

## 9. Analisi del rischio sismico

### 9.1 Premessa e quadro normativo

In seguito all'entrata in vigore della legge 12/2005 sui Piani di Governo del Territorio la Regione Lombardia ha emanato, con D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566, i nuovi "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione all'art. 57 della l.r. 11 marzo 2005, n. 12."

I nuovi criteri forniscono le indicazioni per l'analisi del rischio sismico, in attuazione all'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"). Tale ordinanza prevede la riclassificazione sismica del territorio nazionale, e dispone che le Regioni provvedano *"ai sensi dell'art. 94, comma 2, lettera a), del decreto legislativo n. 112 del 1998, e sulla base dei criteri generali di cui all'allegato 1, all'individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche"* (art. 2).

In particolare l'ordinanza istituisce, rispetto alla classificazione sismica precedente, una zona sismica 4, che comprende tutti i territori precedentemente esclusi dalla classificazione sismica; in tali territori, a rischio sismico molto basso, *"è lasciata facoltà alle singole regioni di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica"*. La Regione Lombardia recepisce la classificazione sismica proposta nell'Ordinanza 3274/03 con DGR 7 novembre 2003 n. 7/14964, nella quale si è deliberato di *"disporre che nella zona 4 le norme tecniche di cui all'Ordinanza si applichino obbligatoriamente ai soli edifici strategici ed opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale ai fini di protezione civile e per gli edifici e le opere infrastrutturali che possano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso"* (punto 3). La successiva d.d.u.o. 21 novembre 2003 n. 19904 (Approvazione elenco tipologie degli edifici e opere infrastrutturali e programma temporale delle verifiche di cui all'art. 2, commi 3 e 4 dell'ordinanza p.c.m. n. 3274 del 20 marzo 2003, in attuazione della D.g.r. n. 14964 del 7 novembre 2003) nell'Allegato A definisce gli edifici e le opere strategiche e rilevanti.

Infine il D.M. 14 settembre 2005 (Norme tecniche per le costruzioni) fornisce le indicazioni per la progettazione e la verifica di nuove strutture secondo criteri antisismici

La classificazione sismica della Regione Lombardia vede quindi 41 Comuni ricadenti in zona sismica 2 (la maggior parte dei quali ubicati in provincia di Brescia), 238 in zona 3 e 1267 in zona 4. Il territorio del comune di Giussano è attualmente inserito in zona sismica 4.

## 9.2 Analisi della sismicità del territorio

I criteri per la predisposizione dell'analisi del rischio sismico nel Piano di Governo del Territorio sono attualmente definiti dall'Allegato 5 alla D.G.R. 8/1566. In particolare vengono analizzate le condizioni locali (funzione della situazione geologica e geomorfologica di un'area), che possono influenzare la pericolosità sismica di base, variando, anche in modo notevole, la risposta di un terreno alle sollecitazioni sismiche previste.

La risposta sismica locale, essendo funzione del comportamento dinamico del terreno, necessita della conoscenza il più possibile dettagliata della situazione locale del sottosuolo.

