

Spett.le

COMUNE DI OSNAGO (LC)

OGGETTO: AGGIORNAMENTO STUDIO GEOLOGICO AI SENSI DELLA D.G.R. 22 DICEMBRE 2005 – N.8/1566

Criteria ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art.57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n.12

In seguito all'entrata in vigore della L.R. n12 è stato redatto il seguente aggiornamento per il territorio comunale di Osnago.

Il comune di Osnago è tenuto ad aggiornare il proprio studio geologico ai sensi della l.r. 12 datato Gennaio 2002 relativamente a:

- componente sismica in linea con le disposizioni nazionali introdotte dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, da cui scaturiscono le nuove classificazioni sismiche del territorio su base comunale (TAVOLA 5A);
- alla carta dei vincoli, di sintesi e di fattibilità estesa a tutto il territorio comunale in scala 1: 2.000 e in scala 1: 10.000 (TAVOLE 5B, 5, 6A, 6B, 6C, 7);
- carta del dissesto con legenda uniformata PAI (TAVOLA 8).

Si allegano:

TAVOLA 5A - Carta della pericolosità sismica locale

TAVOLA 5B - Carta dei Vincoli

TAVOLA 5 - Carta di sintesi del rischio geologico

TAVOLA 6A - Carta della fattibilità geologica estesa a tutto il territorio comunale in scala 1: 2.000

TAVOLA 6B - Carta della fattibilità geologica estesa a tutto il territorio comunale in scala 1: 2.000

TAVOLA 6C - Carta della fattibilità geologica estesa a tutto il territorio comunale in scala 1: 2.000

TAVOLA 7 - Carta della fattibilità geologica estesa a tutto il territorio comunale in scala 1: 10.000

TAVOLA 8 - Carta del dissesto con legenda uniformata PAI

CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

ZONE SISMICHE

In seguito all'ordinanza n. 3274 del Presidente del consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, sono stati definiti i primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. In particolare sono stati approvati i Criteri per l'individuazione delle zone sismiche-individuazione, formazione e aggiornamento degli elenchi nelle medesime zone (allegato 1 all'ordinanza), nonché le connesse Norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici, Norme tecniche per progetto sismico dei ponti, Norme tecniche per il progetto sismico delle opere di fondazione e sostegno dei terreni (allegati 2, 3 e 4 dell'ordinanza). Ogni singola regione deve provvedere all'individuazione, formazione e aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche. In prima applicazione le zone sismiche sono individuate sulla base del documento "Proposta di riclassificazione sismica del territorio nazionale".

Le norme tecniche indicano 4 valori di accelerazioni orizzontali (a_g/g) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico e le norme progettuali e costruttive da applicare e pertanto il numero delle zone è fissato a 4. Sono state individuate quattro classi che identificano 4 zone a sismicità decrescente partendo da 1 a 4. **Il territorio comunale di OSNAGO rientra in zona 4.** Di seguito si riporta una tabella che individua le 4 zone sismiche

ZONA	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% i 50 anni (a_g/g)	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (norme Tecniche) (a_g/g)
1	>0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	<0,05	0,05

Lo spettro di risposta elastico è costituito da una forma spettrale, considerata indipendente dal livello di sismicità, moltiplicata per il valore della accelerazione massima $a_g \times S$ del terreno che caratterizza il sito, dove S è il fattore che tiene conto del profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

I parametri T_B , T_C , T_D di seguito riportati sono periodi che separano i diversi rami dello spettro, dipendenti dal profilo stratigrafico del suolo di fondazione.

CATEGORIA SUOLO	S	T_B	T_C	T_D
A	1.0	0.15	0.40	2.0
B,C, E	1.25	0.15	0.50	2.0
D	1.35	0.20	0.80	2.0

Sono previste 5 classi di terreni (A, B, C, D, E) identificabili sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e delle proprietà geotecniche, rilevate nei primi 30 m e definite dai parametri indicati nell'EC8 e precisamente: velocità delle onde S; numero dei colpi della prova SPT, coesione non drenata. Le caratteristiche salienti delle 5 classi sono:

A. Formazioni litoidi o terreni omogenei caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.

B. Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica $NS_{pt} > 50$, o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).

C. Depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille di media rigidità con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < NS_{pt} < 50$, $70 < c_u < 250$ kPa).

D. Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da $V_{s30} < 180$ m/s ($NS_{pt} < 15$, $C_u < 70$ kPa).

E. Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido, con $V_{s30} > 800$ m/s.

In aggiunta a queste categorie per le quali vengono definite le azioni sismiche da considerare nella progettazione, se ne definiscono altre due (S1 e S2), per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell'azione sismica da considerare:

S1. Depositi costituiti da uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < c_u < 20$ kPa).

S2. Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei precedenti tipi.

Nelle definizioni V_{s30} è la velocità media di propagazione entro 30 m di profondità delle onde di taglio.

