienti sismici

e **NTC 2008** calcolano i coefficienti  $K_o$  e  $K_v$  in dipendenza di vari fattori:

$$K_o = s \cdot (a_{max}/g)$$

$$K_v = \pm 0,5 \cdot K_o$$

Con

**s** coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;  **$a_{max}$**  accelerazione orizzontale massima attesa al sito; **g** accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S S_T a_g$$

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica): 0.90  $\leq S_S \leq 1.80$ ; è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

$S_T$  (effetto di amplificazione topografica).

Il valore di  $S_T$  varia con il variare delle quattro categorie topografiche introdotte:

$$T1(S_T = 1.0) \quad T2(S_T = 1.20) \quad T3(S_T = 1.20) \quad T4(S_T = 1.40).$$

Questi valori sono calcolati come funzione del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -V_R / \ln(1 - PVR)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e  $PVR$  probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe di uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  dovrà essere maggiore o uguale a 35 anni.

### 5.3. Risultati dell'analisi

Le verifiche di sicurezza per i materiali sciolti e fronti di scavo secondo il D.M. 2008 devono rispettare la condizione della tabella 6.2.1 ( $\gamma_R > 1.1$ ), le seguenti verifiche sono state eseguite secondo l'approccio 1 Combinazione 2 (A2+M2+R2).

#### Analisi di stabilità dei pendii con BISHOP

Normativa	NTC 2008
Numero di strati	2.0
Numero dei conci	10.0
Grado di sicurezza ritenuto accettabile	1.1
Coefficiente parziale resistenza	1.1
Analisi	Condizione drenata

Per le verifiche di stabilità sono stati utilizzati i seguenti parametri geotecnici forniti dalla committenza :

