

Committente:

COMUNE DI VAL DELLA TORRE

CITTA' METROPOLITANA DI TORINO



Oggetto:

SISTEMAZIONE IDRAULICA E CONSOLIDAMENTO SPONDA DESTRA DEL RIO LENZUOLO

PROGETTO ESECUTIVO

RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA

SCALA:

Identificazione elaborato	Ambito		Tipologia		Commessa	n. elaborato	
	E	2	P	E		A	03
E2PE51518A03	E	2	P	E	515/18	A	03

Dati Progettisti / Consulenti

Ing. Massimo TUBERGA

Iscritto all'Albo Professionale dell'Ordine
degli Ingegneri della Provincia di Torino
n. 5452 Sezione A

Rev.	Redatto	Verificato	Validato	Data	Timbri e Firme
1	ing. M. Tuberga	ing. L. Marengo	ing. M. Tuberga	11-18	

Il Responsabile del procedimento:

FIRMA

File: E2PE51518A03.pdf

GEO sintesi
Associazione tra Professionisti

geol. Edoardo RABAJOLI
ing. Massimo TUBERGA
ing. Luigi MARENCO
geol. Nicola QUARANTA
geol. Teresio BARBERO

C.so Unione Sovietica, 560 - 10135 Torino
Tel. 011 3913194 - Fax. 011 3470903
email : info@geoengineering.torino.it

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOTECNICA E SISMICA

1	INTRODUZIONE	1
1.1	Riferimenti Normativi	1
	SEZIONE 1: RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA	3
1	CARATTERI DELLA ZONA DI INTERVENTO.....	5
2	ASPETTI GEOMORFOLOGICI.....	8
2.1	Dinamica torrentizia e dissesto in atto.....	9
3	GEOLOGIA E LITOLOGIA.....	12
4	MODELLO GEOLOGICO.....	15
4.1	Riferimenti normativi.....	15
4.2	Modello geologico del sito	16
5	CLASSIFICAZIONE SISMICA.....	17
5.1	Cenni di sismotettonica	17
	SEZIONE 2: RELAZIONE GEOTECNICA	25
1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	26
1.1	Terreni ghiaiosi di base	26
2	PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO	29

1 INTRODUZIONE

Il presente elaborato forma parte integrante del Progetto Esecutivo dei lavori di "SISTEMAZIONE IDRAULICA E CONSOLIDAMENTO SPONDA DESTRA DEL RIO LENZUOLO", in comune di Val della Torre (TO).

Per la redazione del presente elaborato è stata presa visione di un'ampia base-dati documentale, di carattere territoriale a scala vasta, per consolidare un soddisfacente livello di inquadramento delle problematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche, geotecniche e archeologiche, necessario per supportare la progettazione geotecnica e strutturale delle opere.

Nei capitoli che seguono sono quindi illustrati i risultati degli accertamenti, degli studi, delle indagini e delle verifiche eseguite in ottemperanza alle norme di cui sopra.

1.1 Riferimenti Normativi

Le normative di carattere sia nazionale sia regionale che regolano la materia sono di seguito elencate:

- D.M. 17 Gennaio 2018: Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003;
- Decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380
- Legge 2 febbraio 1974, n. 64
- Legge 5 novembre 1971, n. 1086
- Eurocodice 7: Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali;
- Eurocodice 8: Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici;
- D.G.R. Piemonte 21 maggio 2014, n. 65-7656 "Individuazione dell'ufficio tecnico regionale ai sensi del D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ulteriori modifiche e integrazioni alle procedure attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico approvate con D.G.R. 12 dicembre 2011, n. 4-3084.
- D.G.R. Piemonte 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)"

SEZIONE 1: RELAZIONE GEOLOGICA E SISMICA

1 CARATTERI DELLA ZONA DI INTERVENTO

Dal punto di vista amministrativo i luoghi fanno parte del territorio del comune di Val della Torre (TO) e si collocano nel settore pedemontano del territorio comunale sul versante idrografico destro del T. Casternone di cui il Rio Lenzuolo è tributario all'altezza della località Molino di Punta. Si tratta di una porzione di territorio compreso tra la Via Malandrino a sud e l'alveo del Rio Lenzuolo a nord posto a monte del ponticello che attraversa il corso d'acqua all'altezza del bivio con Via Navei. Per il necessario inquadramento della tendenza evolutiva del corso d'acqua e della stabilità del suo versante destro nel corso dei sopralluoghi effettuati si è presa diretta visione dei luoghi con definizione morfologica tramite rilievo topografico di dettaglio.

Come detto il Rio Lenzuolo è un tributario di destra del T. Casternone e trae origine dalle pendici orientali del Truc del Faro (1271 m s.l.m.). Si tratta di una linea di drenaggio del terzo ordine con andamento SW-NE profondamente incisa nella sua vallecola.

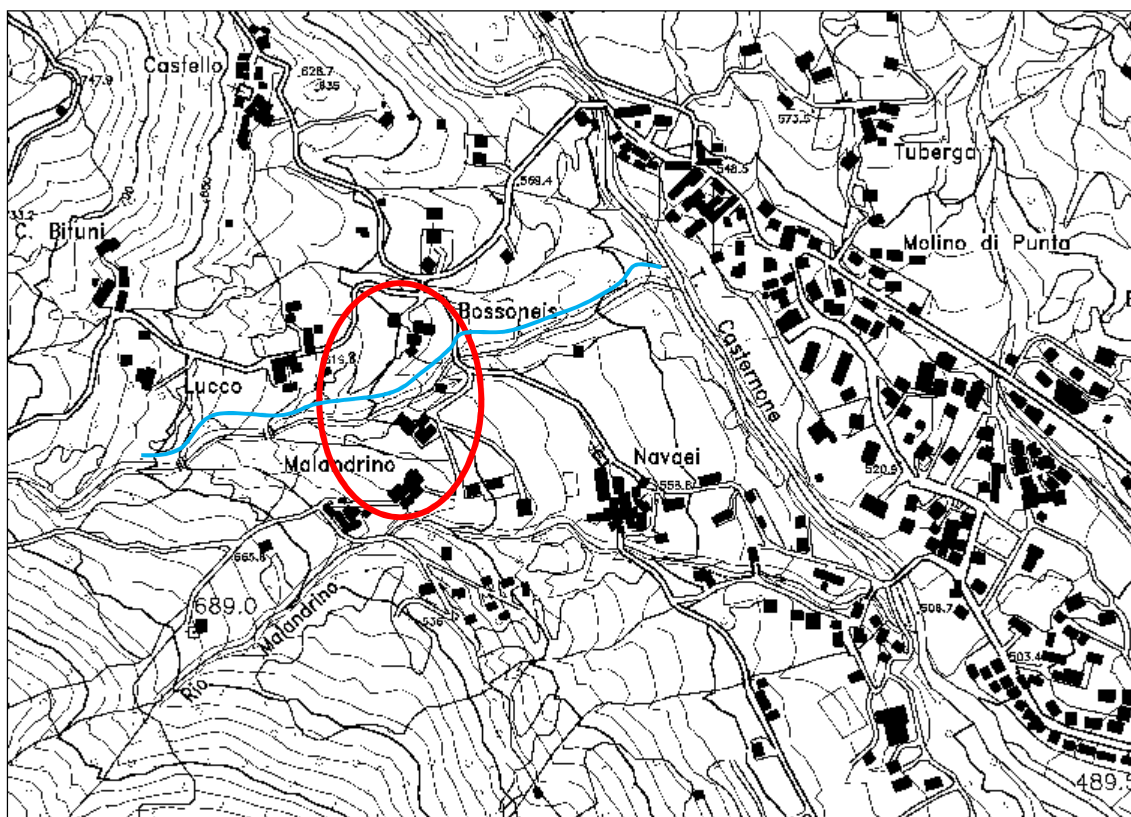


Fig. 1: – Inquadramento dell'area di intervento (Estratto C.T.R. Piemonte)

L'alveo, di tipo unicursale, trae le sue origini a una quota di circa 1100 m s.l.m poco a monte della località Muande di Lenzuolo e riceve in sinistra, a una quota di circa 710 m s.l.m., il suo tributario principale costituito dal Rio Savarino. Sino al ponte della Via Malandrino l'alveo risulta privo di condizionamenti antropici di interesse se non guadi a raso connessi alla viabilità sentieristica locale.