A livello europeo è stato predisposto e già votato favorevolmente da tutti i paesi membri, un sistema integrato di norme per la progettazione antisismica di edifici, ponti, serbatoi, torri, fondazioni ed opere geotecniche e per la valutazione della sicurezza e l'adeguamento di strutture esistenti (Eurocodice 8). I principi e i metodi adottati dall'EC8 sono in completa armonia con quelli contenuti nelle norme nei paesi a più alta sismicità, quali USA, America del Sud, Cina, Giappone ed Asia del Sud-est. In allegato 4 all'ordinanza vengono riportate le norme tecniche per il progetto

sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni soggette ad azioni sismiche, nonché i requisiti cui devono soddisfare i siti di costruzione e i terreni di fondazione in presenza di tali azioni. Il sito deve essere esente da pericoli di instabilità dei pendii, liquefazione, eccessivo addensamento in caso di terremoto, nonché di rottura di faglia in superficie. Di norma deve essere adottato un tipo unico di fondazioni per una data struttura.

Le indicazioni riportate nelle norme tecniche devono essere applicate per le zone 1, 2 e 3; mentre per la zona 4 è a discrezione della Regione introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica.

CITERI IN ZONE SISMICHE

La normativa di riferimento è: DELIBERAZIONE GIUNTA REGIONALE 22 DICEMBRE 2005- N.8/1566. Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n12.

Di seguito si sintetizzano i contenuti relativi a tale delibera.

Le particolari condizioni geologiche e geomorfologiche di una zona (condizioni locali) possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti diversi da considerare nella valutazione generale della pericolosità sismica dell'area. Tali effetti vengono distinti in base al comportamento dinamico dei materiali coinvolti; pertanto gli studi finalizzati al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico sono basati, in primo luogo, sull'identificazione della categoria di terreno presente in una determinata area. In funzione quindi delle caratteristiche del terreno presente, si distinguono due grandi gruppi di effetti locali: *quelli di sito o di amplificazione sismica e quelli dovuti ad instabilità.*

Gli effetti di sito o di amplificazione sismica locale: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese; tali effetti sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico (terremoto di riferimento) relativo ad una formazione rocciosa di base (bedrock), può subire, durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti il bedrock a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Tali effetti si distinguono in due gruppi che possono essere contemporaneamente presenti nello stesso sito:

- Gli effetti di amplificazione topografica: si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale. tali condizioni favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta del rilievo a seguito di fenomeni di riflessione sulla superficie libera e di

interazione fra il campo d'onda incidente e quello diffratto; se l'irregolarità topografica è rappresentata da substrato roccioso (bedrock) si verifica un puro effetto di amplificazione topografica, mentre nel caso di rilievi costituiti da materiali non rocciosi l'effetto amplificatorio è la risultante dell'interazione tra l'effetto topografico e quello litologico di seguito descritto.

- **Effetti di amplificazione litologica:** si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche; tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno., fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrazione del terreno e della sovrastruttura.

Gli effetti di instabilità: interessano tutti i terreni che mostrano un comportamento instabile o potenzialmente instabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese e sono rappresentati in generale da fenomeni di instabilità consistenti in veri e propri collassi e talori movimenti di grandi masse di terreno incompatibili con la stabilità delle strutture; tali instabilità sono rappresentate da fenomeni diversi a seconda delle condizioni presenti nel sito.

Nel caso di versanti in equilibrio precario (in materiale sciolto o in roccia) si possono avere fenomeni di riattivazione o neoformazione di movimenti franosi (crolli, scivolamenti rotazionali e/o traslazionali e colamenti), per cui il sisma rappresenta un fattore d'innesco del movimento sia direttamente a causa dell'accelerazione esercitata sul suolo sia indirettamente a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali.

Nel caso di aree interessate da particolari strutture geologiche sepolte e/o affioramenti in superficie tipo contatti stratigrafici o tettonici quali faglie sismogenetiche si possono verificare movimenti relativi verticali ed orizzontali tra diversi settori areali che conducono a scorrimenti e cedimenti differenziali interessanti le sovrastrutture.

Nel caso di terreni particolarmente scadenti dal punto di vista delle proprietà fisico-meccaniche si possono verificare fenomeni di scivolamento e rottura connessi a deformazioni permanenti del suolo; per terreni granulari sopra falda sono possibili cedimenti a causa di fenomeni di densificazione ed addensamento del materiale, mentre per terreni granulari fini (sabbiosi) saturi di acqua sono possibili fluimenti e colamenti parziali o generalizzati a causa dei fenomeni di liquefazione.

Nel caso di siti interessati da carsismo sotterraneo o da particolari strutture vacuolari presenti nel sottosuolo si possono verificare fenomeni di subsidenza più o meno accentuati in relazione al crollo parziale o totale di cavità sotterranee.

Con l'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" pubblicata sulla G.U. n. 105 dell'8 maggio 2003 Supplemento Ordinario n.72, vengono individuate in prima applicazione le zone sismiche sul territorio nazionale, e fornite le normative tecniche da adottare per le costruzioni nelle zone sismiche stesse. Tale ordinanza è entrata in vigore, per gli aspetti inerenti la classificazione sismica dal 23 ottobre 2005, data coincidente con l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" pubblicato sulla G.U. n. 222 del 23 settembre 2005, Supplemento Ordinario n. 159.

A far tempo da tale data è in vigore quindi la classificazione sismica del territorio nazionale così come deliberato dalle singole regioni. La Regione Lombardia con d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003, ha preso atto della classificazione fornita in prima applicazione della citata ordinanza 3274/03.