- **Materiale di abbancamento :**

$\phi_i=40^\circ$   $c=0$   $\text{Gamma}= 2300 \text{ kg/mc}$



- **Materiale in sito su cui si appoggia il rilevato**

$f_i=30^\circ c=0$  Gamma= 1800 kg/mc

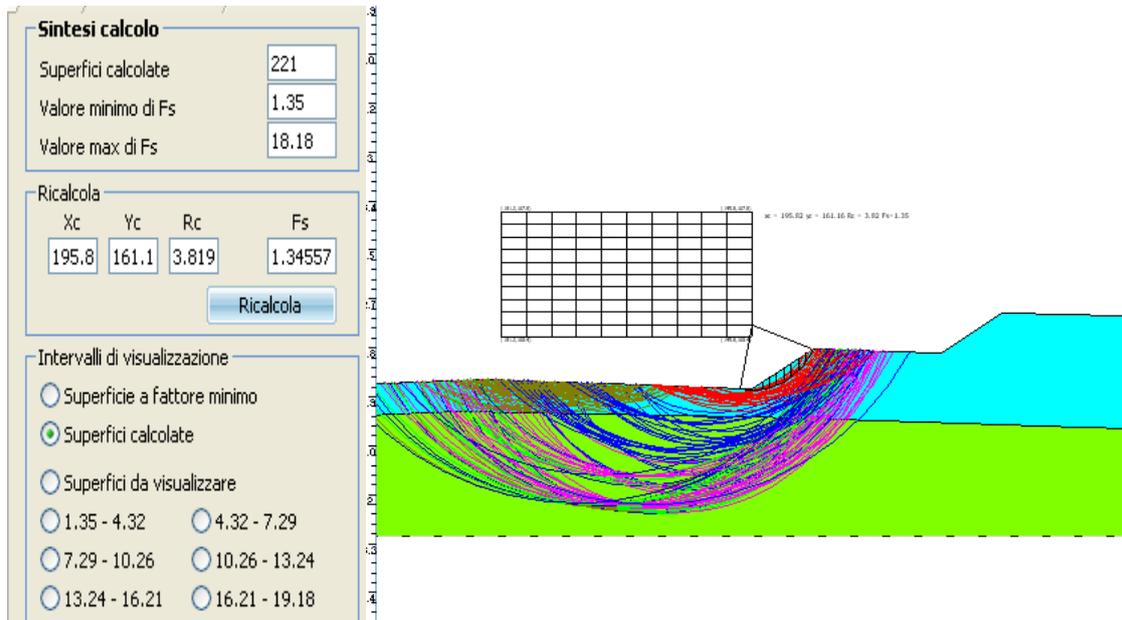


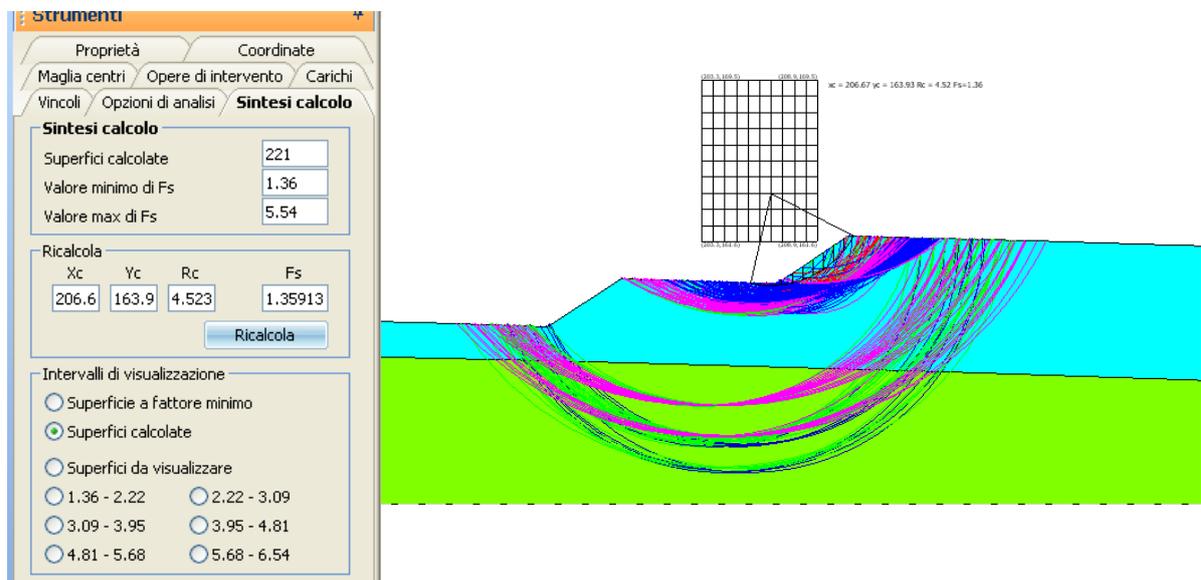
### Caso 1: Sezione longitudinale monte

Il coefficiente di sicurezza più basso è risultato essere pari a:

**Fs = 1.35** è maggiore del minimo richiesto dal D.M. 14/01/2008 (F.S. > 1.1 \*).

\* Il coefficiente di sicurezza pari a 1.1 corrisponde al coefficiente riduttivo  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze di progetto (tab. 6.8.1 del D.M. 14/01/2008).