Mentre a scala globale l'andamento dell'alveo risulta avere andamento SW-NE a scalo locale l'alveo presenta a tratti una accentuazione della sua curvatura inducendo fenomeni erosivi di sponda più o meno estesi. In corrispondenza della zona di intervento l'azione erosiva ha indotto, in passato, l'attivazione di un fenomeno di dissesto di tipo rotazionale con formazione di un coronamento di scarpata esteso sino al limite della strada comunale di Rubiana, decorrente parallelamente all'alveo in posizione elevata di una decina di metri. Mentre il materiale di accumulo risulta essere stato via via eroso e veicolato a valle risulta conservato e ben visibile il coronamento del dissesto che presenta un andamento semicircolare con sviluppo di circa 30 m e una altezza di scarpata subverticale variabile sino a un massimo di circa 3,50 m.

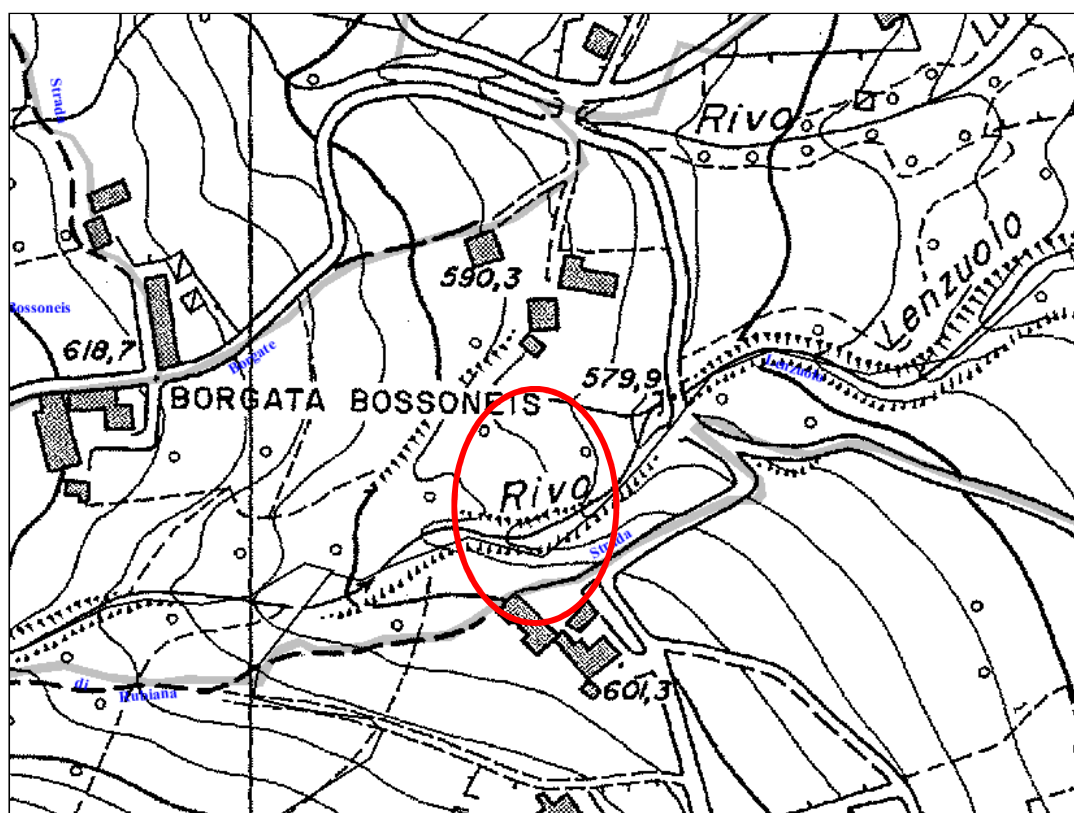


Fig. 2: – L'andamento dell'alveo a valle della Via Teofilo Rossi (Estratto C.T.P. di Torino)



Fig. 3: – La scarpata subverticale del coronamento del dissesto



Fig. 4: – Il coronamento del dissesto a valle della Via Malandrino

A conclusione dell'analisi svolta in via generale è possibile osservare come i dissesti in atto siano riconducibili a due aspetti tra loro connessi:

- all'attività di erosione spondale del corso d'acqua, qui caratterizzato da pendenze mediamente elevate comprese tra l'8 e il 12% che ha attivato il dissesto e che se non contenuto potrebbe dar luogo a riattivazioni locali con estensione del fenomeno
- all'attività regressiva del coronamento di frana, modellato su pendenze non sostenibili nel lungo periodo, con coinvolgimento totale dell'asse viario e del fabbricato residenziale qui presente.

2 ASPETTI GEOMORFOLOGICI

Il presente studio si è articolato attraverso l'esame della documentazione geologica inerente l'area, a cui sono seguiti rilievi di campagna svolti nel Marzo 2015 nell'ambito dello sviluppo progettuale definitivo, indirizzati a verificare le caratteristiche geologiche generali dei terreni sciolti di copertura e del substrato sedimentario, nonché ad individuare i tratti morfologici interpretabili come l'espressione di processi di dissesto. Quest'ultimo aspetto è stato approfondito avvalendosi dell'esame delle fotografie aeree che consentono una visione più generale e permettono di inserire in un quadro più ampio le informazioni puntuali derivanti dal rilievo di campagna.

Per la cartografia necessaria ai rilievi di campagna e per la successiva trasposizione grafica dei risultati sono state utilizzate, oltre alla cartografia comunale, le seguenti basi topografiche:

- Scala 1: 10.000 - Regione Piemonte – Servizio cartografico. C.T.R.
- Scala 1: 5.000 - Provincia di Torino – Servizio cartografico. C.T.P.

È stata consultata la cartografia del Piano stralcio per l'Assetto idrogeologico (PAI) e la Cartografia a carattere geologico e geomorfologico allegata al PRGC. È stata inoltre acquisita la cartografia tematica della Banca Dati Geologica della Regione Piemonte e dell'A.R.P.A., compresa quella inerente il progetto IFFI.

La configurazione morfologica del settore in esame risulta da ricondurre all'azione morfodinamica esplicita nel tempo dal Rio Lenzuolo. Il settore di interesse a scala locale presenta una morfologia debolmente inclinata verso Est con pendenza del 30%.

2.1 Dinamica torrentizia e dissesto in atto

In corrispondenza del tratto in esame, esteso tra l'attraversamento della Via Malandrino a valle e la confluenza del Rio Savarino a monte è possibile osservare come il corso d'acqua risulti profondamente inciso nella sua vallecola con scarpate di altezza pari a circa 10 m. Come evidenziato nella figura seguente l'alveo tende a incidere ora la sponda sinistra ora la sponda destra dando luogo a scarpate subverticali al cui crollo consegue una variazione di percorso. E' rilevabile in sinistra idrografica la presenza di un paleoalveo ora non più attivo conseguenza diretta di tale dinamica