Si è quindi passati dalla precedente classificazione sismica di cui al d.m. 5 marzo 1984 a quella attuale.

Per l'entrata in vigore del d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" è comunque previsto un periodo sperimentale di 18 mesi di non obbligatorietà dell'applicazione delle norme in esso contenute. Durante questo periodo da leggersi come regime transitorio è possibile applicare in alternativa la normativa precedente in materia.

Alla luce della d.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003 con la quale la Regione Lombardia imponeva l'obbligo in zona 4 della progettazione antisismica per gli edifici strategici e rilevanti, così come individuati dal decreto n. 19904 del 21 novembre 2003, si ritiene corretto considerare le specifiche di sismicità media (S=9) per i comuni in zona 2 e di sismicità bassa (S=6) per comuni sia in zona 3 che in zona 4. Tali specifiche possono essere adottate anche nel caso di edifici non rientranti tra quelli considerati strategici e rilevanti.

La metodologia di riferimento per la valutazione dell'amplificazione sismica locale, in adempimento a quanto previsto dal d.m. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni" dall'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 e della d.g.r. n.

14964 del 7 novembre 2003 e del d.d.u.o. n. 19904 del 21 novembre 2003, è riportata nell'allegato 5 della D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566.

La metodologia utilizzata si fonda sull'analisi di indagini dirette e prove sperimentali effettuate su alcune aree campione della Regione Lombardia i cui risultati sono contenuti in uno studio pilota redatto dal Politecnico di Milano.

Tale metodologia prevede tre livelli di approfondimento, di seguito sintetizzati:

1° LIVELLO: riconoscimento delle aree passibili di amplificazione sismica sulla base sia di osservazioni geologiche sia di dati esistenti. Questo livello è obbligatorio per tutti i comuni e prevede la redazione della Carta della pericolosità sismica locale, nella quale deve essere riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali (aree a pericolosità sismica locale- PSL).

2° LIVELLO: caratterizzazione semi quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella carta di pericolosità locale che fornisce la stima della risposta sismica dei terreni in termini di valore di Fattore di Amplificazione (Fa). L'amplificazione del 2° livello consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunali forniti dal Politecnico di Milano). Per queste aree si dovrà procedere alle indagini ed agli approfondimenti di 3° livello o in alternativa utilizzare i parametri di progetto previsti dalla normativa nazionale per la zona sismica superiore.

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, nelle PSL individuate attraverso il primo livello, suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) ed interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i comuni ricadenti in zone sismiche 4 tale livello deve essere applicato, nelle aree PSL Z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche alle altre categorie di edifici.

3° LIVELLO: è obbligatorio anche nel caso in cui si stiano progettando costruzioni il cui uso prevede affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, sociali essenziali.

Nella carta di pericolosità sismica locale devono essere riportate con appositi retini trasparenti le aree a pericolosità sismica locale distinguendo quelle con Fa maggiore al valore soglia comunale da quelle con Fa minore.

	<i>Livelli di approfondimento e fasi di applicazione</i>		
	<i>1° livello fase pianificatoria</i>	<i>2° livello fase pianificatoria</i>	<i>3° livello fase progettuale</i>
Zona sismica 4	obbligatorio	Nelle zone PSL Z3 e Z4 solo per edifici strategici e rilevanti (elenco tipologico di cui al d.d.u.o. n. 19904/03)	<ul style="list-style-type: none"> - Nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato > valore soglia comunale. - Nelle zone PSL Z1, Z2 e Z5 per edifici strategici e rilevanti.

PROCEDURA 1° LIVELLO

Consiste in un approccio di tipo qualitativo e costituisce lo studio propedeutico ai successivi livelli di approfondimento; è un metodo empirico che trova le basi nella continua e sistematica osservazione diretta degli effetti prodotti dai terremoti. Il metodo permette l'individuazione delle zone ove i diversi effetti prodotti dall'azione sismica sono, con buona attendibilità prevedibili, sulla base di osservazioni geologiche e sulla raccolta dei dati disponibili per una determinata area, quali la cartografia topografica di dettaglio, la cartografia geologica e dei dissesti) e i risultati di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche già svolte e che saranno oggetto di un'analisi mirata alla definizione delle condizioni locali (spessore coperture e condizioni stratigrafiche generali, posizione e regime della falda, proprietà indice, caratteristiche di consistenza, grado di sovraconsolidazione, plasticità e proprietà geotecniche nelle condizioni naturali, ecc.). Perciò salvo per quei casi in cui non siano disponibili informazioni geotecniche di alcun tipo, nell'ambito degli studi di primo livello non sono necessarie nuove indagini geotecniche. Lo studio consiste nell'analisi dei dati esistenti già inseriti nella cartografia di analisi e inquadramento (carta geologica, carta geomorfologia, ecc.) e nella redazione di un'apposita cartografia (a scala 1: 10.000- 1: 2.000) rappresentata dalla CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE, derivata dalle precedenti carte di base, in cui viene riportata la perimetrazione areale delle diverse situazioni tipo in grado di determinare gli effetti sismici locali.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>EFFETTI</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	Cedimenti e/o liquefazioni
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	Comportamenti differenziali

La carta della pericolosità sismica locale rappresenta il riferimento per l'applicazione dei successivi livelli di approfondimento.

