

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



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

DIREZIONE TECNICA - CENTRO DI PRODUZIONE MILANO

PROGETTO DEFINITIVO PER APPALTO INTEGRATO

**POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE
QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y**

OPERE CIVILI - GEOTECNICA

Relazione sismica

SCALA :

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

MDL1 12 D 26 RB GE0005 002 A

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A	Emissione Esecutiva	S.Gnoni	Ott.2010			S. Borelli		

File: MDL112D26RBGE0005002A

n. Elab.:

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	3
2	SISMICITÀ DEL TERRITORIO IN STUDIO	5
3	CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI INTERESSATI DAL TRACCIATO DI PROGETTO .7	
	3.1. Amplificazione locale.....	8
	3.2. Liquefazione.....	8

1 PREMESSA

La presente relazione, nell'ambito del progetto definitivo per il potenziamento della linea ferroviaria Rho-Arona (tratta Rho-Gallarate), illustra le caratteristiche sismiche del territorio attraversato dalle opere in progetto.

Lungo il tracciato in esame sono state individuate le coordinate di alcuni punti notevoli, individuati in corrispondenza delle principali opere (attraversamenti, viadotti, prolungamento di opere esistenti, ecc) e localizzati in corrispondenza dei maggiori comuni attraversati; la posizione di questi punti e le relative coordinate sono riportate in Tabella 1.A.

La presente relazione è stata redatta con riferimento all' O.P.C.M. del 20 marzo 2003, n.3274 e s.m.i. "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Si riporta inizialmente un cenno sulle caratteristiche sismiche dell'area e quelle macrosismiche sulla base dell'analisi dei terremoti storici.

Si esaminano quindi le caratteristiche di risposta sismica dei terreni di fondazione, rilevate sperimentalmente attraverso i risultati delle prove penetrometriche dinamiche (SPT) eseguite nell'ambito della campagna di indagine 2008.

Infine si riportano alcune considerazioni relative alla suscettibilità alla liquefazione dei terreni interessati dalle opere in progetto.

ID	Coordinate		Località
	Latitudine	Longitudine	
1	45.646057°	8.819494°	Gallarate – Prolungamento sottopasso
2	45.639903°	8.829039°	Attraversamento SS336
3	45.615888°	8.865626°	Stazione Busto Arsizio - Prolungamento opera esistente
4	45.602581°	8.891627°	Castellanza - Prolungamento sottopasso esistente (via per Busto Arsizio)
5	45.590848°	8.912036°	Legnano - Nuovo sottopasso di stazione
6	45.569395°	8.926420°	San Giorgio su Legnano - Prolungamento sottopasso di stazione esistente
7	45.550660°	8.949787°	Parabiago - Nuovo ponte sul Villoresi (attraversamento canale)
8	45.544120°	8.961604°	Nerviano - Nuovo sottopasso via Olona
9	45.530717°	8.985901°	Pogliano Milanese - Prolungamento opera esistente (attraversamento SP229)
10	45.522523°	9.000728°	Vanzago - Prolungamento sottovia esistente
11	45.517555°	9.019649°	Pregnana Milanese - Ponte su canale
12	45.520118°	9.030814°	Lucernate - Viadotto su fiume Olona
13	45.523700°	9.043350°	Rho

Tab. 1.A – Coordinate e località di riferimento dei punti notevoli identificati lungo il tracciato di progetto

2 SISMICITÀ DEL TERRITORIO IN STUDIO

Il tracciato di progetto si sviluppa all'interno dell'area nord-occidentale della Pianura Padana e corrisponde alla parte centrale del margine settentrionale sud-alpino.

In particolare, la zona interessata dal tracciato si estende in un'area caratterizzata da una morfologia pianeggiante, caratterizzata da bassa sismicità con riferimento agli eventi sismici registrati nel passato.

La storia sismica dei comuni attraversati dal tracciato di progetto, ricostruita attraverso la consultazione del "database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani" a cura dell'INGV¹, è caratterizzata da pochi eventi sismici rilevati, con intensità al sito Is (MCS) generalmente compresa tra il III ed il IV grado. Il terremoto storico più significativo è quello che ha interessato il Comune di Gallarate nel 1901 (Is=6) con area epicentrale Salò (BS).

Nelle seguenti tabelle (2.A÷2.D) si riportano tutte le osservazioni macrosismiche² in corrispondenza dei principali comuni attraversati dalla linea ferroviaria di progetto, estratte dal sito <http://emidius.mi.ingv.it/>.