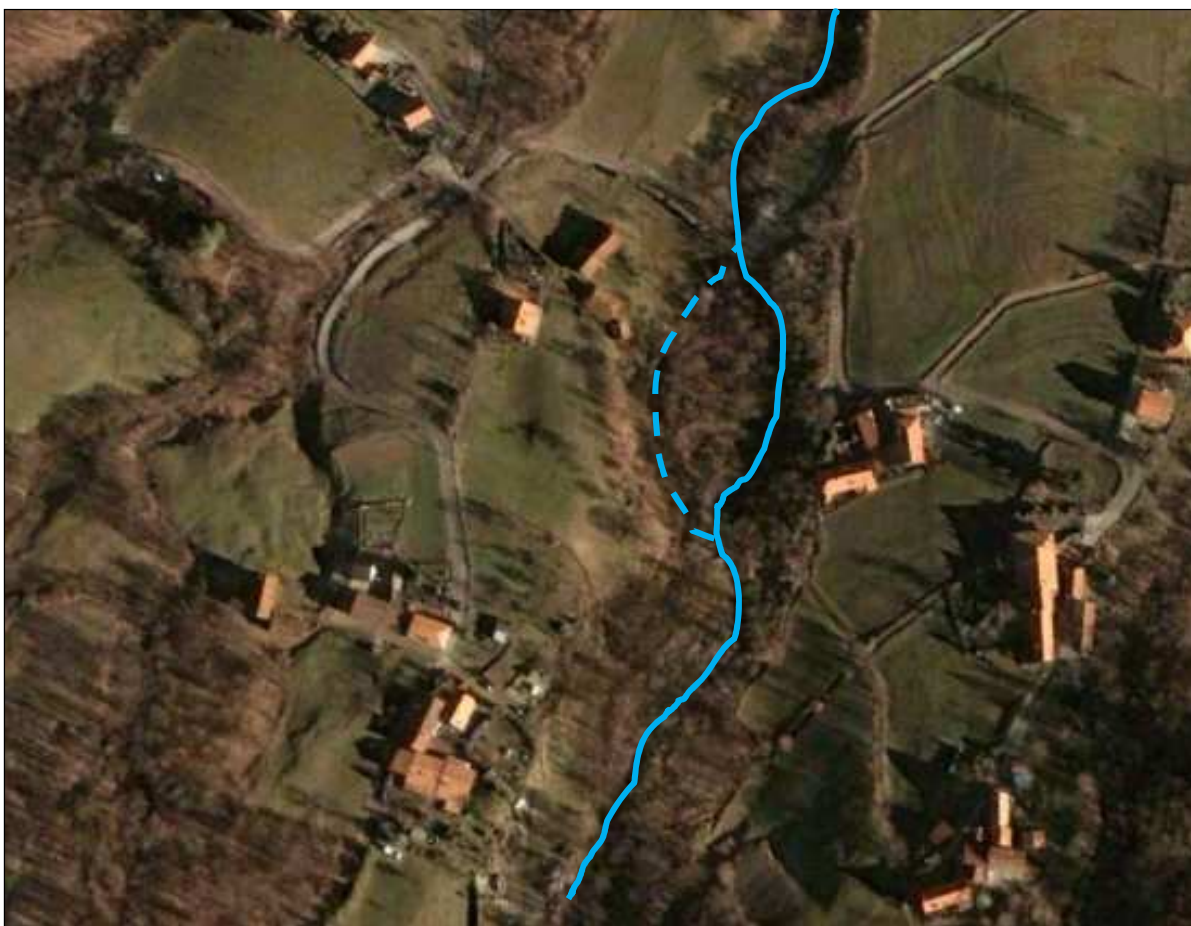


Fig. 5: – L'andamento dell'alveo attuale (linea continua) e il paleoalveo presente in sinistra (linea tratteggiata) nel settore in studio

Lo stato del dissesto nel settore di intervento è diretta causa della dinamica torrentizia descritta in precedenza. Allo stato attuale è ancora percepibile il limite estremo in

destra che ha innescato la formazione della scarpata di distacco che coinvolge la strada comunale e gli edifici residenziali ad essa limitrofi (Cfr. figura seguente).



Fig. 6: – Vista da monte dell'alveo con evidenziazione con la linea rossa del limite di erosione al piede della scarpata che ha indotto la formazione della scarpata subverticale al coronamento



Fig. 7: – La scarpata subverticale del coronamento del dissesto

Per cui si potrà ricorrere a un intervento di difesa passiva atto ad impedire l'incremento della erosione in atto a difesa, sia del piede del corpo frana ancora presente, sia a limitare gli apporti solidi nel settore di valle con riduzione delle capacità di deflusso in particolare in corrispondenza delle opere viarie di attraversamento. A tale intervento occorre associare una ricostruzione del pendio con rimodellamento su forme morfologiche stabili nel lungo periodo a ripristinare la viabilità sulla strada comunale e a garantire la sicurezza del retrostante edificio residenziale.

Relativamente alle notazioni storiche sulle condizioni di dissesto pregresse si è fatto riferimento alla cartografia messa a disposizione on-line dal settore Difesa del Suolo della Regione Piemonte che recepisce le indicazioni del PAI e della carta geomorfologica e del dissesto allegata al PRGC

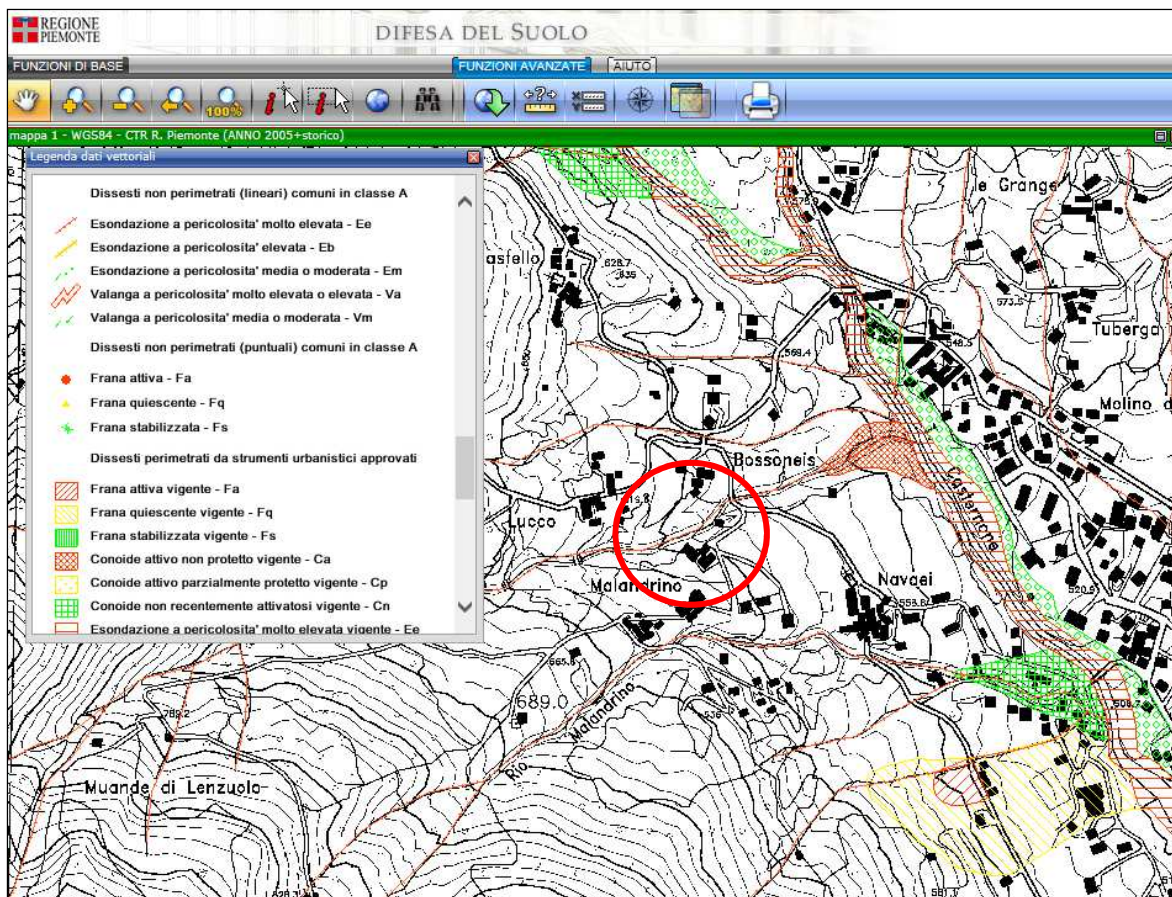


Fig. 8: Estratto fuori scala Servizio Difesa del Suolo della Regione Piemonte (Servizio on line). Nel cerchio rosso si evidenzia la porzione di territorio comunale interessata dagli interventi in progetto

Per quanto concerne la pericolosità geologica si andrà ad intervenire su un'asta classificata ad elevata pericolosità (classe Eel) per processi lineari ad intensità molto elevata.