La carta della pericolosità sismica locale permette anche l'assegnazione diretta della classe di pericolosità e dei successivi livelli di approfondimento necessari.

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>CASSE DI PERICOLOSITÀ SISMICA</i>
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	H3
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	H2 – livello di approfondimento 3°
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	
Z2	Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)	H2 – livello di approfondimento 3°
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	H2 – livello di approfondimento 2°
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo: appuntite - arrotondate	
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi	H2 – livello di approfondimento 2°
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse	H2– livello di approfondimento 3°

DESCRIZIONE DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

La carta della pericolosità sismica locale in scala 1 : 5.000 ha individuato i seguenti scenari di pericolosità.

Z2: Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti (terreni granulari fini con falda superficiale). Interessano prevalentemente i depositi di origine lacustre ubicati nei fondovalle con piccola soggiacenza della falda. Occupano un vasta porzione del territorio comunale.

Z4a: Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi

E' stata inoltre applicata la procedura di 2° livello in quanto è previsto l'ampliamento della scuola elementare appartenente a costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003.

PROCEDURA 2° LIVELLO

Per applicare la procedura di 2° livello di seguito si riportano le caratteristiche stratigrafiche e geotecniche individuate dall'indagine geognostica effettuata.

Indagini Eseguite

Per il presente studio, in data **24 dicembre 2007**, sono state realizzate **4 prove penetrometriche dinamiche** continue per interpretare¹ la stratigrafia dei terreni in oggetto.

Prove penetrometriche

La prova penetrometrica Scpt è stata eseguita con penetrometro dinamico superpesante DPSH le cui caratteristiche sono rigorosamente conformi alla normativa geotecnica vigente in materia.

Se ne riassumono di seguito i dati tecnici salienti:

DPSH		
MAGLIO	Massa M (Kg)	63.5
	Altezza di caduta H (mm)	750
CONO	Angolo di apertura (°)	90
	Area di base A (cm ²)	20
	Diametro di base D (mm)	50.5
	Altezza cilindro di base cono (mm)	50.5
	Rasteremazione (parte alta) (°)	11
	Altezza parte conica (mm)	25.3
ASTE	Massa minima (Kg/m)	6
	Diametro esterno massimo (mm)	32
PENETRAZIONE	Lunghezza aste (mm)	1000
	Numero di colpi penetrazione	N ₂₀
	Campo di valori standard	5 ± 100
Lavoro specifico per colpo M*g*H/A (Kj/m ²)		234

L'esecuzione di una prova penetrometrica consiste nell'infingere verticalmente nel terreno una punta conica metallica posta all'estremità di un'asta d'acciaio prolungabile con l'aggiunta di aste successive. L'infissione della punta avviene per battitura, facendo cadere da un'altezza costante di 75 cm, un maglio del peso di 63.5 kg e registrando il numero di colpi di maglio (NScpt) necessari per approfondimenti costanti di 20 cm. La resistenza del terreno è funzione inversa della

¹ Dalle prove si determina direttamente lo stato di addensamento dei terreni e, tramite correlazioni, si risale alle caratteristiche geotecniche.

penetrazione per ciascun colpo e diretta del numero di colpi NScpt. Di seguito vengono riportate le principali caratteristiche delle prove condotte:

Prova n.	Profondità (m da p.c.)	Rifiuto ¹	Tubo piezometrico (m)	Quota acqua (m da p.c.)
1	-5.60	SI	//	Non rilevata
2	-6.00	SI	//	Non rilevata
3	-6.20	SI	//	Non rilevata
4	-5.40	SI	//	Non rilevata

Non è stata individuata la presenza di acqua per tutta la profondità di investigazione corrispondente a -6.2 m da p.c. esistente. Il rifiuto alla penetrazione potrebbe essere dovuto sia per la presenza del substrato roccioso locale noto in letteratura come “Ceppo Lombardo” che per la presenza di blocchi o ciottoli rimaneggiati da operazioni di riporto e colmatatura durante i lavori di realizzazione dello svincolo della ex S.s. 36 attuale S.P. 342 dir.

STRATIGRAFIA E CARATTERISTICHE GEOTECNICHE

Stratigrafia

Lo stato di addensamento dei terreni di fondazione è stato interpretato direttamente dalla misura dei colpi di infissione delle prove scpt, mentre la natura dei terreni è stata dedotta dai residui lasciati sulle aste in fase di recupero delle stesse. L'indagine geognostica unitamente al rilievo geologico-morfologico eseguito in corrispondenza dell'area in esame e di quelle limitrofe, ha evidenziato la presenza di depositi fluvioglaciali di età wurmiana, costituiti in prevalenza da sabbie e ghiaie con subordinati ciottoli. Si tratta di terreni granulari con grado di addensamento gradatamente crescente con la profondità. Di seguito vengono riportati i risultati di tali deduzioni in un modello stratigrafico individuato dall'indagine geognostica:

Profondità in m dal p.c.	Nspt	Orizzonte	Stato di addensamento / consistenza
da 0.0 a -0.4/-1.2	15-20	1	Terreno moderatamente addensato- Terreno superficiale costipato
da -1.2 a -4.4	4-6	2	Terreno sciolto
da -4.4 a -6.2	14-17	3	Terreno moderatamente addensato
Oltre -6.2	>100	4	Terreno molto addensato e/o substrato roccioso e/o ciottoli e blocchi



= orizzonte entro cui poggeranno le fondazioni in progetto

¹ Per rifiuto si intende l'interruzione della prova a causa del mancato avanzamento di 20 cm delle aste a seguito di 100 colpi del maglio

Le prove eseguite hanno indicato la presenza di litotipi essenzialmente incoerenti di natura sabbioso-ghiaiosa a tratti debolmente limosa con grado di addensamento variabile ma crescente con la profondità.