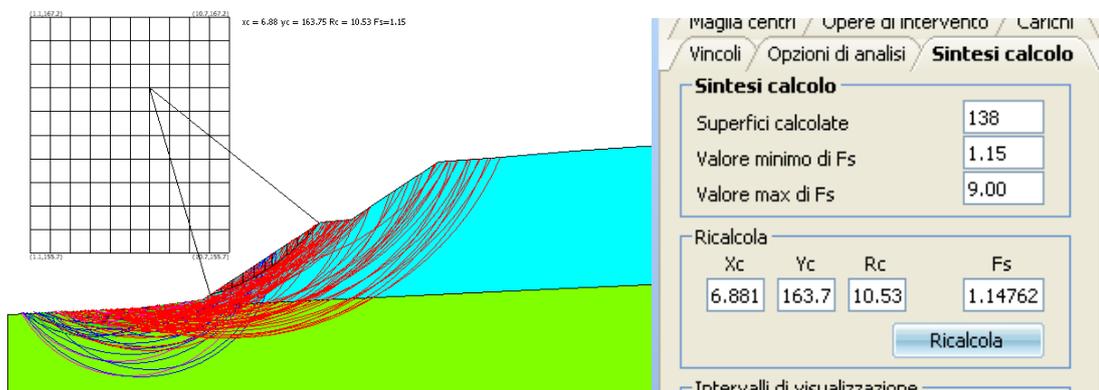


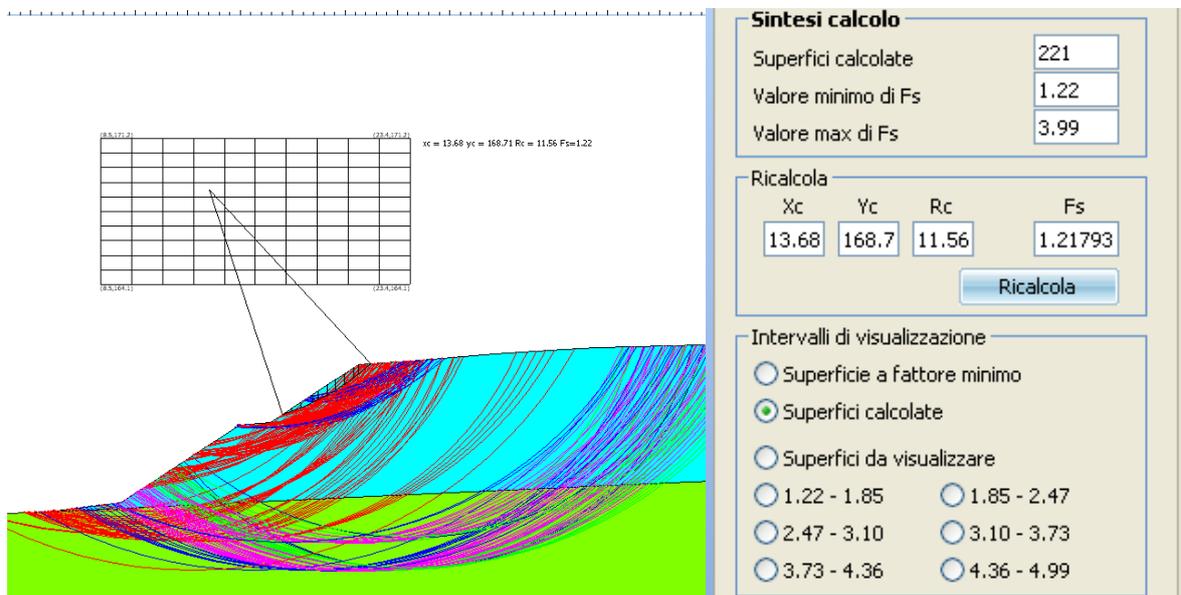
## Caso 2: Sezione longitudinale valle

Il coefficiente di sicurezza più basso è risultato essere pari a:

**$F_s = 1.15$**  è maggiore del minimo richiesto dal D.M. 14/01/2008 ( $F.S. > 1.1$  \*).

\* Il coefficiente di sicurezza pari a 1.1 corrisponde al coefficiente riduttivo  $\gamma_r$  da applicare alle resistenze di progetto (tab. 6.8.1 del D.M. 14/01/2008).