Effetti		In occasione del terremoto:							
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
5	1914	10	27	09	22		GARFAGNANA	7	5.79
3	1960	03	23	23	08	49	Vallese	6-7	5.36
NF	1905	04	29	01	46	45	Alta Savoia	7-8	5.79
NF	1909	01	13	45			BASSA PADANA	6-7	5.53
NF	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10

Tab. 2.A - Storia Sismica di Rho (MI)

Effetti		In occasione del terremoto:							
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw
4	1968	06	18	05	27		BARD	6	5.18
3	1972	10	25	21	56		PASSO CISA	5	4.95
2	1960	03	23	23	08	49	Vallese	6-7	5.36

Tab. 2.B - Storia Sismica di Parabiago (MI)

¹ Stucchi et alii. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzato per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI04/>. Quaderni di Geofisica, Vol 49, pp.38.

² Le sigle che figurano nelle tabelle 2.A÷2.D indicano: Is = intensità macrosismica, Io = Intensità epicentrale, Mw = magnitudo, AE = Area epicentrale, Me = mese, Gi = giorno, Or = ora, Mi = minuto, Se = secondo.

Effetti		In occasione del terremoto:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw	
4	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10	
F	1976	05	06	20			FRIULI	9-10	6.43	
2-3	1960	03	23	23	08	49	Vallese	6-7	5.36	
2-3	1972	10	25	21	56		PASSO CISA	5	4.95	
2	1898	03	04				CALESTANO	6-7	5.07	
NF	1913	11	25	20	55		VAL DI TARO	5	4.85	

Tab. 2.C - Storia Sismica di Busto Arsizio (VA)

Effetti		In occasione del terremoto:								
Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se	AE	Io	Mw	
6	1901	10	20	14	49	53	Salò'	8	5.67	
5	1914	10	27	09	22		GAREFAGNANA	7	5.79	
4-5	1913	11	07	01	38		NOVI LIGURE	5	4.72	
4	1887	01	23	05	21	50	Liguria occidentale	9	6.29	
F	1991	06	07	01	06	14	Valle d'Asti	8-9	5.71	
3	1960	03	23	23	08	49	Vallese	6-7	5.36	
3	1983	11	09	16	29	52	Parmense	6-7	5.10	

Tab. 2.D - Storia Sismica di Gallarate (VA)

Sulla base dei dati storici di cui sopra si evince che il territorio in esame è stato interessato negli anni da scarsi eventi sismici e che la massima intensità macrosismica Is rilevata è pari a 6. La zona in esame può quindi essere considerata a basso grado di sismicità.

Con riferimento all'Ord. P.C.M 3274 del 20-03-2003, che suddivide il territorio nazionale in 4 zone sismiche, si è verificato che tutti i comuni interessati dal tracciato di progetto ricadono nella zona 4.

La citata ordinanza stabilisce, anche per i comuni che ricadono in questa zona, (precedentemente non classificati) un'accelerazione orizzontale massima a_g su suolo di categoria A pari a 0,05 g (cfr. § 3.2.1 dell'OPCM 3274), estendendo quindi a tutto il territorio nazionale il rispetto della norma sismica.

3 CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEI TERRENI INTERESSATI DAL TRACCIATO DI PROGETTO

Come già detto, il potenziamento della linea ferroviaria Rho-Arona, nella tratta Rho-Gallarate, si inserisce in un territorio interessato negli anni da scarsi eventi sismici e considerato, pertanto, a basso grado di sismicità.

Dai rilievi e dalle indagini geologiche e geomorfologiche effettuate, risulta che l'area in esame è caratterizzata dalla presenza di una formazione ghiaiosa – sabbiosa, fino ad una profondità di 20 m circa dal p.c., cui segue, fino alla massima profondità indagata, una formazione prevalentemente sabbiosa.

Gli effetti che un sisma può causare, sono strettamente legati, oltre che alle caratteristiche della sorgente e alla distanza dall'epicentro, anche al comportamento sismico locale dei terreni di fondazione delle opere in progetto.

La classificazione della categoria del suolo di fondazione si effettua in base ai valori della velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$ entro i primi 30 m di profondità, se disponibile, altrimenti sulla base del valore di N_{SPT} .

I risultati delle prove SPT, riportati nella Relazione Geotecnica Generale (elaborato MDL112D26RBGE0005001A), mostrano valori di N_{SPT} generalmente compresi tra 15 e 50, trascurando le numerose prove a rifiuto.

