



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

*DIPARTIMENTO DI SCIENZE E INGEGNERIA DELLA MATERIA
DELL'AMBIENTE E URBANISTICA (SIMAU)*

CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CIVILE

Le nuove Linee Guida per la sicurezza dei ponti stradali:
aspetti geotecnici

The new guidelines for the safety of road bridges: geotechnical aspects

Relatore:

Prof. Ing. Giuseppe Scarpelli

Tesi di Laurea di:

Maria Chiara Boldorini

A.A 2021/2022

Sommario

1. Introduzione	3
2. Le nuove linee guida: obiettivi e struttura dell’approccio multilivello	4
2.1 Definizione dei livelli di analisi e interazione tra essi.....	7
3. Aspetti geotecnici dell’approccio multilivello	9
4. livello 0: censimento dati geotecnici	10
5. livello 1: Fenomeni di frana	14
5.1 livello 1: ispezioni e schede difettologiche	26
5.2 Ispezioni speciali	38
6. Stima della CdA legata al rischio frane	39
6.1 Pericolosità/Suscettibilità.....	40
6.2 Vulnerabilità	42
6.3 Esposizione	44
6.4 Stima della classe di attenzione frane a livello territoriale	44
7. Caso di studio: “Ponte Pagino” determinazione CdA frane	46
7.1 Inquadramento	46
7.2 Classe di attenzione Frane.....	54
7.2.1 Suscettibilità.....	54
7.2.2 Vulnerabilità.....	57
7.2.3 Esposizione.....	59
7.2.4 Determinazione della classe di attenzione frane	61
8. Caso di studio: ponte “Ca’ La Balia” determinazione CdA Frane	62
8.1 Inquadramento.....	62
8.2 Classe di attenzione Frane	71
8.2.1 suscettibilità.....	71
8.2.2 Vulnerabilità.....	74
8.2.3 Esposizione	76
8.2.4 Determinazione della Classe di Attenzione Frane	79
9. Conclusioni	80
10. Bibliografia/sitografia	81

1. Introduzione

Con la presente tesi si intendono analizzare le Nuove Linee Guida per la sicurezza dei ponti stradali, facendo riferimento in particolare alla loro messa in sicurezza sul fronte delle frane. Il problema della gestione dei ponti esistenti in Italia, è un problema molto attuale. Dal 2003 al 2018 numerosi ponti italiani sono stati interessati da gravi dissesti o crolli. Si ricorda solo a titolo d'esempio il crollo del Ponte Morandi nel 2018 come fatto eclatante e rappresentativo della situazione di degrado di numerose opere. Dopo tali fatti, c'è stato un aumento della sensibilità tecnica e sociale, a livello nazionale, ai temi di controllo, valutazione e monitoraggio dei ponti esistenti. È stata evidente la necessità di superare l'approccio precedente di tipo emergenziale e intervenire preventivamente, non solo dopo palese degrado o eventi tragici, disponendo e applicando un sistema completo che consenta la corretta gestione di tutte le infrastrutture presenti sul territorio. La gestione richiede l'attenzione su diversi aspetti, tecnici, sociali ed economici.

Le principali problematiche e difficoltà che caratterizzano il patrimonio infrastrutturale esistente sono dovute a:

- Numero elevato di opere infrastrutturali
- Scarsa applicazione delle norme in materia di gestione e manutenzione
- Patrimonio infrastrutturale datato
- Territorio italiano fragile dal punto di vista idrogeologico
- Carichi attuali più consistenti rispetto a quelli previsti dal progetto
- Risorse limitate per analisi approfondite su tutto il territorio

Inoltre, la gestione dei ponti e viadotti è gestita da enti diversi; dunque, i documenti progettuali originali sono assenti o difficili da reperire, c'è una frammentazione della gestione e groviglio di competenze. Infine, essendo che la costruzione della maggior parte dei ponti italiani risale al secondo dopoguerra in poi, si riscontrano caratteristiche strutturali diverse che causano difficoltà nel definire criteri di valutazione e gestione univoci e c'è un elevato numero di fattori variabili per tipologia strutturale.