3 GEOLOGIA E LITOLOGIA

Nel settore montano del bacino imbrifero del Rio Lenzuolo affiorano litotipi riferibili al *Complesso Ultrabásico di Lanzo*. Le formazioni superficiali pedemontane sono invece costituite da coltri più o meno continue e potenti di depositi sciolti, riconducibili prevalentemente a sedimenti eluvio-colluviali e detritico-colluviali, da depositi fluvio-glaciali antichi Pleistocene medio-attuale e da depositi alluvionali medio-recenti e attuali.

Il Foglio geologico n. 155 "Torino Ovest" alla scala 1:50.000 indica la presenza di peridotiti e di Iherzoliti sub affioranti nella parte alta del bacino idrografico. Tali rocce

ultrabasiche sono caratterizzate da intensa fratturazione e alterazione variabile, particolarmente intensa nelle lherzoliti. Le giaciture dei piani di foliazione immergono di circa 50-70° verso NW

In considerazione delle quote poco elevate, le formazioni superficiali quaternarie, costituite esclusivamente da depositi sciolti, si estendono con relativa continuità in corrispondenza ai versanti e al fondovalle.

Nel sito di intervento sono presenti terreni sciolti riferibili a depositi sedimentari fluvio torrentizi di età pleistocenica riferibili al subsistema di Crescentino (CSN2b). Il deposito è costituito da termini ghiaioso sabbiosi con frequenti elementi eterometrici con diametro compreso tra pochi cm e 30 cm circa in matrice sabbioso siltosa.

I depositi in alveo e che bordano lo stesso sono litologicamente costituiti da granuli subarrotondati di varia taglia (sino a ciottoli e blocchi), in matrice prevalentemente sabbioso; i litotipi più rappresentati nei clasti sono costituiti da rocce metamorfiche caratteristiche del settore vallivo del bacino.

La granulometria e le caratteristiche dei depositi sono comunque fortemente influenzati dalla dinamica del corso d'acqua. Per quanto riguarda il profilo di fondo non si evidenziano, nel tratto in esame, particolari fenomeni erosivi in atto.

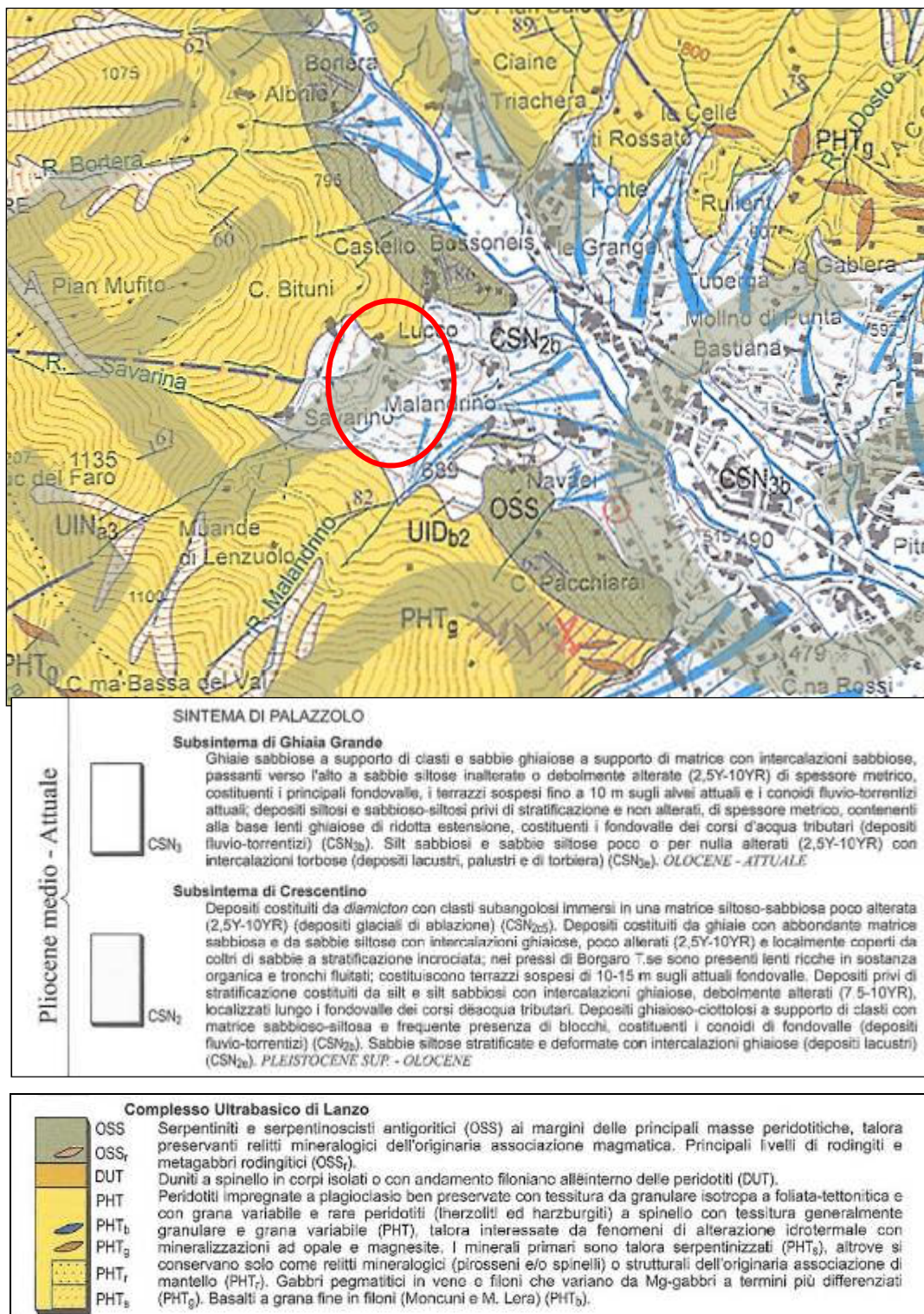


Fig. 9 – Estratto Carta Geologica d'Italia Foglio 155 – Torino Ovest

4 MODELLO GEOLOGICO

4.1 Riferimenti normativi

La legislazione di riferimento è costituita dalle NTC 2018 – Aggiornamento Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 17.01.18) che, nell’ambito del Cap. 6 “Progettazione geotecnica”, al punto 6.2.1 “Caratterizzazione e modellazione geologica del sito” recita:

Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell’area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell’azione dei diversi agenti morfogenetici.

La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.

In funzione del tipo di opera, di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l’opera, specifiche indagini saranno finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico.

Il modello geologico deve essere sviluppato in modo da costituire elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche. La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito devono essere esaurientemente esposte e commentate in una relazione geologica, che è parte integrante del progetto. Tale relazione comprende, sulla base di specifici rilievi ed indagini, la identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche

Si procede quindi nel seguito a definire il modello geologico del sito sulla base di quanto esposto nei paragrafi precedenti, precisando che stante il diffuso affioramento del substrato roccioso e l’esiguo spessore dei depositi detritici superficiali non si è ritenuto necessario effettuare indagini geognostiche né prove geotecniche in sito o in laboratorio.

4.2 Modello geologico del sito

Sulla scorta di quanto esposto nei paragrafi precedenti si è ricostruito il modello geologico del sito riassumibile nel seguente schema:

- *Substrato sedimentario comprende una successione eterogenea di termini ghiaiosi ciottolosi a supporto di clasti con matrice sabbioso siltosa e frequente presenza di blocchi. Grado di addensamento crescente con la profondità con un comportamento tipicamente incoerente.*



Circa gli aspetti idrogeologici è da rilevare l'assenza di falde freatiche sul versante; nei depositi di fondovalle è invece prevedibile la presenza di una falda di tipo freatico, in continuità idrodinamica con l'alveo del Rio.