Inoltre, in mancanza di misure dirette, i valori delle velocità delle onde di taglio v_s (espressi in m/s) sono stati comunque ricavati, sulla base dei risultati delle prove penetrometriche dinamiche, con la correlazione proposta da Ohta e Goto (1978) di seguito riportata:

$$v_s = C \cdot (N_{60})^{0.171} \cdot (z)^{0.199} \cdot f_A \cdot f_G$$

dove:

$C = 67,3$;

N_{60} è il valore di N_{SPT} corretto per un'energia pari al 60% di quella teorica;

z è la profondità (in metri) dal piano campagna;

f_A è un coefficiente che dipende dall'età geologica del deposito (nel caso in esame, per depositi del Pleistocene, risulta $f_A = 1,3$);

f_G è un coefficiente che dipende dalla composizione granulometrica (pari a 1,45 nel caso delle ghiaie e 1,15 nel caso delle sabbie ghiaiose).

I risultati delle prove SPT, utilizzati per la determinazione della velocità delle onde di taglio, sono riportati nella Relazione Geotecnica Generale. Si fa presente inoltre che, nel caso delle numerose prove a rifiuto, è stato considerato un valore di N_{SPT} pari a 60.

I valori delle velocità delle onde di taglio v_s , così ricavati, sono rappresentati in figura 3.A in funzione della profondità dal p.c., distinguendo la formazione superficiale delle ghiaie sabbiose (a sua volta suddivisa in GS' per i primi 5 m di profondità dal p.c. e GS'' per profondità maggiori) e le sabbie ghiaiose di base SG (rinvenute

generalmente oltre i 20÷25 m circa).

I risultati forniti dalle prove penetrometriche dinamiche in sito, in termini di velocità delle onde di taglio v_s , mostrano un quadro di generale uniformità delle caratteristiche stratigrafiche dei terreni attraversati, con valori di v_s progressivamente crescenti con la profondità.

I terreni GS sono caratterizzati da valori di v_s variabili tra 200 e 350 m/s per i primi 5 m di profondità e tra 250 e 450 m/s, per profondità maggiori fino a 20 m circa.

I valori delle velocità delle onde di taglio v_s per i terreni della formazione di base delle sabbie ghiaiose SG risultano compresi generalmente tra 300 e 400 m/s (per profondità variabili da 20 m a 30 m circa).

Pertanto, sulla base dei valori della resistenza penetrometrica dinamica N_{SPT} e delle correlazioni sperimentali di v_s con i risultati delle prove SPT, è possibile classificare il suolo di fondazione interessato dal tracciato ferroviario di progetto nella **categoria C**, corrispondente a *“depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT} < 50.....$)”* (cfr. § 3.1 dell’OPCM 2003).

3.1. Amplificazione locale

Il moto sismico alla superficie di un sito, associato a ciascuna categoria di sottosuolo, è definito mediante l’accelerazione massima (a_{max}) attesa. Il valore di a_{max} può essere valutato in funzione delle caratteristiche sismiche del sito (a_g) ed agli effetti locali legati principalmente alla stratigrafia dell’area interessata ed alla sua topografia, con la seguente relazione:

$$a_{max} = S * S_T * a_g$$

dove S è il fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione ed S_T è il coefficiente di amplificazione topografica.

Dalla tabella 3.1 della norma di riferimento si ricava, per la categoria di suolo “C”, un valore del fattore stratigrafico S pari a 1,25. Considerando, infine, la morfologia generalmente pianeggiante del territorio attraversato dal tracciato, il coefficiente di amplificazione topografico S_T si può considerare pari a 1.

3.2. Liquefazione

Per quanto riguarda il pericolo di liquefazione di terreni soggetti a sollecitazioni di tipo ciclico, si fa presente che, in genere, risultano maggiormente suscettibili i terreni a granulometria piuttosto uniforme, costituiti da sabbie fini e/o limi con densità da media a bassa.

Secondo l’Ord. PCM 2003, la verifica della suscettibilità alla liquefazione può essere omessa per terreni sabbiosi saturi a profondità maggiori di 15 m dal piano campagna. Inoltre, tale verifica si può trascurare quando il prodotto

S^*a_g risulta inferiore a 0,15 g ed, allo stesso tempo, risulta soddisfatta almeno una delle seguenti condizioni:

- contenuto di argilla superiore al 20% con indice di plasticità > 10 ;
- contenuto di limo superiore al 35% e resistenza $N_1(60) > 20$;
- frazione fina trascurabile e resistenza $N_1(60) > 25$;

dove $N_1(60)$ è il valore della resistenza penetrometrica N_{SPT} normalizzato ad uno sforzo efficace di confinamento di 100 kPa ed un fattore di rendimento energetico nell'esecuzione della prova pari a 0,6.

I terreni dell'area in esame, interessati dalle nuove opere in progetto, sono caratterizzati, come sopra detto, dalla presenza di una formazione ghiaiosa – sabbiosa, fino ad una profondità di 20 m circa dal p.c., cui segue una formazione prevalentemente sabbiosa.