Da qui la necessità di procedere per livelli successivi di analisi e approfondimento, per ottimizzare i processi decisionali e concentrare le risorse solo dove necessario. Con questo scopo il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti ha elaborato un metodo basato su un approccio multilivello che consente di individuare possibili fattori di rischio per la stabilità dell'opera e di definire una priorità di intervento.

In questo elaborato verrà analizzato nel dettaglio l'approccio proposto dalle nuove Linee Guida per la classificazione dell'opera nei riguardi di un eventuale rischio di coinvolgimento in un movimento franoso.

Il territorio italiano, a causa delle sue caratteristiche geologiche, morfologiche e idrografiche, è naturalmente predisposto a fenomeni di dissesto quali frane e alluvioni. Sono numerosi i dissesti e i crolli causati da fenomeni alluvionali o franosi che hanno interessato negli ultimi anni i ponti italiani.

Verrà inizialmente illustrato l'approccio generale multilivello, descrivendolo sinteticamente nei suoi passaggi, che verranno poi applicati nella valutazione del rischio di frana e dunque analizzati nel dettaglio.

L'analisi vuole porre l'attenzione sulle problematiche riscontrate nel reperimento delle informazioni necessarie alla valutazione dell'effettivo rischio e sui parametri richiesti per la certificazione di un movimento franoso, in particolare se questo risulta essere "potenziale". Si vuole sottolineare il fatto che il rischio di frana non risulta legato agli spostamenti e/o cedimenti del ponte ma a criteri utilizzati per la salvaguardia della vita umana. Dunque i parametri utilizzati per la classificazione di rischio, in assenza di indagini che forniscano valori reali, risultano incerti e la valutazione nel complesso non sempre affidabile.

Verranno illustrati due esempi di applicazione del metodo su ponti con un potenziale rischio di frana, per evidenziare le incertezze e sottolineare gli aspetti geotecnici più importanti ai fini della valutazione.

La definizione di un metodo affidabile per la segnalazione di un potenziale rischio per le opere, è di notevole importanza per la gestione delle risorse utilizzate per intervenire sulle opere più a rischio. Inoltre la valutazione va fatta attentamente considerando le problematiche connesse alla circolazione, per questo motivo un rischio di frana "alto" ricavato da parametri incerti (quindi generalmente sovrastimati in via cautelativa), potrebbe gravare in maniera eccessiva sulla classificazione finale dell'opera e comportare la chiusura di un tratto stradale.

2. Le nuove linee guida: obiettivi e struttura dell'approccio multilivello

“La nuova Linea Guida illustra una procedura per la gestione della sicurezza dei ponti esistenti, ai fini di prevenire livelli inadeguati di danno, rendendo accettabile il rischio”.

La procedura si basa su un approccio multilivello essenzialmente caratterizzato da tre fasi: il **censimento** e la **classificazione del rischio**, la **verifica di sicurezza** e la

sorveglianza e monitoraggio dei ponti e viadotti esistenti, “ove per ponti e viadotti si intendono le costruzioni le costruzioni, aventi luce complessiva superiore a 6.0m che permettono di oltrepassare una depressione del terreno o un ostacolo, sia esso un corso o uno specchio d’acqua, altro canale o via di comunicazione o una discontinuità naturale o artificiale”.

Il metodo consiste nel seguire un flusso di operazioni (inquadrate in più livelli). Un flusso che partendo dal semplice censimento delle opere d’arte da analizzare arriva alla determinazione di una classe di attenzione sulla base della quale si perverrà, nei casi previsti dalla metodologia stessa, alla verifica di sicurezza.