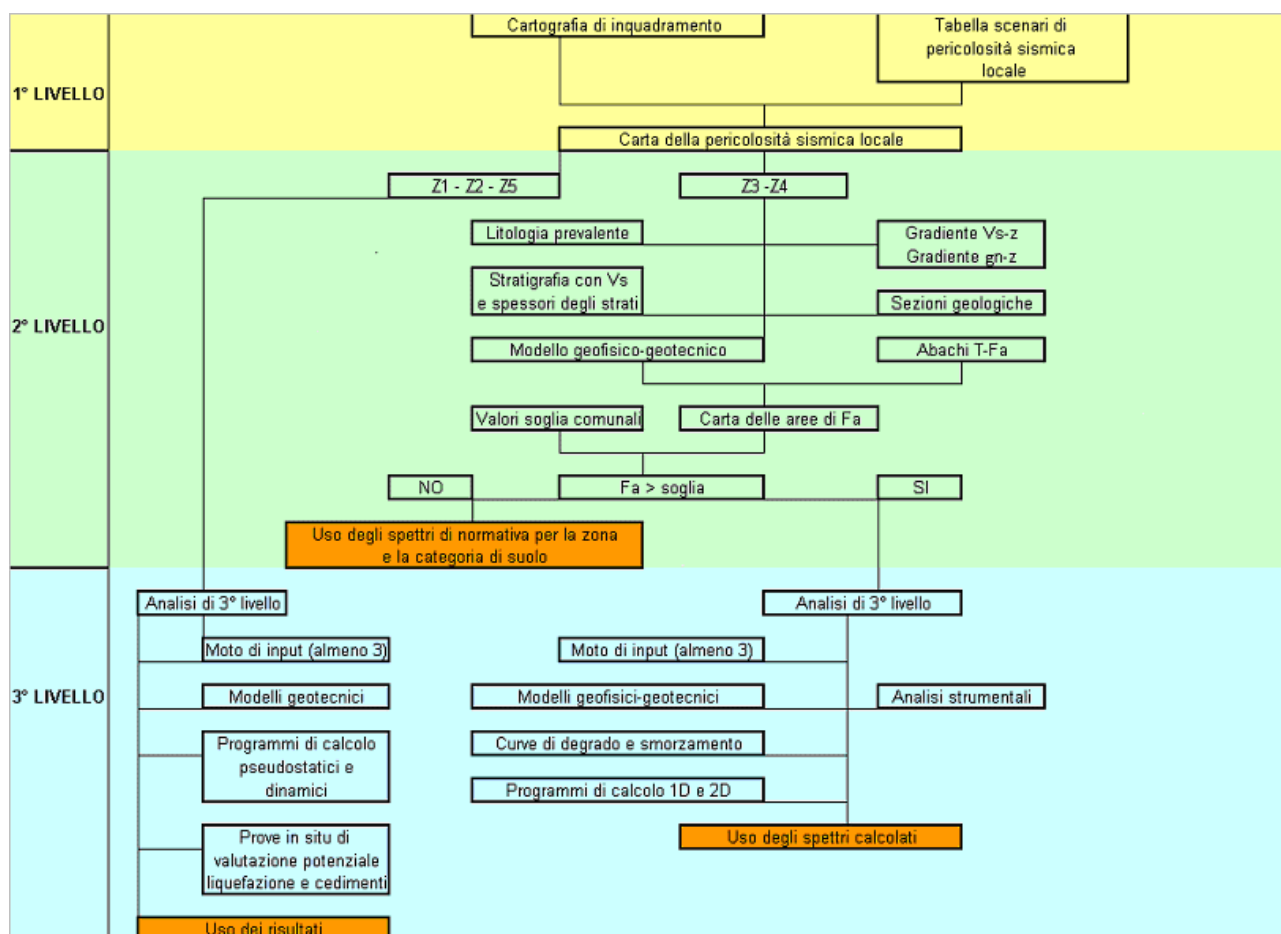
Purtroppo i dati a disposizione per il territorio di Giussano sono frammentari; tuttavia permettono di ricostruire una visione di insieme del territorio sufficiente per la ricostruzione di una carta a livello comunale della Pericolosità sismica locale.

Tale carta costituisce il 1° livello di approfondimento della componente sismica territoriale, ed è redatta utilizzando sia informazioni di tipo geologico tecnico che dati morfologici, come previsto dalla normativa di riferimento (Allegato 5 DGR 8/1566 22/12/2005)

I 3 livelli di approfondimento richiesti dall'Allegato 5 della DGR 8/1566, i percorsi e i dati necessari sono sintetizzati in Tab.9.1.

In particolare nei territori comunali classificati come Zona sismica 4 (cioè quelli che presentano il minor grado di rischio sismico e che precedentemente alla Ordinanza 3274 del 20/03/03 erano esclusi dalla zonazione perchè ritenuti non sismici), ai quali appartiene il Comune di Giussano, la normativa regionale prevede l'applicazione dei 3 livelli di approfondimento secondo lo schema di Tab. 9.2.