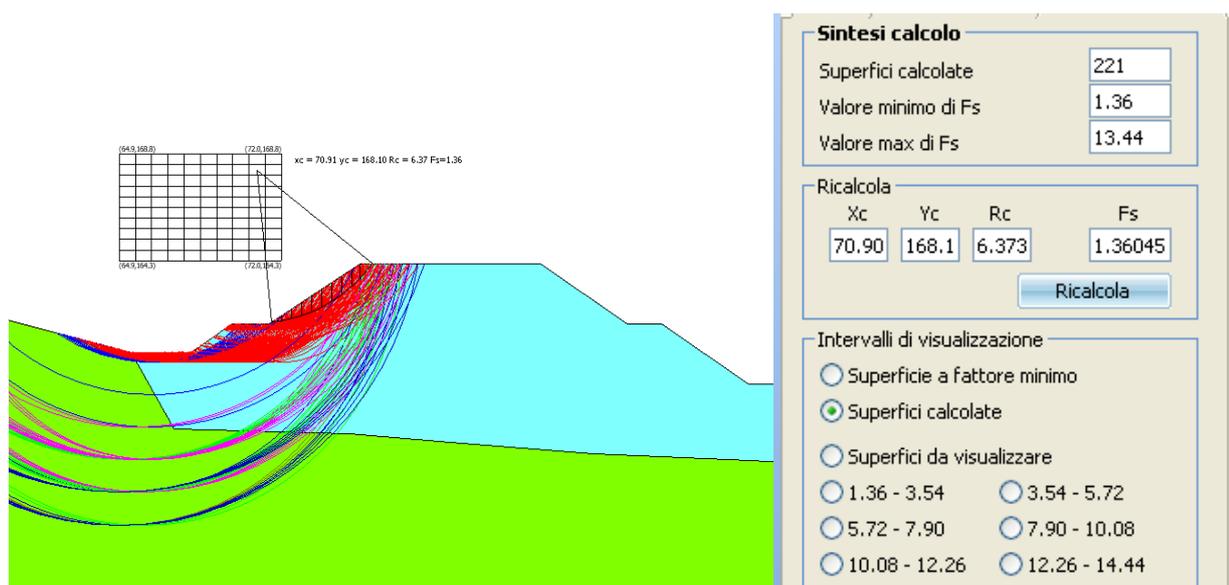




### Caso 3: Sezione tipo trasversale Lato Monte

$F_s = 1.36$  è maggiore del minimo richiesto dal D.M. 14/01/2008 ( $F.S. > 1.1$  \*).

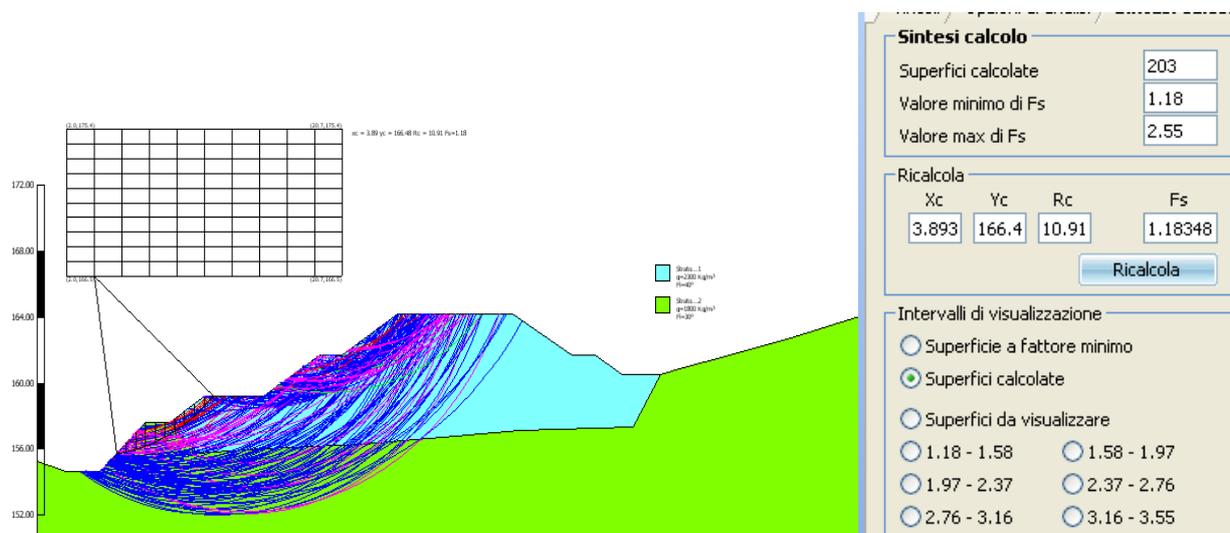
\* Il coefficiente di sicurezza pari a 1.1 corrisponde al coefficiente riduttivo  $\gamma_r$  da applicare alle resistenze di progetto (tab. 6.8.1 del D.M. 14/01/2008).



#### Caso 4: Sezione tipo trasversale Lato valle

$F_s = 1.18$  è maggiore del minimo richiesto dal D.M. 14/01/2008 ( $F.S. > 1.1$  \*).

\* Il coefficiente di sicurezza pari a 1.1 corrisponde al coefficiente riduttivo  $\gamma_r$  da applicare alle resistenze di progetto (tab. 6.8.1 del D.M. 14/01/2008).



## 6. OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

Con nota protocollo DVA-2013-0024380 del 24/10/2013 il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare ha approvato il Piano di Utilizzo Terre secondo D.M. 161 del 10 agosto 2012 redatto da Cociv con la prescrizione che *«i depositi in attesa di utilizzo, anche presso i siti di destinazione finale, dovranno rispettare quanto previsto dall'articolo 10 del D.M. 161/2012 ed in particolare le aree di deposito intermedio devono essere realizzate in modo da non avere alcun impatto sulle matrici ambientali»*.

Di seguito vengono analizzati gli eventuali impatti prodotti dal deposito intermedio nei riguardi delle seguenti matrici ambientali:

- Atmosfera
- Ambiente idrico

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 29 di 30

- Suolo e sottosuolo
- Rumore e vibrazioni
- Paesaggio
- Vegetazione.