Viene illustrato in Figura 1.1 l’approccio generale, diviso in cinque livelli poi brevemente analizzati:

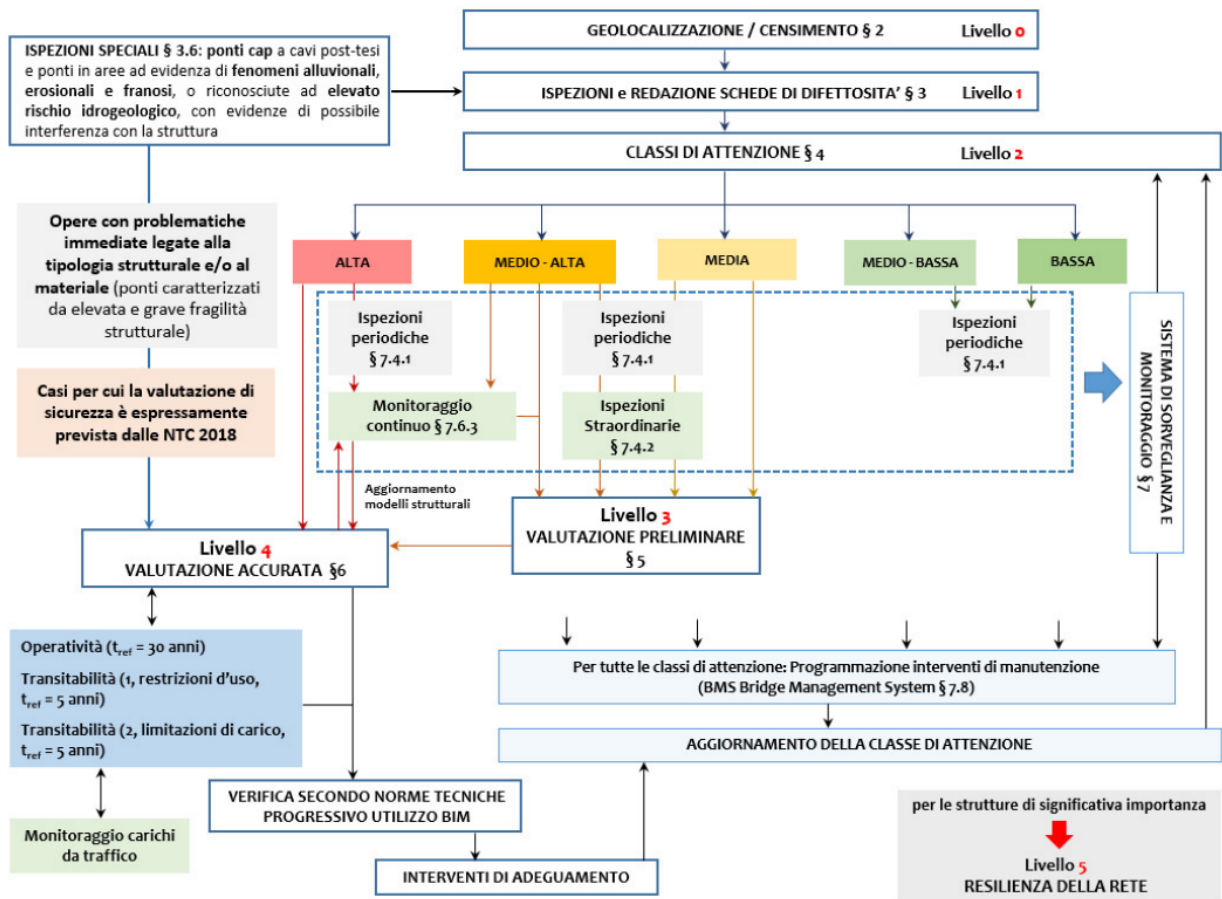


Figura 1.1 – Approccio multilivello e relazioni tra i livelli di analisi

L’approccio prevede una serie di operazioni divise in tre livelli principali (livello 0, livello 1, livello 2) che portano a definire una classe di attenzione da associare al ponte. Tali operazioni consistono nel censimento delle opere, nell’esecuzione delle ispezioni,

iniziali e speciali, ai fini della redazione delle schede di difettosità e nella valutazione della classe di attenzione in funzione dei possibili rischi rilevanti:

- Strutturale (statico e fondazionale)
- Sismico
- Idrogeologico (idraulico e frana)

Tali rischi, sono inizialmente analizzati separatamente attraverso la valutazione di tre fattori: **pericolosità**, **vulnerabilità** ed **esposizione**. Ciascuno di questi fattori deriva dalla combinazione di parametri principali e secondari. Essi variano in funzione del rischio che si sta analizzando e sono determinati elaborando i dati raccolti mediante il censimento e le ispezioni visive.