Tab. 9.1: diagramma di flusso dei dati necessari e dei percorsi da seguire nei tre livelli di indagine



Tab. 9.2

	livelli di approfondimento e fasi di applicazione		
	1° livello fase pianificatoria	2° livello fase pianificatoria	3° livello fase progettuale
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"> <li>- nelle aree indagate con il 2° livello quando Fa calcolato &gt; valore soglia comunale proposto dalla Regione</li> <li>- nelle zone PSL Z1, Z2, e Z5 per edifici strategici e rilevanti</li> </ul>

Ne consegue che il secondo e il terzo livello di approfondimento per il Comune di Giussano sono obbligatori solo per edifici strategici e rilevanti; i criteri di passaggio da un livello di approfondimento a quello successivo sono definiti dalla normativa regionale e sono di seguito riassunti.

### 9.2.1 1° livello di approfondimento

La Carta di Pericolosità Sismica Locale permette di individuare zone omogenee per effetti sismici locali. Tali effetti sono suddivisi in due grandi gruppi, quelli di sito o di amplificazione sismica locale e quelli che generano instabilità.

**Effetti di instabilità:** sono propri di terreni che presentano comportamento instabile alle sollecitazioni sismiche e consistono in veri e propri fenomeni di instabilità quali frane e crolli. Nel caso di particolari strutture sotterranee (faglie, contatti stratigrafici e tettonici) possono riscontrarsi movimenti relativi verticali e orizzontali tra porzioni areali diverse, che si traducono in scorrimenti e cedimenti differenziali delle infrastrutture. In presenza di versanti in equilibrio precario (nel caso di Giussano il versante di raccordo alla valle del Lambro può presentarsi localmente soggetti a crolli, piccole frane e colamenti) un eventuale movimento tettonico può costituire il fattore d'innesco dei movimenti franosi; in presenza di particolari strutture vucolari, come ad esempio gli occhi pollini segnalati a Giussano nel terrazzo isolato a sud ovest, possono manifestarsi fenomeni di subsidenza anche marcati, mentre per terreni scadenti dal punto di vista delle caratteristiche fisico meccaniche, sono possibili fenomeni di cedimento.

**Effetti di sito o di amplificazione sismica locale:** interessano i terreni che, al contrario dei precedenti, presentano comportamento stabile nei confronti delle sollecitazioni sismiche attese, e riguardano l'insieme delle modifiche che un moto sismico, relativo ad una formazione di base (bedrock), può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastante. Si distinguono in *effetti di amplificazione topografica*, legati alla presenza di morfologie superficiali che favoriscono la focalizzazione delle onde sismiche (per esempio creste) e *effetti di amplificazione litologica*, dovuti alla presenza di morfologie sepolte e/o particolari successioni stratigrafiche che possono generare fenomeni di esaltazione delle azioni sismiche e di risonanza delle stesse.

La Carta di Pericolosità Sismica Locale è pertanto frutto di uno studio generalizzato sull'intero territorio comunale, e definisce arealmente gli effetti sismici secondo lo schema riportato in Tab. 9.3.

Tab. 9.3: effetti sismici presunti in relazione alla situazione litologica e morfologica locale

<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 delizio-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

### 9.2.2 2° livello di approfondimento

La normativa regionale (DGR 8/1566) prevede, per i territori classificati in zona sismica 4, il passaggio al secondo livello di approfondimento solo nelle zone classificate come Z3 e Z4 (dove sono previsti rispettivamente fenomeni di instabilità e amplificazioni litologiche e geometriche). Inoltre tale approfondimento è obbligatorio esclusivamente nel caso in cui sia prevista la costruzione di e-

difici strategici e rilevanti ai sensi del d.d.u.o. n. 19904/03, mentre è facoltà delle Amministrazioni comunali estendere tale livello di approfondimento anche al caso di altre categorie di edifici. In particolare questa valutazione discrezionale 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.

Il secondo livello di approfondimento prevede un approccio semiquantitativo che verifichi localmente la risposta sismica dei terreni in termini di Fattore di amplificazione (Fa).

La normativa regionale fornisce alcune schede interpretative per gli effetti morfologici (creste o scarpate morfologiche) e per gli effetti litologici; in entrambi i casi occorre valutare in sito la velocità delle onde s (Vs), attraverso prove dirette o indirette.

Il fattore di amplificazione Fa ottenuto deve essere confrontato con un parametro di analogo significato (valore soglia) calcolato per ciascun comune, per varie categorie di terreno di fondazione e per i due intervalli di periodo. Nel caso in cui Fa sia inferiore o uguale al valore soglia corrispondente, la normativa regionale è considerata sufficiente a tenere in considerazione gli effetti di amplificazione litologica o geometrica del sito; si applica pertanto lo spettro previsto dalla normativa e l'area rientra in classe di pericolosità H1.

