

REGIONE PIEMONTE  
PROVINCIA DI CUNEO  
COMUNE DI LIMONE PIEMONTE

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO ED ECONOMICA

LAVORI DI:  
POTENZIAMENTO ED AMMODERNAMENTO  
IMPIANTI D'INNEVAMENTO DELLA STAZIONE  
SCIISTICA DI LIMONE PIEMONTE  
- ZONA LIMONE -

OGGETTO:

RELAZIONE GENERALE INTEGRATIVA

ALLEGATO:

1

COMMITTENTE:



COMUNE DI LIMONE PIEMONTE

Via Roma, 32 - 12015 - LIMONE PIEMONTE (CN)

Partita IVA 00461550048 - Codice Fiscale 80003770049

PEC: comune.limonepiemonte.cn@legalmail.it

PROT.:

DATA :

NOVEMBRE 2024



Ferrari, Giraudo e Associati s.r.l.  
Società Tra Professionisti

Corso Nizza, n° 67a - 12100 - CUNEO

Tel. 0171/480247

e-mail: franco@ferrariegiraudo.com

PROGETTISTA :

Dott. Ing. Franco Giraudo

AGGIORNAMENTO :

VISTI :

## Sommario

RICHIESTE DI INTEGRAZIONE.....	2
Valutazione della piena con TR 3000 anni .....	3
Caratteristiche delle precipitazioni intense.....	3
Dimensionamento dello scarico di superficie .....	4
Quota di massimo invaso .....	5
Valutazione del Franco e del Franco netto .....	5
Verifica del rilevato arginale per “rottura per liquefazione.....	5
Coefficienti moltiplicatori delle azioni relative alle combinazioni di carico .....	6

## RICHIESTE DI INTEGRAZIONE

Il Comune di Limone Piemonte ha avviato l'iter autorizzativo del progetto di "Lavori di potenziamento ed ammodernamento impianti di innevamento della stazione sciistica di Limone P.te" attraverso la convocazione di una conferenza dei servizi semplificata.

Esaurito il termine per la richiesta di integrazioni da parte degli enti, risulta pervenuto unicamente il parere della Regione Piemonte – Difesa Suolo che richiede i seguenti chiarimenti:

*"Dagli elaborati progettuali non risulterebbe esser presente la verifica del dimensionamento dello sfioratore superficiale (da farsi con evento con Tr 3000 anni), come richiesto dal par.C.1 (portata di progetto) DM 26/06/2014; a favore di sicurezza, tale verifica andrà eseguita anche ipotizzando che i fossi di drenaggio superficiali di raccolta acque di ruscellamento, perimetrali all'invaso, siano ostruiti o non funzionanti, cioè in condizioni tali che tutto il bacino afferente all'invaso colletti le acque meteoriche nel bacino.*

*Inoltre si richiede di evidenziare negli elaborati il franco idraulico pari a 1,50 m come prescritto dal DM 26/06/2014.*

*Con riferimento all'allegato 9 "Relazione di verifica dello sbarramento", si richiedono chiarimenti integrativi in ordine anche ai seguenti punti :*

- negli elaborati non risulterebbe presente la verifica del rilevato arginale per "rottura per liquefazione del corpo diga o dei terreni di fondazione", richiesta dal par. "E.3- Stati limite" del DM 26/06/2014;*
- non risultano evidenziati i coefficienti moltiplicatori delle azioni relative alle combinazioni di carico adottate (vedi par. "C.8 - Situazioni progettuali e combinazioni delle azioni" del DM 26/06/2014)."*

Nei capitoli che seguono si riportano le integrazioni richieste.