Non è stata individuata la presenza di acqua per tutta la profondità di investigazione corrispondente -6.2 m da p.c. esistente.

Come si può osservare dalla tabella il piano posa fondazioni è previsto a circa -1.0 m da p.c. esistente in corrispondenza dell'orizzonte 2 sciolto.

Caratteristiche geotecniche

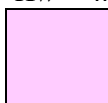
Le caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione sono state determinate attraverso le correlazioni proposte dagli Autori a partire dai valori di resistenza di punta delle prove S_{cpt}.

La tabella a seguire riassume le principali caratteristiche geotecniche individuate, con riferimento agli orizzonti stratigrafici descritti nel precedente paragrafo:

Profondità in m dal p.c.	Nspt	Orizzonte	Y _t	φ	E	K _w
da 0.0 a -0.4/-1.2	15-20	1	1.75-1.80	31°-33°	150-200	6.0-8.0
da -0.4/-1.2 a -4.4	4-6	2	1.65-1.70	24°-26°	40-70	1.6-2.8
da -4.4 a -6.2	14-17	3	1.85-1.90	30°-32°	140-180	5.6-7.2
Oltre -6.2	>100	4	1.90-2.00	<40°	>350	>14

dove:

Y_t = peso naturale terreno (t/m^3); φ = angolo di attrito ($^\circ$) E = modulo elastico (kg/cm^2);
 K_w = modulo di reazione del terreno se caricato con piastra di diametro $B = 30$ cm (kg/cm^3)



= orizzonte entro cui poggeranno le fondazioni in progetto

CAPACITA' PORTANTE DEI TERRENI

Il piano di posa delle fondazioni è posto alla seguente profondità:

	Piano posa fondazioni (in m da p.c.)	ORIZZONTE INTERESSATO
EDIFICIO IN PROGETTO	-1.0	2

Come si può osservare dalla tabella il piano posa fondazioni è posto ad una profondità di -1.0 m da p.c. esistente, e quindi all'interno dell'orizzonte 2 sciolto dotato di mediocri caratteristiche geotecniche.

Sulla base dei parametri geotecnici riportati nel precedente paragrafo, è stata calcolata la capacità portante per l'opera in progetto. I valori di pressione ammissibile sono stati valutati, secondo le relazioni di Terzaghi e di Brinch & Hansen, mentre i cedimenti sono stati previsti applicando le teorie dell'elasticità, di Burland & Burbidge e di Schmertmann (1970). E' stata calcolata la capacità portante per fondazioni dirette tipo trave, con rinterro minimo di 0.7 m, larghezza B compresa tra 0.7 e 2.5 m, lunghezza 10 m e fattore di sicurezza pari a 3.

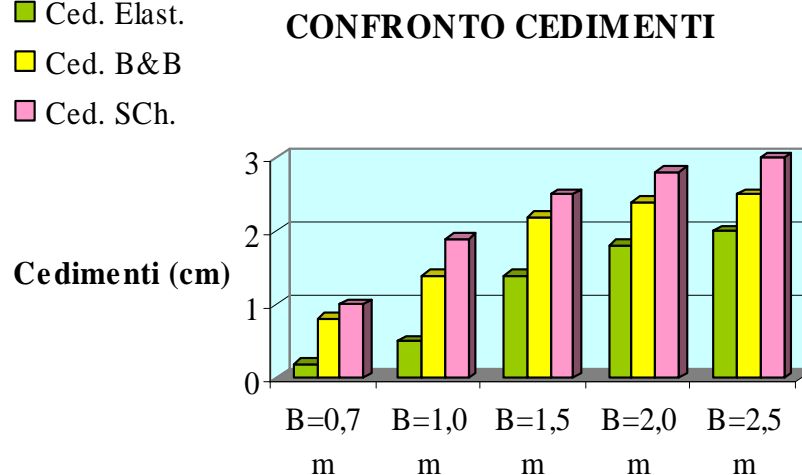
Fondazione tipo trave - Piano di posa a -1.0 m da p.c. esistente

<i>B</i>	<i>Q_{amm}</i>	<i>Q_{tot}</i>	<i>S. Elast.</i>	<i>S B & B</i>	<i>S Ced. Sch.</i>
0.7	7.0	4.9	0.2	0.8	1.0
1.0	8.0	8.0	0.5	1.4	1.9
1.5	9.0	13.5	1.4	2.2	2.5
2.0	10.0	20.0	1.8	2.4	2.8
2.5	11.0	27.5	2.0	2.5	3.0

dove:

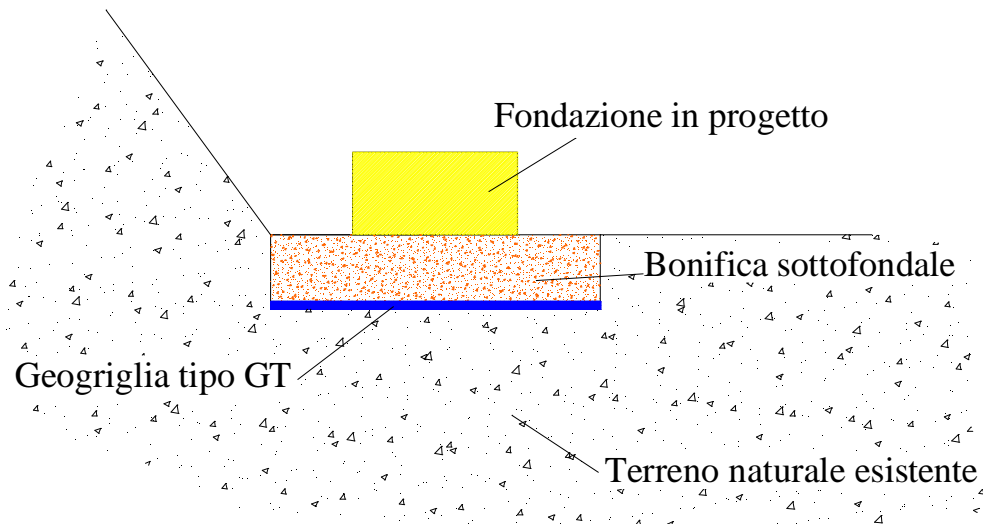
B = larghezza trave (m); *Q_{amm}* = Portata ammissibile (t/m^2); *Q_{tot}* = Portata totale per metro lineare di trave compreso peso proprio (t/m); *S* = Cedimenti relativi (cm)

- Ced. Elast.
- Ced. B&B
- Ced. SCh.



Al fine di contenere i cedimenti differenziali e al fine di migliorare la capacità portante dei terreni si dovrà realizzare una bonifica sottofondale sezione ristretta, i terreni di fondazione per circa **0.6 m di spessore**, al di sotto delle quote di progetto con posa a contatto del terreno naturale di una geogriglia tipo TENAX GT 220. Il metodo di bonifica più efficace consiste nella rimozione dello strato da bonificarsi e la sostituzione con materiale di buone caratteristiche granulometriche e geotecniche, da compattarsi in sito.

Riporto di materiale granulare, costipato ogni 0.20 m, sarà sufficiente per garantire un modulo elastico simile a quello di un terreno moderatamente addensato ($250-300 \text{ kg/cm}^2$).



Di seguito si riportano i valori di pressione ammissibile e i relativi cedimenti:

Fondazione tipo trave - Piano di posa a -1.0 m da p.c. + 0.6 m di bonifica sottofondale

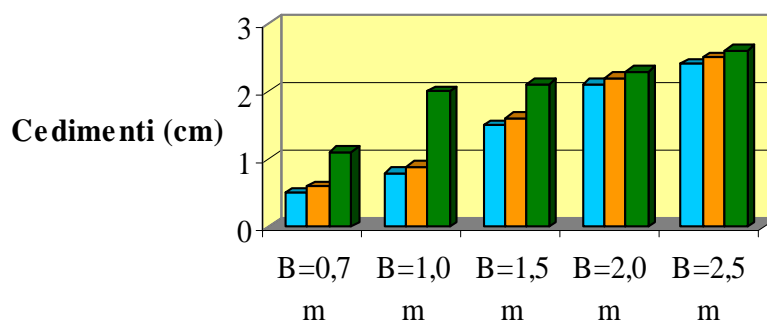
<i>B</i>	<i>Q_{amm}</i>	<i>Q_{tot}</i>	<i>S. Elast.</i>	<i>S B & B</i>	<i>S Ced. Sch.</i>
0.7	9.0	6.3	0.5	0.6	1.1
1.0	10.0	10.0	0.8	0.9	2.0
1.5	11.5	17.25	1.5	1.6	2.1
2.0	13.0	26.0	2.1	2.2	2.3
2.5	14.0	35.0	2.4	2.5	2.6

dove:

B = larghezza trave (m); *Q_{amm}* = Portata ammissibile (t/m^2); *Q_{tot}* = Portata totale per metro lineare di trave compreso peso proprio (t/m); *S* = Cedimenti relativi (cm)

- Ced. Elast.
- Ced. B&B
- Ced. SCh.

CONFRONTO CEDIMENTI



Dal punto di vista della classificazione sismica l'area in esame ricade in ZONA C. Si tratta di depositi di sabbie e ghiaie molto addensate o di argille di media rigidità con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{spt} < 50$, $70 < c_u < 250$ KPa).

PROCEDURE 2° LIVELLO

Il secondo livello è obbligatorio per i comuni ricadenti nelle zone sismiche 2 e 3, e nelle aree a pericolosità sismica locale individuate attraverso il 1° livello suscettibili di amplificazioni sismiche morfologiche e litologiche (zone Z3 e Z4) e interferenti con l'urbanizzato e/o con le aree di espansione urbanistica. Per i comuni ricadenti in zona sismica 4 tale livello deve essere applicato nelle aree a pericolosità sismica locale Z3 e Z4 nel caso di costruzioni strategiche e rilevanti ai sensi della d.g.r. n. 14964/2003; ferma restando la facoltà dei comuni di estenderlo anche ad altre categorie di edifici.