Infine, circa gli aspetti geomorfologici e la pericolosità geologica del sito è da segnalare che si andrà ad intervenire su un'asta classificata ad elevata pericolosità (classe Eel) per processi lineari ad intensità molto elevata.

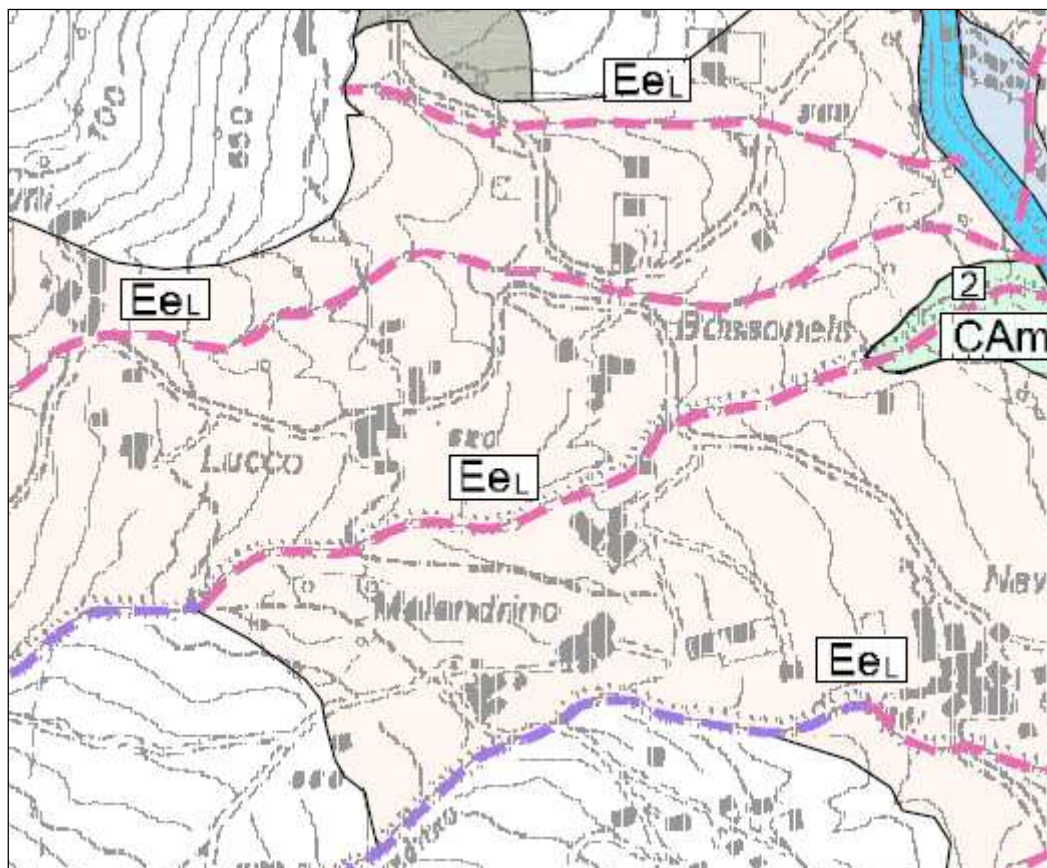


Fig. 10 – Estratto Carta Geomorfológica e del dissesto del PRGC

5 CLASSIFICAZIONE SISMICA

5.1 Cenni di sismotettonica

Il contesto tettonico e i regimi geodinamici tuttora attivi legati all'evoluzione della catena alpina sono all'origine dell'attività sismica presente in Piemonte, generalmente modesta come intensità, ma notevole come frequenza.

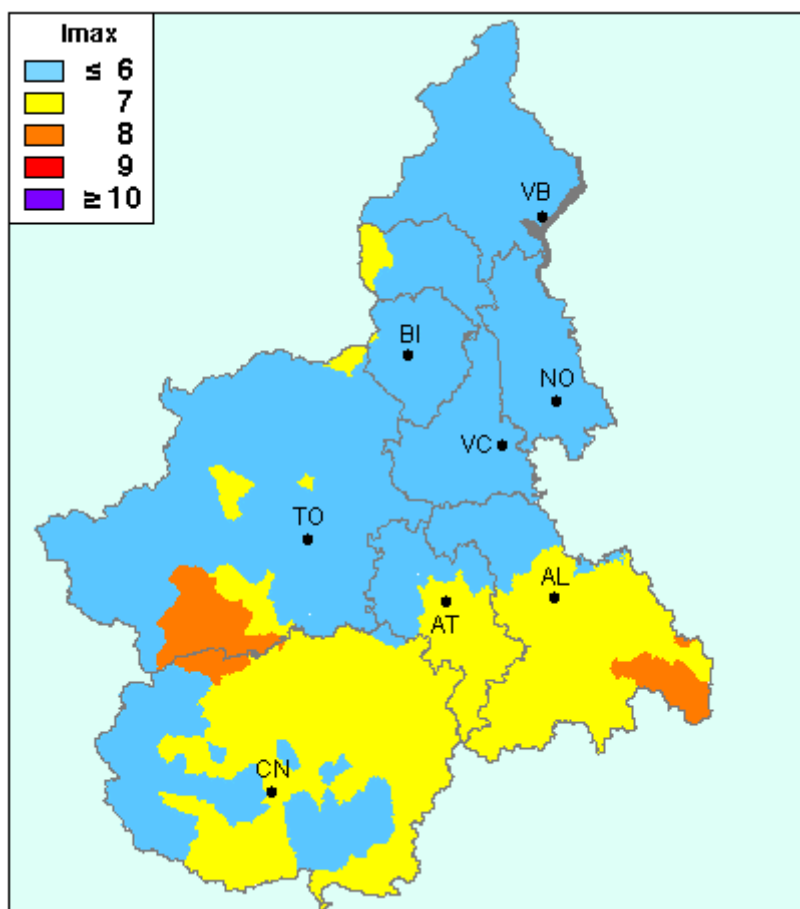


Fig. 11: Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani – Molin, Stucchi, Valensise per conto DPC – Aprile 2006

I terremoti si manifestano principalmente lungo due direttrici che riflettono chiaramente l'assetto tettonico regionale essendo quasi coincidenti, entro un ragionevole margine di distribuzione, l'uno con il fronte Pennidico e l'altro con il limite fra le unità pennidiche e la pianura padana.

Osservando infatti la localizzazione degli epicentri dei terremoti registrati dalla rete sismica si nota chiaramente una distribuzione dispersa lungo due direttrici principali:

- una segue la direzione dell'Arco Alpino occidentale nella sua parte interna in corrispondenza del massimo gradiente orizzontale della gravità (zona sismogenetica 908);
- l'altra (zona sismogenetica 909) più dispersa segue l'allineamento dei massicci cristallini esterni in corrispondenza del minimo gravimetrico delle Alpi Occidentali francesi.

Le due direttrici convergono nella zona del Cuneese, per riaprirsi a ventaglio verso la costa, interessando il Nizzardo e l'Imperiese (fonte: ARPA Piemonte).

Una terza direttrice (zona sismogenetica 911), infine, interessa il fronte occidentale dell'Appennino sepolto ed il suo prolungamento nel Monferrato.