Come risultato di questa prima analisi, viene associata ad ogni potenziale categoria di rischio una classe di attenzione può essere:

- Alta
- Medio-alta
- Media
- Medio-bassa
- Bassa

Come mostrato in Figura 4.1.

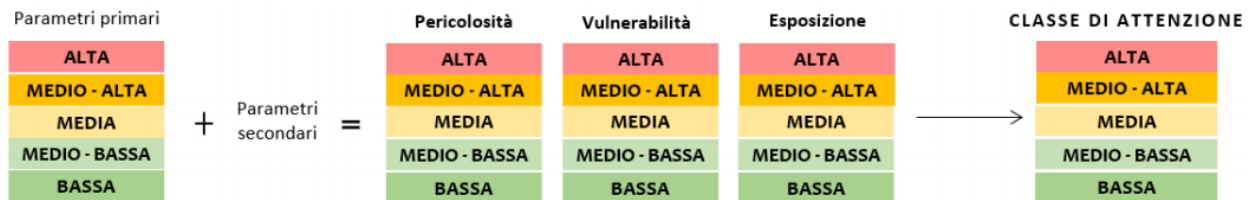


Figura 4.1. – Flusso logico per la determinazione della classe di attenzione

Si determinano in modo iterativo le singole Classi di Attenzione associate alle categorie di rischio:

- Classe di Attenzione strutturale e fondazionale
- Classe di Attenzione sismica
- Classe di Attenzione frane
- Classe di Attenzione idraulica

Esse sono poi riunite in un'unica classificazione generale della classe di attenzione in base alla quale vengono definite le priorità di successivi approfondimenti eventualmente

richiesti, opportunamente graduati ed ottimizzati, eventuali operazioni di sorveglianza e monitoraggio, di verifica e di intervento.

Come si evince dal flusso di Figura 1.1 ad ogni classe di attenzione corrispondono determinate conseguenti azioni, in termini di indagini/monitoraggio/verifiche:

Per i ponti con classe di attenzione Alta è opportuno l'immediato avvio di valutazioni più accurate, sia in termini di valutazioni di sicurezza sia di approfondimenti sulle caratteristiche geotecniche e/o strutturali, laddove necessario. È prevista l'esecuzione delle ispezioni periodiche e l'installazione di sistemi di monitoraggio periodico o continuo.

Per i ponti con classe di attenzione Medio-Alta è previsto l'impiego di valutazioni preliminari di Livello 3, l'esecuzione delle ispezioni periodiche ordinarie e, ove si rendesse necessario, delle ispezioni periodiche straordinarie, e l'installazione di sistemi di monitoraggio periodico o continuo.

Per ponti con CdA Media occorre eseguire valutazioni preliminari di Livello 3, ed ispezioni periodiche ordinarie. Ove si rendesse necessario nel caso, sulla base delle ispezioni periodiche ordinarie, siano stati rilevati fenomeni di degrado in rapida evoluzione, è necessario eseguire anche ispezioni periodiche straordinarie.

Per entrambe le classi le ispezioni e monitoraggio sono di ausilio alle valutazioni preliminari di Livello 3 e comunque, laddove ispezioni periodiche o straordinarie e monitoraggio strumentale evidenzino fenomeni evolutivi e problematiche rilevanti non precedentemente colte dalle ispezioni iniziali, occorre proseguire con l'esecuzione delle analisi accurate previste dal Livello 4 (riclassificando il ponte in CdA Alta), sviluppando un modello completo dell'opera in continuo aggiornamento sulla base dei risultati del monitoraggio stesso.

Per i ponti in CdA Medio-Bassa e CdA Bassa non sono previste valutazioni o analisi diverse da quelle già eseguite bensì l'esecuzione di ispezioni periodiche frequenti.

Ovviamente la Classe di Attenzione dell'opera è previsto sia rivalutata anche in conseguenza agli eventuali interventi di manutenzione/riparazione/miglioramento effettuati.