Nel caso in cui Fa sia superiore al valore soglia corrispondente, la normativa regionale è considerata insufficiente. Sono quindi necessarie analisi più approfondite, che dovranno essere eseguite in fase di progettazione edilizia. Queste aree andranno quindi sottoposte agli approfondimenti di 3° livello e rientrano in classe di pericolosità H2.

### **9.2.3 3° livello di approfondimento**

Gli approfondimenti di 3° livello si applicano, a differenza dei precedenti, direttamente al progetto, e sono finalizzati ad ottimizzare l'opera e gli eventuali interventi di mitigazione della pericolosità sismica.

Per i territori ricadenti in zona sismica 4 l'analisi di 3° livello si applica, nelle aree caratterizzate da instabilità (Z1), da cedimenti o liquefazioni (Z2) e da comportamenti differenziali (Z5); nel caso di amplificazioni topografiche, litologiche e geometriche (Z3 e Z4), l'analisi di 3° livello viene sviluppata solo se il Fattore di amplificazione Fa risulta superiore al valore soglia calcolato.

Per le zone 4 gli approfondimenti di 3° livello si applicano solo nel caso di edifici e opere strategiche o rilevanti, sociali essenziali, e di progetti che prevedono affollamenti significativi, industrie con attività pericolose per l'ambiente, reti viarie e ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza.

Il 3° livello prevede un'analisi dettagliata quantitativa della situazione in loco e la costruzione di modelli secondo i criteri contenuti nell'Allegato 5 alla DGR 8/1566.

La Tab. 9.4 riporta in sintesi la classe di pericolosità da attribuire a seconda dello scenario di pericolosità sismica locale, e il livello di approfondimento da raggiungere per quando riguarda gli studi della componente sismica territoriale.

Tab. 9.4

<i>Sigla</i>	<i>SCENARIO PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE</i>	<i>CASSE DI PERICOLOSITA' 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	H2 – livello di approfondimento 3°
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	
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	H2 – livello di approfondimento 2°
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°

### 9.3 Costruzione della carta

Attraverso lo schema predisposto dalla Regione Lombardia (tab. 9.2) è possibile attribuire ad aree con caratteristiche litologiche e geotecniche note, una serie di effetti conseguenti all'evento sismico, direttamente correlati alle caratteristiche locali del substrato.

Il modello predisposto dalla Regione Lombardia e presentato nell'Allegato 5 della DGR 8/1566 presenta alcuni scenari sismici all'interno dei quali collocare le categorie di terreno riconosciute.

Qualora le aree omogenee individuate non siano attribuibili agli scenari sismici proposti, per tali superfici è da considerare adeguato il valore soglia proposto dalla Regione Lombardia.

Il modello lascia ampi margini di interpretazione al momento dell'attribuzione di uno dei possibili scenari di pericolosità sismica locale alle zone omogenee individuate, permettendo valutazioni a favore di un innalzamento del livello di sicurezza.

Nel caso del comune di Giussano l'attribuzione di porzioni di territorio a diversi scenari di pericolosità sismica si è basata, in assenza di una serie di dati in grado di fornire informazioni puntuali e ubiquitarie sui caratteri geotecnici dei substrati, su considerazioni relative ad analogie di comportamento in terreni di aree differenti ma analoghi come età, modalità di deposizione e storia geologica a quelli presenti nell'area considerata.

La situazione geologica del territorio comunale è schematizzata nella Fig. 9.1; la legenda evidenzia gli elementi che caratterizzano i materiali del substrato e che sono stati utilizzati per individuare lo scenario di pericolosità sismica al quale attribuire una data porzione del territorio.

Nel territorio di Giussano sono presenti alcuni elementi morfologici con caratteristiche tali da indurre amplificazioni topografiche o morfologiche. In particolare risulta importante ai fini della Pericolosità sismica locale la superficie a monte del versante della valle del Lambro che presenta caratteri che la fanno rientrare nello scenario Z3a (zona di ciglio con altezza superiore ai 10 m). Il versante inoltre risulta instabile e localmente soggetto a frana, per la possibilità di crolli e scivolamenti di materiale.