Il 2° livello si applica a tutti gli scenari qualitativi suscettibili di amplificazioni sismiche (morfologiche Z3 e litologiche Z4) e riguarda le costruzioni il cui uso prevede normali affollamenti senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali; industrie con attività non pericolose, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione non provoca situazioni di emergenza.

La procedura consiste in un approccio semiquantitativo e fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valore di fattore di amplificazione Fa.

Il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 e 0.5-1.5 s: i due intervalli di periodo nei quali viene calcolato il valore Fa sono stati scelti in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie presenti più frequentemente nel territorio regionale; in particolare l'intervallo tra 0.1-0.5 s si riferisce a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide, mentre l'intervallo tra 0.5-1.5 s si riferisce a strutture più alte e più flessibili.

Le zone di studio ricadono all'interno della scheda di valutazione **“EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDE LITOLOGIA GHIAIOSA.**

EFFETTI LITOLOGICI – SCHEDA LITOLOGIA GHIAIOSA

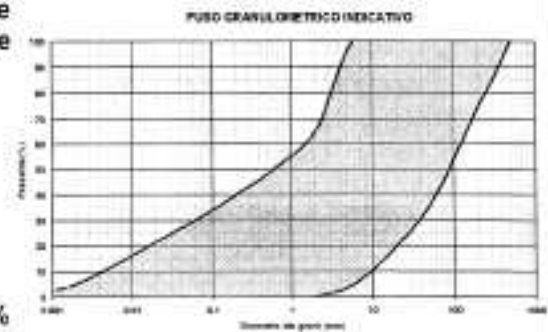
PARAMETRI INDICATIVI

GRANULOMETRIA:

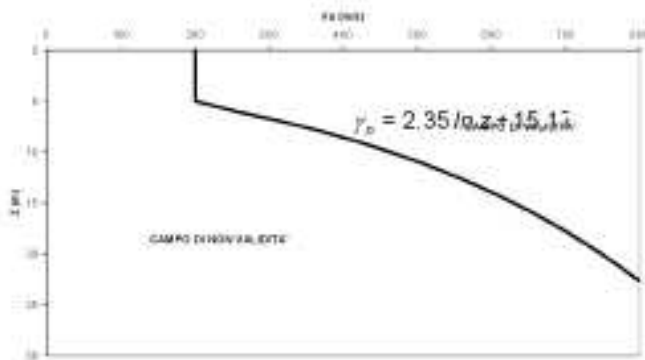
Da ghiaie e ciottoli con blocchi a ghiaie e sabbie limose debolmente argillose passando per ghiaie con sabbie limose, ghiaie sabbiose, ghiaie con limo debolmente sabbiose e sabbie con ghiaie

NOTE:

- Comportamento granulare
- Struttura granulo-sostenuta
- Frazione ghiaiosa superiore al 35%
- Frequenti clasti con $D_{max} > 20$ cm
- Frazione sabbiosa fino ad un massimo del 65%
- Matrice limoso - argillosa fino ad un massimo del 30% con frazione argillosa subordinata (fino al 5%)
- Presenza di eventuali trovanti con $D > 50$ cm



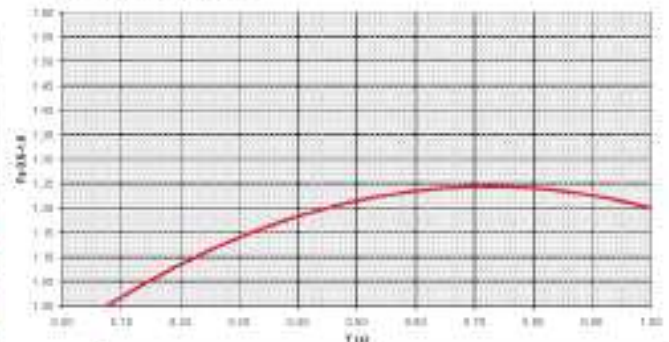
ANDAMENTO DEI VALORI DI v_s CON LA PROFONDITA'



Profondità primo strato (m)

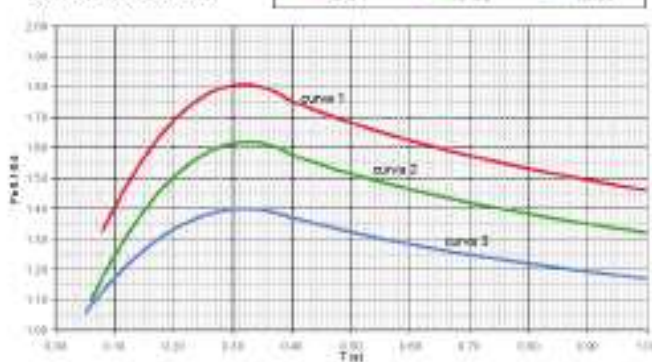


Correlazione T - Fa 0.5-1.5 s



$$Fa_{0.5-1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Correlazione T - Fa 0.1-0.5