2.1 Definizione dei livelli di analisi e interazione tra essi

Come in parte già esposto l'approccio si sviluppa su 6 livelli differenti, aventi grado di approfondimento e complessità crescenti. Sinteticamente:

- Il **Livello 0** prevede il censimento di tutte le opere e delle loro caratteristiche principali mediante la raccolta delle informazioni e della documentazione disponibile. Consiste nel catalogare tutte le opere presenti sul territorio (geometria ed elementi strutturali, rete stradale in cui sono inserite, sito in cui sono ubicate...). L'acquisizione dei dati contenuti nel censimento si esegue sulla base dell'analisi delle informazioni e della documentazione disponibile e dell'uso di sistemi di mappatura informatizzati.
Per ogni struttura è predisposta una "*Scheda di censimento di Livello 0*" (Allegato A), che consente di raccogliere le informazioni disponibili.
- Il **Livello 1**, esteso alle opere censite a Livello 0, prevede l'esecuzione di ispezioni visive dirette e il rilievo speditivo della struttura al fine di valutare, seppur in maniera speditiva e sommaria, il grado di conservazione delle strutture. Nell'Allegato B sono fornite le schede di difettosità da impiegare in fase di ispezione di Livello 1.
La loro compilazione permette di indicare la presenza di specifici fenomeni di degrado e l'intensità e l'estensione con cui essi si manifestano. Le indicazioni riportate su di esse sono poi utilizzate per la determinazione del livello di difettosità, uno dei principali parametri considerati nel metodo di classificazione di Livello 2.
In fase di ispezione sono inoltre rilevate le caratteristiche geo-morfologiche ed idrauliche dell'area, nonché potenziali condizioni di rischio associate a eventi franosi o ad azioni idrodinamiche.
- Il **Livello 2** consente di giungere alla classe di attenzione di ogni ponte, sulla base dei parametri di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione, determinati elaborando i risultati ottenuti dai livelli precedenti. Tali parametri sono differenti e scelti tra quelli ritenuti maggiormente rilevanti per le diverse tipologie di rischio considerate.

In funzione di tale classificazione, si procede quindi con uno dei livelli successivi:

- Il **Livello 3** prevede l'esecuzione di valutazioni preliminari atte a comprendere, in funzione dei dati rilevati nelle ispezioni eseguite al Livello 1, se sia comunque necessario procedere ad approfondimenti mediante l'esecuzione di verifiche accurate di Livello 4.
Le valutazioni di questo livello, mirano a valutare la qualità e la tipologia dei difetti ed a stimare, preliminarmente, le risorse dell'opera in funzione. Ad esempio difetti o fenomeni di degrado tali da giustificare immediate verifiche di sicurezza, oppure, analizzare con maggior dettaglio alcune problematiche

osservate nelle ispezioni eseguite al Livello 1 individuandone le possibili cause. In secondo luogo, inoltre, occorre valutare che il progetto del ponte sia stato redatto in conformità alle indicazioni normative vigenti all'epoca della sua realizzazione e ottimizzato per far fronte ai corrispondenti carichi da traffico.

- Il **Livello 4** prevede l'esecuzione di valutazioni accurate sulla base di quanto indicato dalle Norme Tecniche per le Costruzioni vigenti.
- Il **Livello 5**, non trattato esplicitamente nelle presenti Linee Guida, si applica ai ponti considerati di significativa importanza all'interno della rete, opportunamente individuati. Per tali opere è utile svolgere analisi più sofisticate quali quelle di resilienza del ramo della rete stradale e/o del sistema di trasporto di cui lo stesso è parte, valutando la rilevanza trasportistica, analizzando l'interazione tra la struttura e la rete stradale di appartenenza e le conseguenze di una possibile interruzione dell'esercizio del ponte sul contesto socio-economico in cui esso è inserito.

3. Aspetti geotecnici dell'approccio multilivello

I seguenti capitoli contengono nel dettaglio gli aspetti relativi alle problematiche geotecniche che vengono incontrate nell'applicazione dell'approccio multilivello.