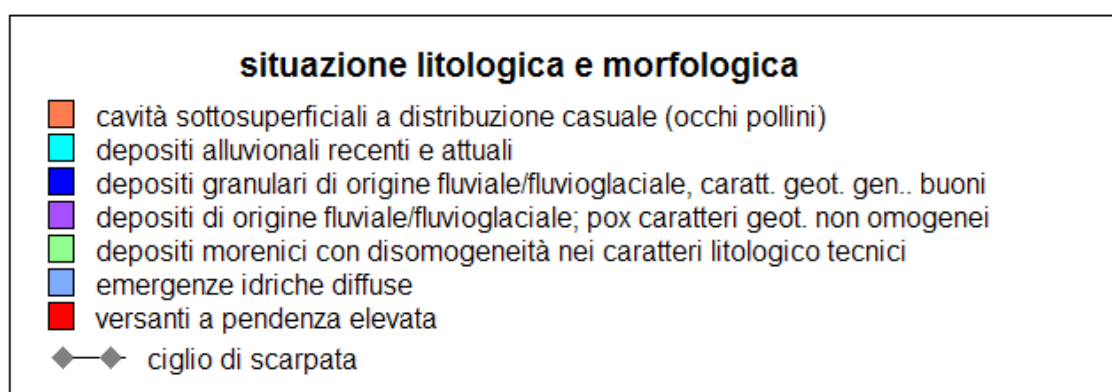
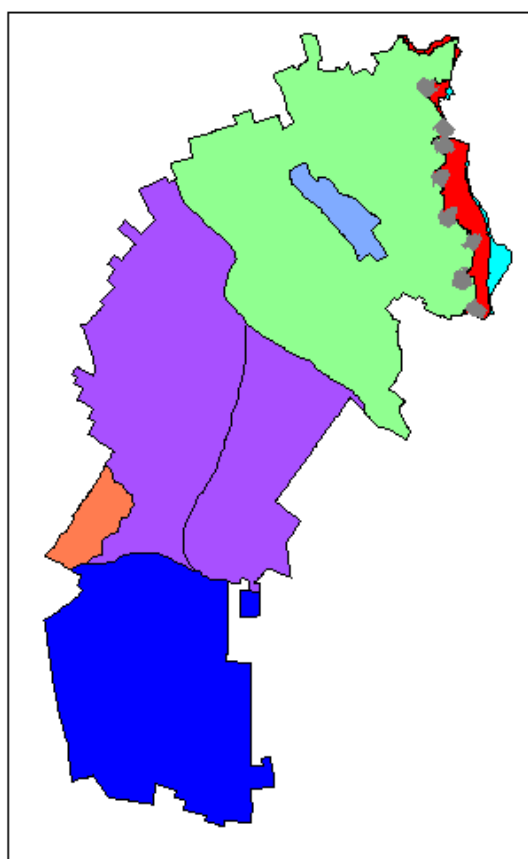


Fig. 9.1

Le superfici del territorio comunale sono state quindi attribuite ad uno scenario di pericolosità sismica locale. Alcune porzioni del territorio non presentano per le conoscenze attuali caratteri litologici e morfologici tali da indurre effetti sismici, e per questo non sono attribuite a nessuno degli scenari individuati dalla Regione Lombardia. Come già detto in precedenza, su queste porzioni di territorio la conoscenza delle caratteristiche geotecniche è scarsa per la mancanza di dati ben distribuiti di misura dei caratteri tecnici dei substrati.

Per questo motivo le superfici poste tra il livello fondamentale della pianura (pianura ghiaiosa) e i cordoni morenici, che presentano materiali più alterati rispetto a quelli presenti più a sud, e probabili disomogeneità nei caratteri geotecnici, pur non ricadendo tra gli scenari di PSL indicato dalla normativa, sono state individuate e indicate come zone per le quali è necessario un approfondimento delle conoscenze geotecniche locali, al fine di scegliere puntualmente lo scenario al quale attribuire l'area.