Inoltre, sulla base delle caratteristiche sismiche e stratigrafiche del sito prima definite, si deduce che:

- $S^*a_g = 1,25 * 0,05 \text{ g} = 0,0625 \text{ g} < 0,15 \text{ g}$
- la frazione fina è generalmente trascurabile ed il valore normalizzato $N_1(60)$ è nella maggiore parte dei casi superiore a 25.

Pertanto, si può concludere che i terreni in oggetto non sono potenzialmente liquefacibili, se soggetti a sollecitazioni di tipo ciclico.

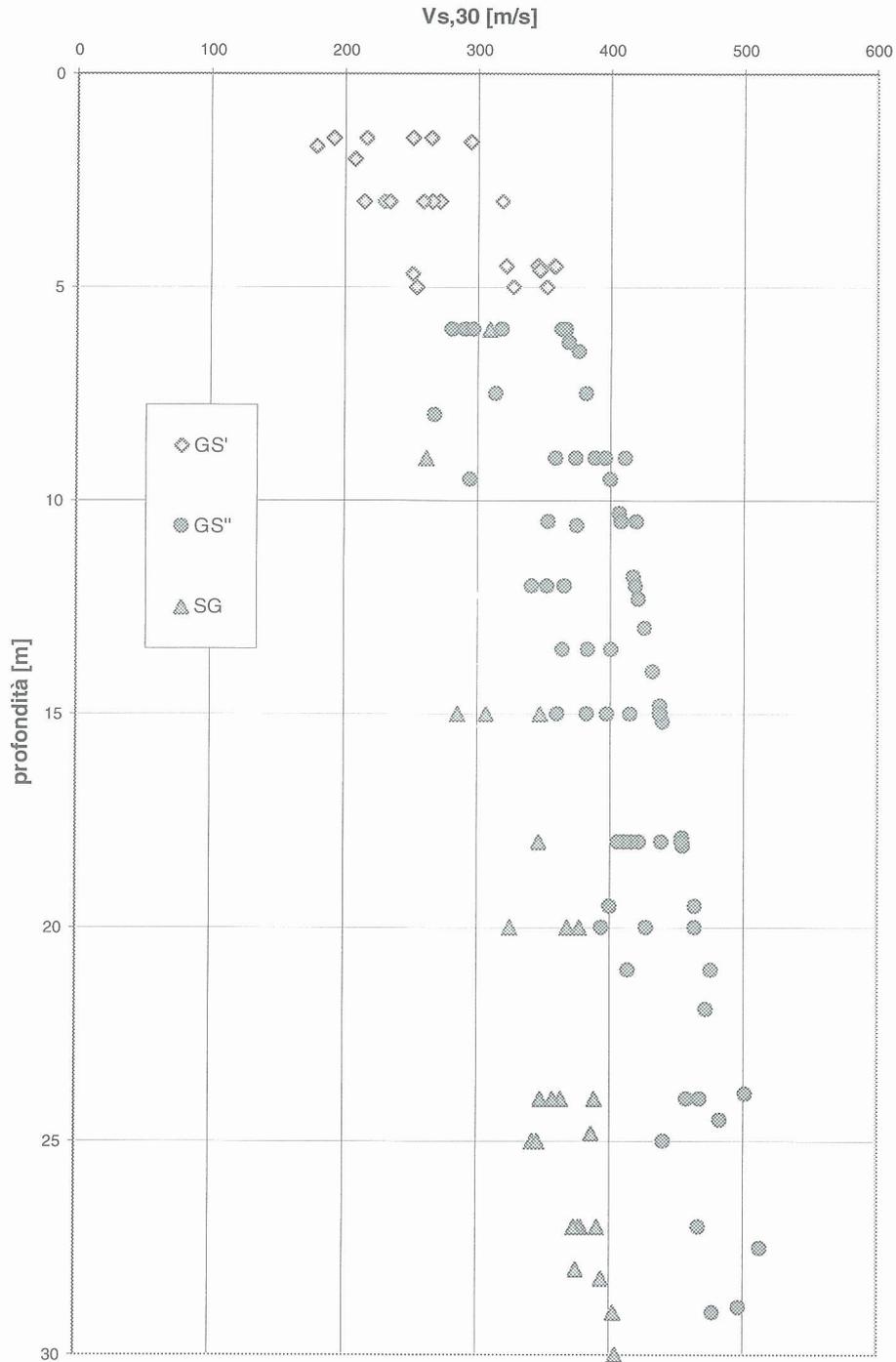


Fig. 3.A - Valori di Vs,30 per i terreni attraversati dalla linea in progetto, valutati a partire dai dati NSPT con la correlazione di Ohta e Goto.