Curva	Tratto polinomiale	Tratto logaritmico
1	$0.08 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -8.5T^2 + 5.4T + 0.95$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.46 - 0.32 \ln T$
2	$0.06 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -7.4T^2 + 4.8T + 0.84$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.32 - 0.28 \ln T$
3	$0.05 < T \leq 0.40$ $Fa_{0.1-0.5} = -4.7T^2 + 3.0T + 0.92$	$0.40 < T \leq 1.00$ $Fa_{0.1-0.5} = 1.17 - 0.22 \ln T$

Per la sequenza stratigrafica considerata è stato calcolato il periodo proprio (T) in modo pesato, considerando lo spessore e la velocità Vs di ciascun strato, mediante la seguente formula:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i}}$$

ove h_i e V_{s_i} sono rispettivamente lo spessore e la velocità Vs dello strato i-esimo.

Per il Grafico T/Fa valido nell'intervallo 0.5-1.5 s è stata utilizzata una regressione polinomiale di 2° ordine, la cui formula è:

$$Fa_{0.5 \ 1.5} = -0.58T^2 + 0.84T + 0.94$$

Il parametro di riferimento per il comune di **OSNAGO** ricavato dalla banca dati della Regione Lombardia per l'intervallo 0.1-0.5 s risulta essere di 1.1 mentre per l'intervallo 0.5-1.5 s risulta essere di 1.8 .

Dall'elaborazione dei dati come previsto dalla normativa, il valore di Fa ottenuto per l'intervallo 0.1-0.5 s risulta essere di 1,0 mentre per l'intervallo 0.5-1.5 s risulta essere di 1.5 .

Confronto i due valori si deduce che il valore di Fa è inferiore al valore di soglia corrispondente.

Pertanto la normativa è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità H1).

I dati stratigrafici, geotecnici e geofisici utilizzati in questa procedura di 2° livello presentano la seguente attendibilità:

DATI	ATTENDIBILITA'	TIPOLOGIA
<i>Litologici</i>	bassa	Da dati di zone limitrofe
	alta	Da prove in sito
<i>Stratigrafici</i>	media	Da prove penetrometriche
<i>Geofisici</i>	bassa	Sismica in zone limitrofe con stesse caratteristiche litologiche

CONSIDERAZIONI RIGUARDANTI L'ANALISI SISMICA

L'analisi sismica di primo livello ha definito per l'area di studio una classe di pericolosità **Z4a: ZONE DI FONDOVALLE CON PRESENZA DI DEPOSITI ALLUVIONALI E/O FLUVIOGLACIALI GRANULARI E/O COESIVI**. In particolare come evidenziato dal paragrafo delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche i terreni in esame sono di natura granulare.

Lo verifica di 2° livello effettuata è da considerarsi sufficiente a tenere in considerazione anche i possibili effetti di amplificazione litologica del sito e quindi si applica lo spettro previsto dalla normativa (classe di pericolosità **H1**).

CARTA DEI VINCOLI

La fase di sintesi/valutazione è definita tramite la carta dei vincoli, che individua le limitazioni d'uso del territorio derivanti da normative in vigore di contenuto prettamente geologico, e la carta di sintesi, che propone una zonazione del territorio in funzione dello stato di pericolosità geologico-geotecnica e della vulnerabilità idraulica e idrogeologica.

La carta dei vincoli è stata redatta in scala 1: 5.000.

Di seguito si elencano i vincoli rappresentati nell'omonima carta:

- fasce di rispetto dello studio della rete idrica minore
- dissesti con legenda uniformata PAI (i 2 dissesti rinvenuti come frane attive lungo la via per le Orane sono stati consolidati con progetto comunale. Inoltre anche il dissesto a nord della località Trecate si è ormai stabilizzato)
- vincolo di rispetto torrenti Mogora, Molgoretta e Curone
- vincolo Parco Montevicchia e valle del Curone
- vincolo cimiteriale

CARTA DI SINTESI

Nella carta di sintesi sono stati esclusivamente tolti i vincoli che sono riportati nell'apposita carta.

CARTA DELL' FATTIBILITA' GEOLOGICA

E' stato necessario modificare la carta di fattibilità geologica in quanto dedotta dalla carta di sintesi e dalla carta delle fasce di rispetto del reticolo idrico minore che in questo aggiornamento sono riportati nella carta dei vincoli.

E' stata redatta la carta di fattibilità sia in scala 1:2.000 utilizzando come base topografica l'aerofotogrammetrico comunale, sia in scala 1: 10.000 con base topografica la carta tecnica regionale.

CARTA DEI DISSESTI CON LEGENDA UNIFORMATA PAI

E' stata aggiornata la carta dei dissesti con legenda uniformata PAI in scala 1: 10.000 in cui si riportano le problematiche individuate nel territorio comunale. In particolare sono rimaste invariate le zone di esondazione a pericolosità molto elevata (Ee) ma sono state cancellate le frane attive in quanto due sono state consolidate ed una si è stabilizzata.

Si rimane comunque a disposizione per qualsiasi chiarimento.

Osnago, MAGGIO 2008

Dott. Geol. Maurizio Penati

Dott.ssa Geol. Marialuisa Todeschini