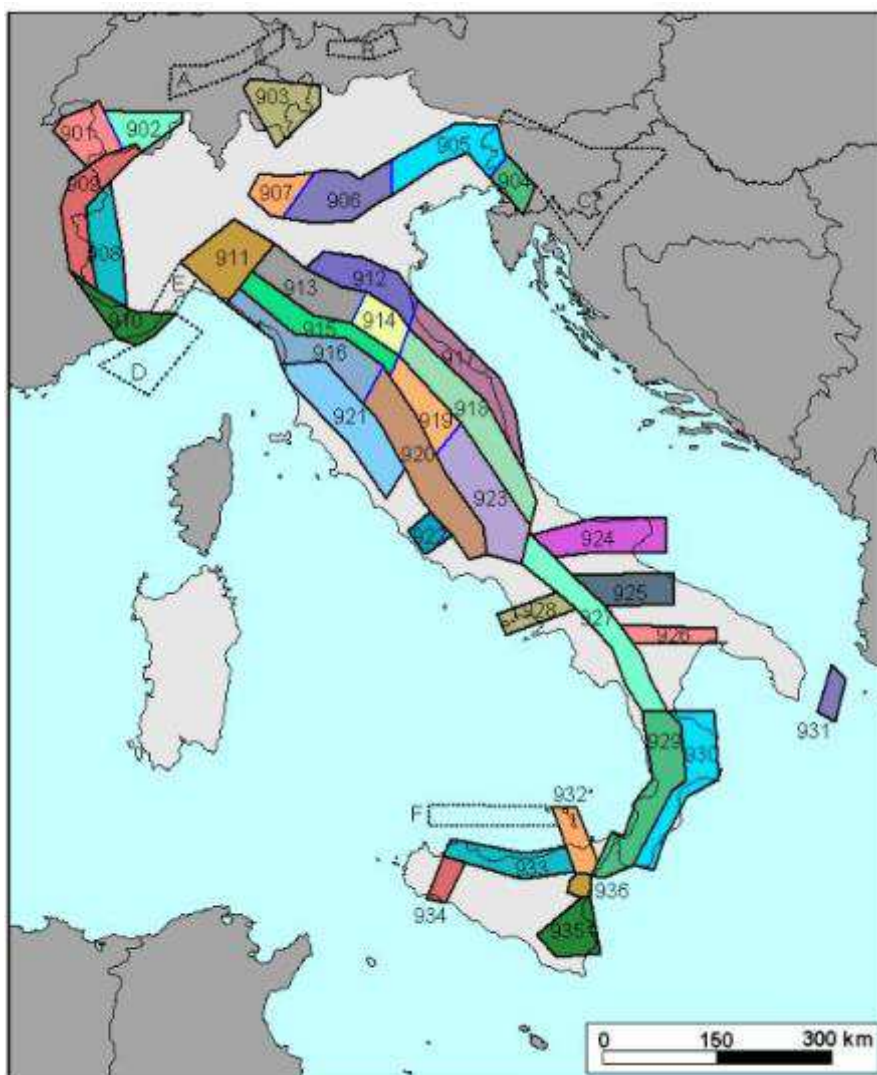


Fig. 12: Zone sismogenetiche, figure tratte da Meletti & Valensise (2004).

A seguito dei risultati del "Progetto Finalizzato Geodinamica" del CNR (D.M. n° 82 del 4 febbraio 1982), sono stati classificati sismici in II categoria 41 Comuni Piemontesi (40 in Provincia di Torino, 1 in Provincia di Cuneo).

Con riferimento alla classificazione delle zone sismiche di cui all'OPCM n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., il livello di sismicità del comune di Val della Torre era ascrivito alla Zona 4 (livello più basso previsto). Tuttavia, con l'entrata in vigore della Deliberazione della Giunta Regionale 19 gennaio 2010, n. 11-13058 "Aggiornamento e adeguamento dell'elenco delle zone sismiche (O.P.C.M. n. 3274/2003 e O.P.C.M. 3519/2006)" il Comune di Val della Torre è stato classificato in zona 3.

I valori di accelerazione massima al suolo a_g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s,30} > 800$ m/s, relativi alla classificazione citata, sono riproposti nella figura seguente.

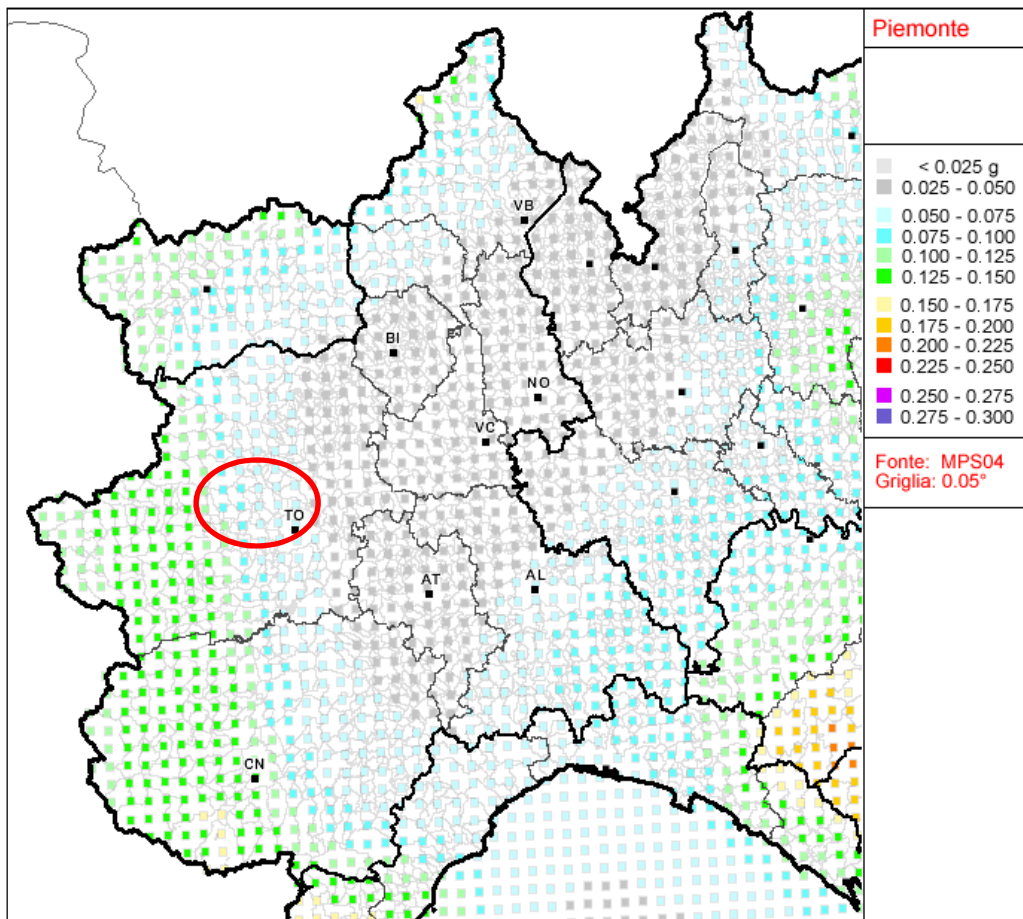


Fig. 13: Valori di Pericolosità sismica del territorio nazionale – INGV

Zona	accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni $[a_g]$	accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico $[a_g]$
3	0,05 – 0,15 g	0,15 g
4	<0,05 g	0,05 g

Tabella 1: Valori di accelerazione orizzontale per le Zone 3 e 4

Le tabelle dei parametri che definiscono l'azione sismica specifica per il territorio comunale sono contenute nell'Allegato B al D.M. 14/01/2008 *Norme tecniche per le costruzioni*. per il comune di Val della Torre sono definiti i seguenti parametri sismici riferiti ad una vita nominale dell'opera di 50 anni e a un tempo di ritorno $T_r = 475$ anni corrispondente a uno stato limite di "Salvaguardia vita":