## Valutazione della piena con TR 3000 anni

### Caratteristiche delle precipitazioni intense

L'invaso in progetto, nel sottobacino del Torrente Vermenagna, è stato posizionato, rispetto alla modellazione adottata dalla Autorità di bacino, in corrispondenza della cella AS 154. Da questa si derivano le curve di possibilità pluviometrica, legate ai tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, rispettivamente:

$$h = 32,43 t^{0,47}$$

$$h = 41,34 t^{0,47}$$

$$h = 45,15 t^{0,47}$$

$$h = 50,17 t^{0,47}$$

Se ne derivano le seguenti precipitazioni, per assegnata durata:

AS154	TR 20	TR 100	TR 200	TR 500
a	36.88	46.96	51.29	56.97
n	0.477	0.477	0.477	0.477
5 minuti	11.3	14.4	15.7	17.4
15 minuti	19.0	24.2	26.5	29.4
30 minuti	26.5	33.7	36.9	40.9
1 ora	36.9	47.0	51.3	57.0
2 ore	51.3	65.4	71.4	79.3
3 ore	62.3	79.3	86.6	96.2
6 ore	86.7	110.4	120.6	133.9
12 ore	120.7	153.6	167.8	186.4
24 ore	167.9	213.8	233.6	259.4
48 ore	233.7	297.6	325.1	361.1

Tabella 1 - Altezze di pioggia per relativo tempo di ritorno per i bacini oggetto di indagine

Il calcolo della portata afferente in condizioni di piena al perimetro del bacino e dunque alla cunetta di guardia che sgronda le acque superficiali provenienti dai versanti è stata valutata mediante il metodo razionale.

Il bacino idrografico drenante potenzialmente afferente all'area del bacino ha una superficie di circa 0,09 km<sup>2</sup> e comprende un versante boscato a debole pendenza con abbondante lettiera.

La portata in m<sup>3</sup>/s complessiva è fornita dalla formula:

$$Q = k * C * i * A$$

in cui:

A rappresenta l'area di bacino (in km<sup>2</sup>);

i l'intensità della precipitazione (in mm/ora);

C un coefficiente adimensionale che sintetizza la funzione di trasferimento afflussi-deflussi e la quantificazione della portata al colmo;

k un coefficiente per la trasformazione delle unità di misura.

Il metodo razionale considera la precipitazione ed intensità costanti su tutto il bacino, ed una trasformazione lineare della pioggia in deflusso, senza fenomeni di invaso lungo la rete idrografica.

Il coefficiente di deflusso Cd (0.40) è stato scelto facendo riferimento ai coefficienti proposti da Lotti per un suolo abbastanza permeabile coperto da una vegetazione boscata.

La durata di precipitazione da assumere è quella pari al tempo di concentrazione, cioè pari al maggiore dei tempi di trasporto nel bacino.

Il tempo di concentrazione  $t_c$  è considerato fisicamente pari al massimo dei teorici tempi di trasporto dei deflussi lungo la rete di scorrimento superficiale e dunque calcolabile in base alla somma dei tempi di trasporto tramite i diversi segmenti del reticolo idrologico. Nel caso in esame, trattandosi di un versante in assenza di un proprio reticolo idrografico, si è assunta una velocità di scorrimento superficiale pari a 0,2 m/s per la lunghezza di circa 500 m di scorrimento dal punto più distante del bacino. Da qui deriva  $t_c = 2500$  s, 0,69 ore.

Tabella 2 Calcolo del metodo razionale per il versante drenante chiuso all'invaso

Versante chiuso presso il bacino	Tr 20	Tr 100	Tr 200	Tr 500	Tr 3000
Portata complessiva (l/s)	450 l/s	570 l/s	620 l/s	690 l/s	780 l/s

## Dimensionamento dello scarico di superficie

Lo scarico di superficie è stato dimensionato per poter scaricare in sicurezza la portata Tr 3000 anni.

In tali condizioni il battente sulla soglia di sfioro è di 20 cm.

Sfioratore in larga soglia	
L Larghezza della base	5,20 m
H Carico disponibile	0,20 m
Q Portata convogliata	<b>793 l/s</b>

Tabella 3 - Calcolo portata istantanea in uscita dallo sfioratore

## Quota di massimo invaso

La quota di massimo è quella riferita alla portata Tr 3000 precedentemente riportata. Essa corrisponde pertanto a + 20 cm rispetto alla soglia di sfioro dello scarico di superficie.

Essa è posta a 1608,50 m s.l.m.