I criteri che sono stati seguiti per l'attribuzione della Pericolosità sismica Locale alle varie superfici sono descritti di seguito; l'ubicazione e la distribuzione delle aree è illustrata nella Fig. 9.1

***Depositi alluvionali recenti ed attuali (Valle del Lambro):*** si tratta di superfici a depositi alluvionali generalmente granulari, con presenza locale di lenti di materiale di granulometria diversa, con componente derivante da depositi di versante. Sono state attribuite agli scenari Z4a

***Piana ciottolosa sabbiosa di Paina – Brugazzo:*** queste superfici, costituite da alluvioni fluviali e fluvioglaciali a ghiaie e sabbie generalmente pulite (si segnala la presenza di cave nei comuni limitrofi), non presentano particolari problematiche geotecniche o alternanze granulometriche tali da ipotizzare comportamenti differenziali. Si rinvengono nella parte meridionale del territorio comunale.

***Superfici pianeggianti o lievemente ondulate su materiali fluvioglaciali generalmente leggermente rilevate sulla pianura comunque più antiche delle precedenti (terrazzi Riss degli autori o assimilabili):*** si tratta di sedimenti di origine alluvionale (ghiaie e sabbie) più alterati rispetto a quelli dell'Alta Pianura ghiaiosa (Piana di Paina – Brugazzo)

Si riconoscono due situazioni:

fascia al bordo dei cordoni morenici, senza evidenze di terrazzamento (Superfici leggermente rilevate del terrazzo orientale a sud di Viale Monza e Superfici leggermente ondulate ad ovest del centro città): non ricadono in alcuno degli scenari di PSL previsti dalla normativa e non sono quindi previsti effetti sismici locali. Tuttavia alcune prove geotecniche effettuate in un sito in prossimità dello svincolo della SS Valassina evidenziano la presenza di variazioni nei caratteri geotecnici in prove vicine. La mancanza di prove geotecniche non permette di estendere questo dato all'intera superficie individuata, ma possibile ipotizzare, anche alla luce del comportamento di terreno analoghi esterni al comune di Giussano, che questa differenza di comportamento sia riscontrabile anche in altri siti.

Terrazzo smembrato di C.na Dosso, con cavità sottosuperficiali a distribuzione casuale.

Questi terreni sono caratterizzati da cavità di dimensioni variabili (da pochi centimetri a metri), che possono indurre cedimenti differenziali nelle strutture. Possono essere attribuiti allo scenario Z2 ("Zone con terreni di fondazione particolarmente scadenti").

***Superfici dei cordoni morenici:*** si tratta di depositi morenici di varia età, con presenza di trovanti, depositi granulari e coesivi, con evidenti disomogenietà nei caratteri litologico tecnici. Sono attribuite allo scenario Z4c.

***Superfici con emergenze idriche diffuse:*** è stata individuata un'area all'interno delle superfici moreniche, che presenta terreni di fondazione scadenti per la presenza di terreni fini e falda superficiale. E' stata attribuita allo scenario Z2.

***Versanti della valle del Lambro:*** sono scarpate a pendenza elevata, potenzialmente franosi per la possibilità di crolli o scivolamenti di materiale. Vengono attribuite allo scenario Z1c.

***Ciglio di scarpata:*** si tratta della zona a monte dei versanti della Valle del Lambro, attribuiti allo scenario Z3a.

Gli effetti prevedibili sul territorio, in funzione dell'attribuzione delle superfici agli scenari indicati dalla Regione Lombardia, sono illustrati nella Fig. 9.2,