- $a_g = 0.077 \text{ g}$ $F_0 = 2,645$ $T_c = 0,27$

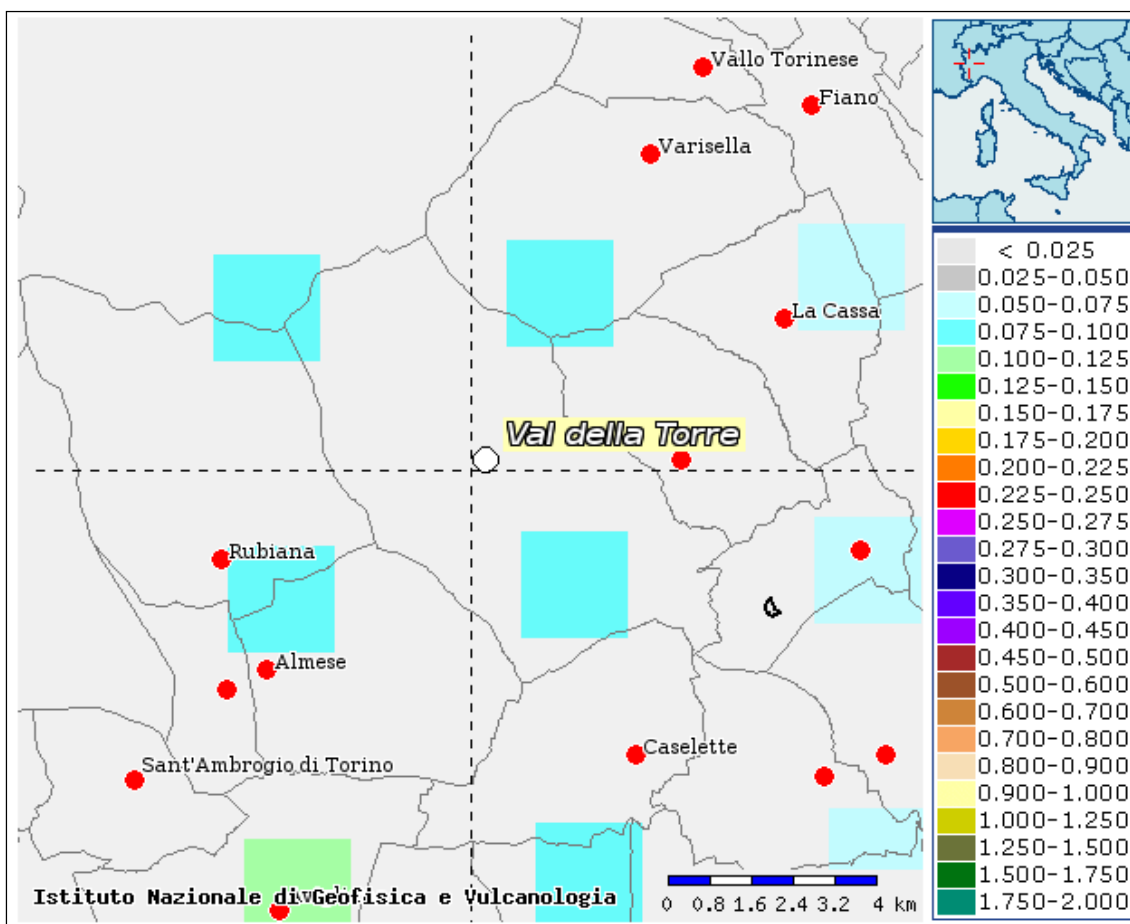


Fig. 14: Dettaglio Valori di Pericolosità sismica del territorio di Val della Torre - INGV

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento indicate nelle Tabelle 3.2.II e 3.2.III contenute nel Decreto ministeriale (infrastrutture) 17 Gennaio 2018 "Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni" (indicato nel seguito come D.M. 17/01/2018).

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo, ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$.

Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di

sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per le categorie di sottosuolo **A, B, C, D, E** le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 del D.M. 17/01/2018.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tabella 1 – Categorie di sottosuolo individuate nel D.M. 17/01/2018.

Sulla base delle indagini svolte è possibile ipotizzare la presenza di una **categoria di sottosuolo B.**

Per quanto concerne l'influenza della morfologia sulla risposta sismica locale, si osserva che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi. Per configurazioni superficiali semplici, come quella del settore oggetto di interventi, si può adottare la classificazione della figura seguente.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	<i>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$</i>
T2	<i>Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$</i>
T3	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$</i>
T4	<i>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$</i>

Tabella 2 – Categorie caratteristiche della superficie topografica.

Per quanto riguarda le condizioni topografiche si ricade nella **categoria T2.**

In riferimento ai tipi e alle classi d'uso delle costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, si può affermare che le opere di sostegno in essere ricadano nel tipo 2 e nella classe II.

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Tabella 2: Tipi di costruzione e relativa vita nominale

<i>Classe I:</i>	Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.
<i>Classe II:</i>	Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.
<i>Classe III:</i>	Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
<i>Classe IV:</i>	Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al DM 5/11/2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

Tabella 3: Classi d'uso delle costruzioni

SEZIONE 2: RELAZIONE GEOTECNICA

1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Sulla base delle indagini disponibili è stata individuata un'unica unità stratigrafica di interesse per le opere in progetto

- *Substrato sedimentario comprende una successione eterogenea di termini ghiaiosi ciottolosi a supporto di clasti con matrice sabbioso siltosa e frequente presenza di blocchi. Grado di addensamento crescente con la profondità con un comportamento tipicamente incoerente.*

1.1 Terreni ghiaiosi di base

Sulla base dell'esame dei materiali in affioramento è possibile classificare gli stessi secondo la classificazione statunitense già citata. In particolare ci si colloca nella classe definita con la sigla GC e subordinatamente in quella definita con GM o SM al prevalere della componente sabbiosa. Si tratta cioè in prevalenza di miscele di ghiaia sabbia e limo.

Secondo la classificazione CNR-UNI questi materiali si collocano nel gruppo A2 e subordinatamente nel gruppo A1.

La definizione dei parametri geotecnici rappresentativi del deposito è possibile sulla base dei dati disponibili in bibliografia.

È possibile stimare un valore dell'angolo di resistenza al taglio di picco mediante le correlazioni e i valori forniti da numerosi autori. In particolare Leonards (1962) propone, per terreni con percentuale di ghiaia fino al 65% e densità relativa media, dei valori compresi fra 37° e 42°; mentre Lambe e Whitman (1969), per sabbia e ghiaie con densità media, propongono un campo di valori compresi fra 36° e 42°. È possibile quindi mediamente ritenere come rappresentativo del deposito il limite superiore per i termini costituenti il substrato, in modo da tenere conto anche della presenza di livelli ciottolosi, e il limite inferiore per i termini di riempimento o riporto a componente ghiaiosa prevalente.

Analogamente è possibile definire il valore dell'angolo di resistenza al taglio a volume costante ϕ_{cv} ; Lambe e Whitman propongono, per tale parametro, dei valori compresi fra 32° e 36°. Si assumerà un valore medio $\phi_{cv} = 34^\circ$. Trattandosi di terreni appartenenti alle classi G e S si assumerà un valore nullo della coesione.

La definizione dei parametri di deformazione è possibile sulla base del diagramma proposto da Janbu (1967) e riportato nella figura allegata, assumendo come rappresentativa del deposito una DR media pari al 60%.

Il coefficiente di Poisson può essere assunto pari a $\nu = 0.30$.

Infine il peso di volume può essere valutato sulla base delle correlazioni proposte del NAVFAC (1971) che per terreni di classe G permette di stimare un valore di 19- 20 kN/mc.