Sono riportati degli estratti della scheda di censimento di livello 0 e di livello 1 (Allegato A, Allegato B scheda frane e idraulica delle Linee Guida) e commentati in funzione dei parametri da essa ricavabili ai fini della classificazione. Sono elencate alcune delle fonti consultabili per accertare un rischio frana, ma è evidente che le banche dati di riferimento sono limitate e non ben definite.

Si evidenzia come per alcuni parametri essenziali alla determinazione del rischio, come la magnitudo, la velocità, lo stato di criticità della frana, la documentazione geotecnica disponibile sia insufficiente. Per questo motivo risulta molto difficile segnalare un potenziale rischio frana prima di aver effettuato indagini approfondite.

Inoltre, si mette in evidenza che la valutazione della suscettibilità di un ponte agli spostamenti dovuti ad un movimento franoso, è ben maggiore di quella che risulta accettabile ai fini di protezione civile.

Sono mostrate infine le schede di ispezione ed approfonditi i difetti che potrebbero essere causati da frane in atto.

4. livello 0: censimento dati geotecnici

Al livello 0 dell'approccio multilivello c'è la fase di reperimento dati, in particolare nell'allegato vengono richieste informazioni rilevanti per classificare un possibile rischio legato a cedimenti del terreno o a movimenti franosi. Risulta quindi particolarmente utile studiare l'opera nel contesto geologico e geomorfologico e geotecnico in cui è inserita.

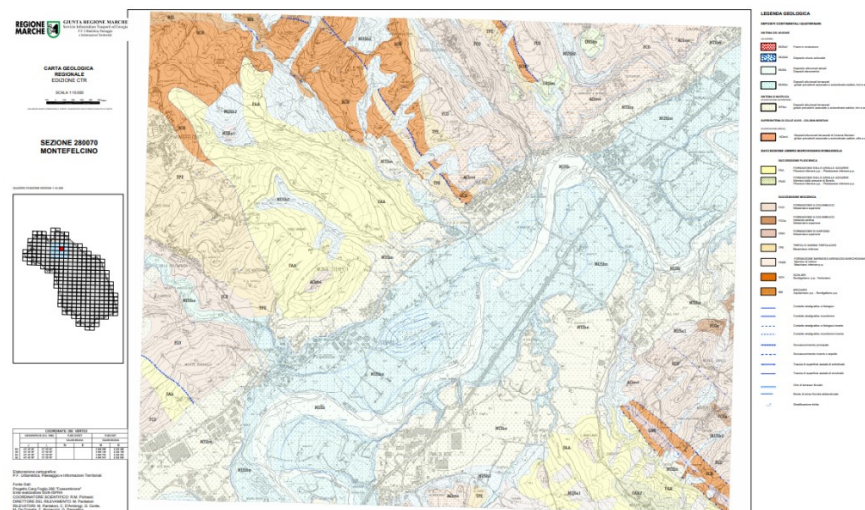
Per gli aspetti geologici più generali possono a questo proposito essere consultate carte geologiche e geomorfologiche per individuare le formazioni geologiche presenti, la presenza di faglie, discontinuità o deformazioni degli strati che possono condizionare il comportamento di un versante. Nella scheda vengono raccolti i dati di acclività che si possono ricavare anche dalle carte tematiche sebbene, sarebbe preferibile ricavare la pendenza media del versante nel corso del rilievo diretto.

La storia geologica condiziona la natura litologica delle formazioni presenti e la loro distribuzione nello spazio; le vicissitudini tettoniche lasciano profondi segni nei caratteri strutturali dei terreni a piccola ed a grande scala.