## Valutazione del Franco e del Franco netto

In considerazione della quota di massimo invaso il franco, calcolato come differenza tra la quota del piano di coronamento e quella di massimo invaso, risulta essere di 1,50 m.

Si ritiene di assumere il franco netto pari al franco, senza svolgere approfondimenti sull'altezza delle onde generate dal vento, perché il bacino presenta una superficie ridotta e non si attendono incrementi significativi.

Si riassumono le caratteristiche dell'invaso:

<b>Caratteristiche invaso</b>	
Quota di coronamento	1610,00 m s.l.m.
Quota fondo invaso	1600,10 m s.l.m.
Quota base paramento esterno	1600,10 m s.l.m.
Altezza della diga	9,90 m
Altezza di massima ritenuta	8,40 m
Quota di massima regolazione	1608,30 m s.l.m.
Quota di massimo invaso	1608,50 m s.l.m.
Volume di invaso	34.000 m <sup>3</sup>
Volume totale di invaso	35.000 m <sup>3</sup>

## Verifica del rilevato arginale per “rottura per liquefazione

Per quanto riguarda la verifica del rilevato per la “rottura per liquefazione” si rimanda alla relazione del Geologo a compendio della presente, da cui risulta che le caratteristiche dei terreni in posto, analizzate dai laboratori sono tali da escludere fenomeni di rottura del rilevato per la liquefazione del terreno di base come riportato dalle Norme tecniche NTC2018 al punto 7.11.3.4.2.

# Coefficienti moltiplicatori delle azioni relative alle combinazioni di carico

Nella relazione di verifica dello sbarramento si sono effettuate varie analisi ed in particolare :

## **-Analisi di stabilità globale del rilevato con le azioni sismiche a:**

- verifica serbatoio pieno
- verifica a serbatoio vuoto
- verifica a serbatoio rapidamente svuotato
- verifica idraulica con filtrazione (anche se presente il telo impermeabile)

Il programma utilizzato è noto con la sigla *EDS della Società GeoStru* in cui le verifiche degli argini in terra vengono condotte applicando le disposizioni contenute nelle NTC 2018 che fa seguito al DM 26 giugno 2014 .

Le verifiche nei confronti del sifonamento si eseguono conformemente a quanto previsto al paragrafo 6.2.4.2 delle NTC 2018 citata.

In condizioni di flusso prevalentemente verticale:

a) nel caso di frontiera di efflusso libera, la verifica a sifonamento si esegue controllando che il gradiente idraulico i risulti non superiore al gradiente idraulico critico  $i_c$  diviso per un coefficiente parziale  $\gamma_R = 3$ , se si assume come effetto delle azioni il gradiente idraulico medio, e per un coefficiente parziale  $\gamma_R = 2$  nel caso in cui si consideri il gradiente idraulico di efflusso;

b) in presenza di un carico imposto sulla frontiera di efflusso, la verifica si esegue controllando che la pressione interstiziale in eccesso rispetto alla condizione idrostatica risulti non superiore alla tensione verticale efficace calcolata in assenza di filtrazione, divisa per un coefficiente parziale  $\gamma_R = 2$ .

La verifica allo scorrimento lungo la sezione orizzontale di base, sezione di fondazione, si esegue in condizioni statiche con Approccio 1, con riferimento alla combinazione 2 ponendo  $\gamma_R = 1.1$  nelle condizioni di svaso rapido e nelle condizioni di serbatoio vuoto, assumendo  $\gamma_R = 1.2$  nelle condizioni di serbatoio pieno. In condizioni sismiche i fattori di combinazione delle azioni verranno assunti unitari, i coefficienti parziali  $\gamma_R$  vengono posti pari a  $\gamma_R = 1.1$  nelle condizioni di svaso rapido e a serbatoio vuoto e  $\gamma_R = 1.2$  nelle condizioni di serbatoio pieno.

## **Verifiche stabilità delle scarpate :**

- verifica scarpata di monte lato acqua

-verifica scarpata di valle (sempre con serbatoio pieno)

Oltre alla spinta dell'acqua viene inserita la spinta del ghiaccio.