## ATMOSFERA

Per quanto riguarda la componente %atmosfera+, le potenziali criticità ambientali sono riconducibili esclusivamente alla fase di movimentazione dei materiali terrosi e nello specifico riguardano:

- impatto delle polveri determinate dalle lavorazioni di cantiere (preparazione delle piste, movimentazione delle terre, funzionamento dei mezzi d'opera, ecc.);
- impatto derivante dalle immissioni dei gas di scarico inquinanti prodotti dal funzionamento dei mezzi di trasporto dei materiali.

In considerazione del fatto che la distanza di percorrenza dei mezzi di movimentazione delle terre dal sito di origine al deposito intermedio è assai contenuta e in considerazione delle modeste volumetrie da movimentare, si ritiene che per quanto riguarda la componente %atmosfera+ l'impatto possa essere considerato nullo.

## AMBIENTE IDRICO

Per quanto riguarda la componente %ambiente idrico+ l'impatto del deposito intermedio è praticamente nullo in quanto le opere di smaltimento delle acque piovane sono state definite con l'obiettivo di recapitare le acque al ricettore finale (Torrente Traversa) in condizioni di totale assenza di torbidità.

Più dettagliatamente sono state operate le seguenti scelte progettuali:

- Impiego di canalette %corrugate+, finalizzate ad effettuare in prima battuta un'azione di deposito degli eventuali solidi (o particelle) sospesi nel flusso idrico.
- Impiego di pozzetti in cls prefabbricati, sia per agevolare a livello idraulico i campi di direzione delle canalette, sia, nella situazione di ingresso al campo, di permettere il sottopassaggio della pista tramite canaletta grigliata. Gli stessi pozzetti sono finalizzati ad effettuare in prima battuta un'azione di deposito degli eventuali solidi (o particelle) sospesi nel flusso idrico. Infatti, essi sono stati previsti di dimensioni tali per cui oltre alla funzionalità suddetta svolgono anche un abbattimento dell'energia che l'acqua può acquisire durante il suo percorso, permettendo di uscire dal pozzetto stesso in condizioni di calma.

GENERAL CONTRACTOR  Consorzio Collegamenti Integrati Veloci	ALTA SORVEGLIANZA  GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	
	IG51-00-E-CV-RO-DPPB-0-0-001-A00 Relazione generale	Foglio 30 di 30

- Realizzazione di vasche dissabiatrici prima di raggiungere il recapito finale, finalizzata ad affinare ulteriormente il fenomeno del deposito solido.

## SUOLO E SOTTSUOLO

Per quanto riguarda la componente suolo+impatto del deposito intermedio è praticamente nullo in quanto non si ha perdita definitiva di risorsa. Fra l'altro, l'opera di che trattasi insiste su un'area adibita a prato e non potenzialmente utilizzabile a fini agricoli anche in considerazione del limitato spessore di terreno vegetale.

Per quanto riguarda la componente sottosuolo si specifica che al di sopra del materiale arido verrà previsto un sistema di impermeabilizzazione costituito da un doppio strato di geotessile 400gr/mq con interposta geomembrana in Pead sp.2 mm. Tale strato di impermeabilizzazione è stato previsto perché il materiale di smarino costituente il deposito in questione potrebbe eventualmente contenere tracce di idrocarburi o altre sostanze inquinanti, non avendo ancora subito processo di caratterizzazione.

## RUMORE E VIBRAZIONI

Per quanto riguarda la componente rumore e vibrazioni+impatto del deposito intermedio è praticamente nullo in quanto è limitato alla sola fase di movimentazione delle terre e nell'area interessata non sono presenti abitazioni civili.

## PAESAGGIO

Per quanto riguarda la componente paesaggio+impatto del deposito intermedio è praticamente nullo in quanto si tratta di opera di modeste dimensioni e priva di manufatti in cemento armato.

## VEGETAZIONE

Per quanto riguarda la componente vegetazione+impatto del deposito intermedio è praticamente nullo in quanto l'opera insiste su un'area attualmente interessata dalla presenza di un prato ed è totalmente priva di aree boscate e di formazioni di pregio.

Alla luce di quanto sopra esposto si ritiene che il deposito intermedio ottemperi alla prescrizione formulate dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.