Riassumendo per i terreni ghiaioso-ciottolosi costituenti l'unità litologica I si ritiene corretto assumere i seguenti parametri geotecnici caratteristici:

- peso di volume	$\gamma = 19$	kN/mc
- coesione drenata	$c = 0$	kPa
- angolo di resistenza al taglio di picco medio	$\phi = 42$	°
- angolo di resistenza al taglio a volume costante	$\phi_{cv} = 36$	°
- modulo di deformazione a 100 kPa	$E' = 40$	MPa
- coefficiente di Poisson	$\nu = 0.30$	

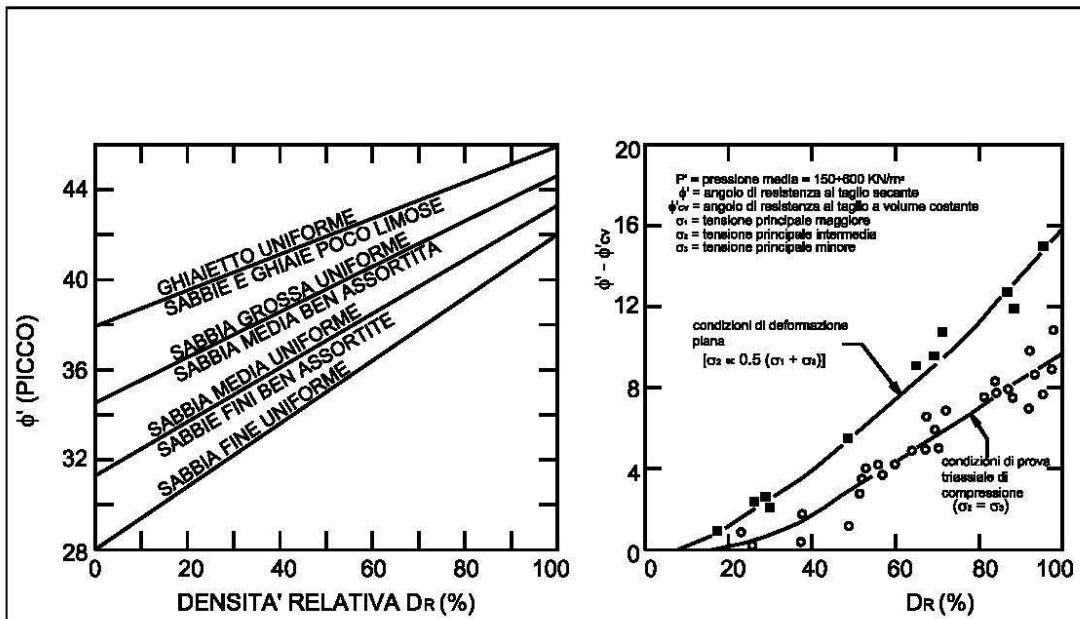


Figura 2
Correlazione $D_r - \phi'$
(Schmertmann, 1978)

Figura 3
Correlazione tra $(\phi' - \phi'_{cv})$ e la
densità relativa (D_r) (Bolton, 1986)

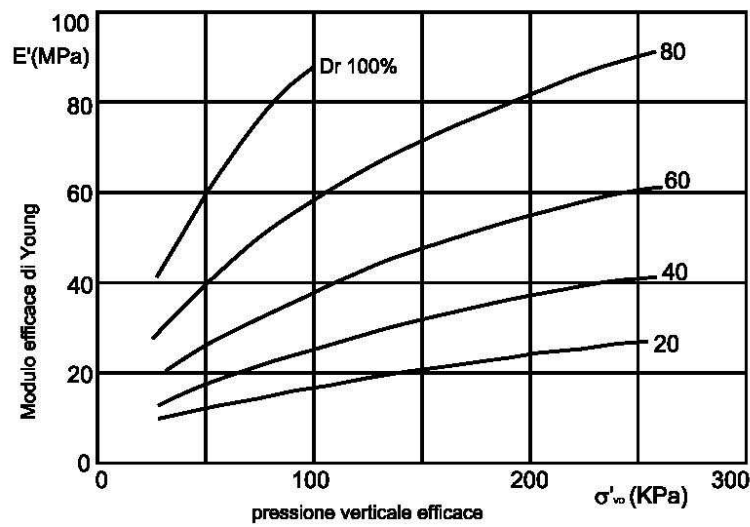


Figura 4
Correlazione tra $E' - D_r - \sigma'_v$.
(Janbu, 1967)

2 PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO

Sulla base delle analisi svolte al paragrafo precedente è possibile definire un profilo geotecnico di progetto a cui fare riferimento in sede progettuale.

La definizione dei parametri di calcolo è effettuata con riferimento all'approccio agli stati limite in campo geotecnico trattato dagli Eurocodici, che viene introdotto a livello di normativa nazionale attraverso il "Testo unico – Norme Tecniche per le Costruzioni – Gennaio 2018".

Per Stato Limite Ultimo (SLU) si intende lo stato al superamento del quale si ha il collasso strutturale, crolli, perdita di equilibrio, dissesti gravi, ovvero fenomeni che mettono fuori servizio in modo irreversibile la struttura.

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Per Stato Limite di Esercizio (SLE) si intende lo stato al superamento del quale corrisponde la perdita di una particolare funzionalità che condiziona o limita la prestazione dell'opera.

Nell'ambito del metodo agli stati limite, la misura della sicurezza si ottiene con il "Metodo semiprobabilistico dei Coefficienti Parziali" di sicurezza espresso dall'espressione

$$E_d \leq R_d$$

dove:

R_d = valore di progetto della resistenza del sistema geotecnico

E_d = valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni, nelle combinazioni di carico di cui ai punti successivi

La resistenza R_d è determinata:

$$R_d = 1/\gamma_R R [\gamma_F F_K; X_K/\gamma_M; a_d]$$

E l'effetto delle azioni risulta:

$$E_d = E [\gamma_F F_K; X_K/\gamma_M; a_d]$$

In cui l'effetto delle azioni e resistenze sono espresse in funzione delle azioni di progetto F , dei parametri di progetto X e della geometria di progetto a .

La verifica della suddetta condizione deve essere effettuata impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficiente parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnica (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2, e R3).

La resistenza di progetto può essere determinata:

- in modo analitico, con riferimento ai valori caratteristici dei parametri geotecnici di resistenza (angolo di attrito, coesione, etc.) divisi per un coefficiente parziale γ_M e tenendo conto ove necessario, dei coefficienti parziali γ_R specifici per ogni tipo di opera sulla base di misure dirette, tenendo conto di specifici coefficienti parziali γ_R specifici per ogni tipo di opera
- in modo analitico, con riferimento a correlazioni con i risultati di prove in sito, tenendo conto di specifici coefficienti parziali γ_R specifici per ogni tipo di opera

Le azioni di progetto E_d sono determinate, a partire da un valore caratteristico, amplificandolo mediante i coefficienti parziali γ_F .

Per le diverse condizioni nella verifica agli Stati Limite Ultimi (SLU), il T.U. Gennaio 2018 individua i seguenti coefficienti parziali:

Azioni (EQU)

AZIONE	Simbologia coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Permanente sfavorevole	γ_{G1}	1,1
Permanente favorevole		0,9
Permanente non strutturale favorevole	γ_{G2}	1,5
Permanente non strutturale favorevole		0,8
Variabile sfavorevole	γ_Q	1,5
Variabile favorevole		0,0

Azioni (A1) STR

AZIONE	Simbologia coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Permanente sfavorevole	γ_G	1,3
Permanente favorevole		1,0

Permanente non strutturale sfavorevole	γ_{G2}	1,5
Permanente non strutturale favorevole		0,8
Variabile sfavorevole	γ_Q	1,5
Variabile favorevole		0,0

Azioni (A2) GEO

AZIONE	Simbologia	COEFFICIENTE PARZIALE
Permanente sfavorevole	γ_G	1,0
Permanente favorevole		1,0
Permanente non strutturale sfavorevole	γ_{G2}	1,3
Permanente non strutturale favorevole		0,8
Variabile sfavorevole	γ_Q	1,3
Variabile favorevole		0,0

Resistenze (M1)

AZIONE	Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	1,0
Coesione efficace	c'_k	1,0
Resistenza non drenata	c_{uk}	1,0
Peso dell'unità di volume	γ	1,0

Resistenze (M2)

AZIONE	Parametro al quale applicare il coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \square \phi'_k$	1,25

Coesione efficace	c'_k	1,25
Resistenza non drenata	c_{u_k}	1,4
Peso dell'unità di volume	γ	1,0

Per le diverse problematiche di progetto sarà possibile definire il profilo geotecnico di progetto.