Il programma utilizzato è della Società *Aztec Informatica s.r.l.* \* *STAP*

Il programma utilizza i coefficienti proposti dalle Norme Tecniche sulle Costruzioni 2018 - D.M. 17/01/2018

Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni:

Carichi	Effetto	Simbologia	A2 Statico	A2 Sismico
Permanenti	Favorevole	$\gamma_{Gfav}$	1.00	1.00
Permanenti	Sfavorevole	$\gamma_{Gsfav}$	1.00	1.00
Variabili	Favorevole	$\gamma_{Qfav}$	0.00	0.00
Variabili	Sfavorevole	$\gamma_{Qsfav}$	1.30	1.00

Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno:

Parametri	Simbologia	M2 Statico	M2 Sismico
Tangente dell'angolo di attrito	$\gamma_{\tan\phi}$	1.25	1.00
Coesione efficace	$\gamma_c$	1.25	1.00
Resistenza non drenata	$\gamma_{cu}$	1.40	1.00
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	1.00	1.00

Coefficiente di sicurezza richiesto

Tipo calcolo	Simbolo	Statico	Sismico
Pendio naturale	$\gamma_R$	1.00	1.00
Fronte di scavo	$\gamma_R$	1.10	1.20

### Verifiche argine con programma agli elementi finiti :

Il programma utilizzato per tale verifica e simulazione è della Società *Aztec informatica* - *Aztec Fem GT 16*. Le verifiche in questo caso vengono condotte analizzando varie fasi che sono espone nella tabella a seguire:

Elenco fasi

N°	Descrizione	Stato	Tipo Analisi
1	Argine senza strato impermeabile	Attiva	Stato iniziale
2	Argine senza strato impermeabile	Attiva	Equilibrio
3	Argine senza strato impermeabile	Attiva	Riduzione parametri
4	Argine senza strato impermeabile	Attiva	Filtrazione
5	Argine con strato impermeabile	Attiva	Filtrazione
6	Argine con rottura strato impermeabile	Attiva	Filtrazione
7	Argine con rottura strato impermeabile	Attiva	Riduzione parametri
8	Argine con rottura strato impermeabile	Attiva	Dinamica
9	Argine con rottura strato impermeabile-d	Attiva	Riduzione parametri

Nelle fasi 3 ,7 e 9 vengono calcolati i fattori di sicurezza dell'argine imponendo la riduzione dei parametri geologici. Il programma valuta il  $F_s$  dai coefficienti di riduzione dei parametri geologici, ricercando il valore che comporta la non convergenza della matrice degli spostamenti ottenuta



in base ai nodi in cui è stata sviluppata la maglia. Il Valore di FS risulta quindi equivalente al coefficiente di riduzione imposto dalla Normativa.

I valori ottenuti sono richiamati nella tabella a seguire tratta dalla relazione precedente.

Simbologia adottata

Ifa                      Indice fase  
 Lambda                Moltiplicatore  
 F\_phi, F\_c            Fattore riduzione angolo di attrito e cosione

n°	Lambda	F_phi	F_c
3	---	1,8588	<b>1,8588</b>
7	---	1,4885	<b>1,4885</b>
9	---	1,4740	<b>1,4740</b>

Il valore più basso è ottenuto in condizioni sismiche dove la Normativa impone un coefficiente di sicurezza di 1.2.

Se si aumentano i carichi di un  $\gamma R= 1.5$  passando a 14.250 kg/m<sup>2</sup> il valore della pressione dell'acqua interna e a 600 Kg/mq il carico sul coronamento, i coefficienti di sicurezza naturalmente scendono ai valori riportati in tabella

n°	Lambda	F_phi	F_c
3	---	1,8588	<b>1,7541</b>
7	---	1,4885	<b>1,4737</b>
9	---	1,4740	<b>1,4710</b>

Come si può vedere i valori, anche aumentando i carichi, non variano sostanzialmente e sono superiori a quanto richiesto dalla Normativa che impone dei coefficienti riduttivi dei parametri geologici pari a 1.2 .

Dott. Ing. Franco Giraudò