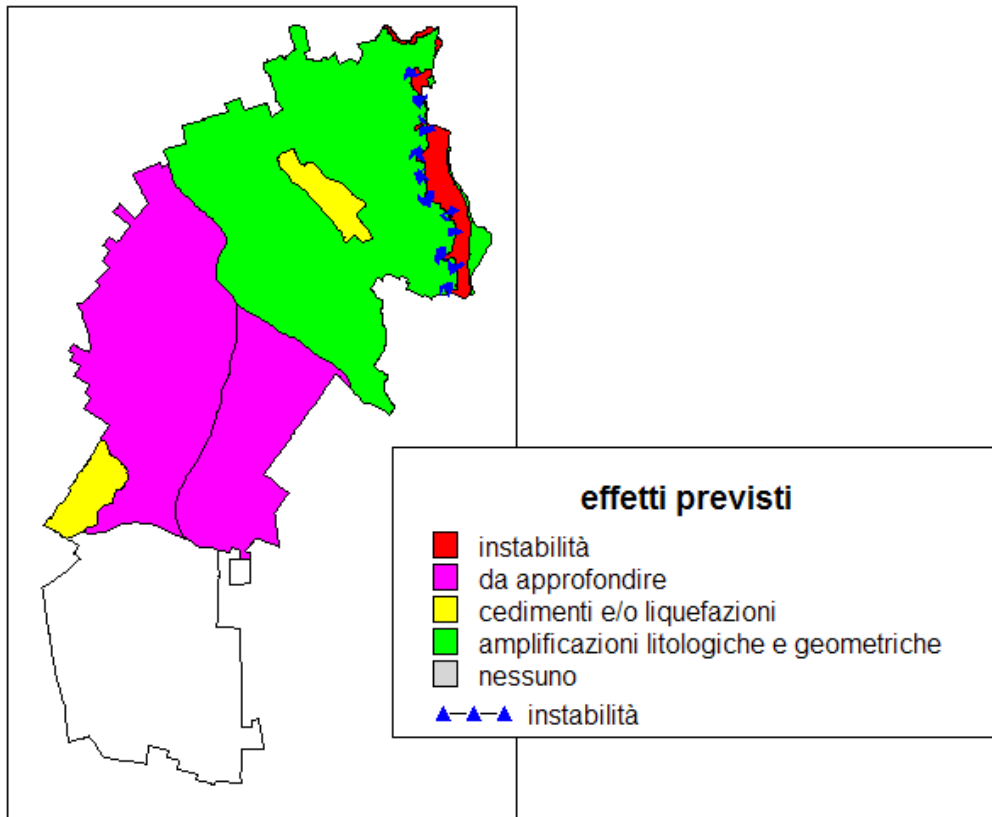


Fig. 9.2

La Fig 9.3 sintetizza la distribuzione degli scenari di Pericolosità sismica locale (PSL) nel territorio del Comune di Giussano.

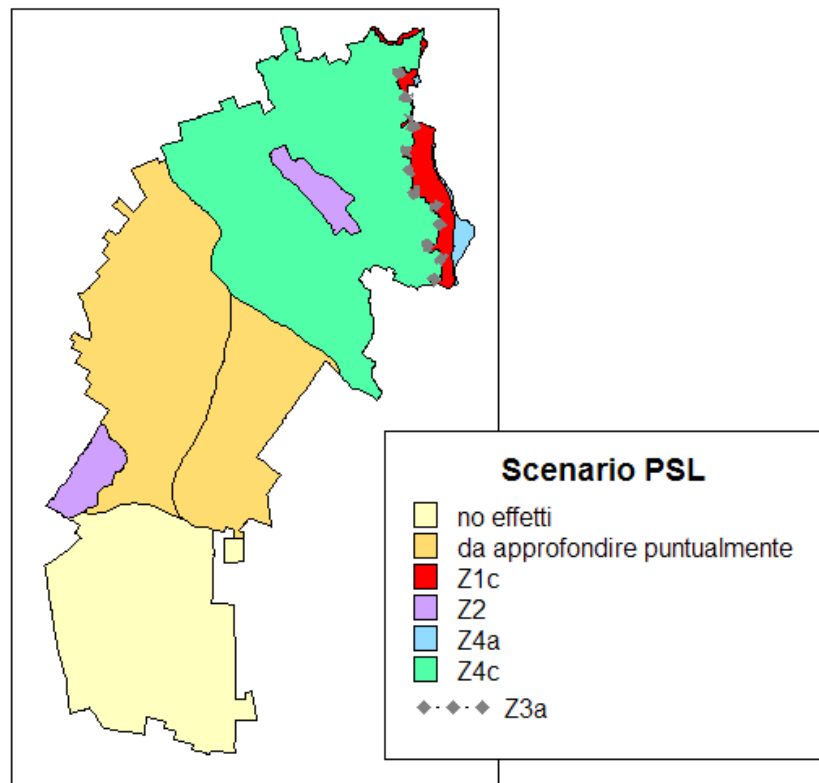


Fig. 9.3