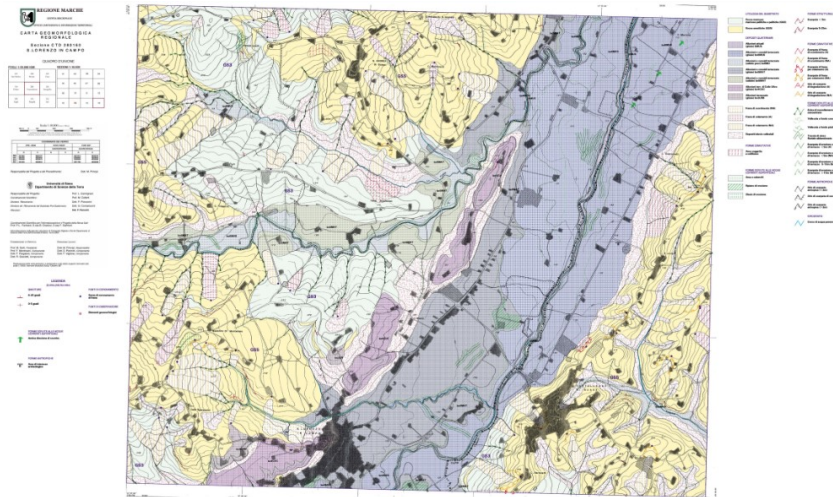
Lo studio geomorfologico (sulla base dell'analisi di immagini e di rilievi diretti a terra) consente di individuare sulla superficie topografica i segni di passati fenomeni franosi a volte vistosi, e quindi facilmente riconoscibili, a volte invece appena accennati e che possono essere percepiti soltanto da tecnici esperti.

Vengono di seguito riportate come esempio di carte tematiche, la carta geologica e la carta geomorfologica estratte dalla cartografia della Regione Marche.

Carta geologica



Carta geomorfologica



Una volta inquadrata l'opera nel contesto in cui è inserita e forniti i suoi dati generali, la struttura è descritta nella scheda in tutte le sue parti. Sono riportate le caratteristiche geometriche (luce, larghezza impalcato, numero di campate...), la tipologia strutturale, i materiali costruttivi, apparecchi d'appoggio, giunti.

In particolare è richiesta nelle schede la descrizione di tutti gli elementi strutturali che sono a contatto con il terreno, tipicamente spalle, fondazioni, e che potrebbero quindi, essere direttamente interessati da un movimento franoso o determinare uno stato di sofferenza della sovrastruttura a seguito di cedimenti:

Spalle

Tipologia spalla iniziale _____

Fondazioni spalla iniziale _____

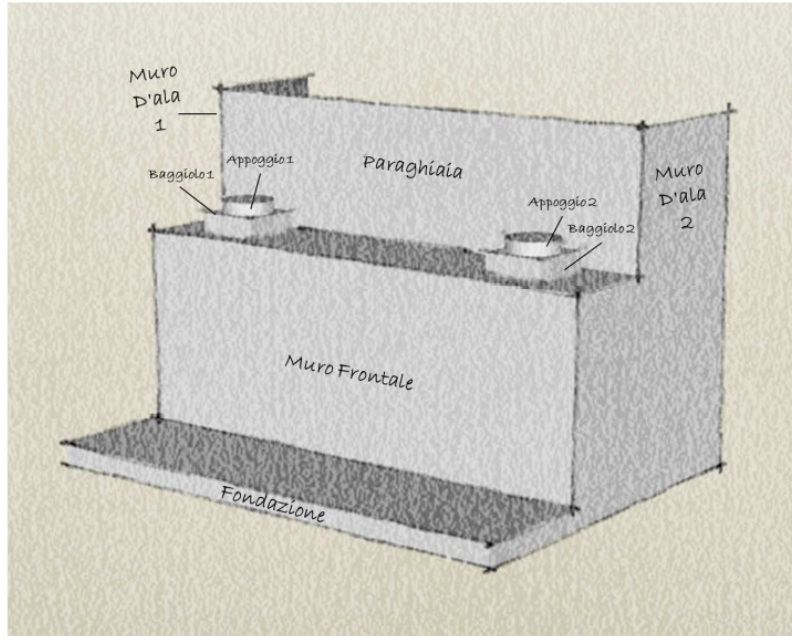
Tipologia spalla finale _____

Fondazioni spalla finale _____

Le spalle sono l'elemento di transizione tra rilevato stradale ed il ponte. Esse hanno una duplice funzione:

- fornire l'appoggio all'estremità dell'impalcato come accade per una pila e
- Contenere il terrapieno retrostante assolvendo la funzione tipica di un muro di sostegno

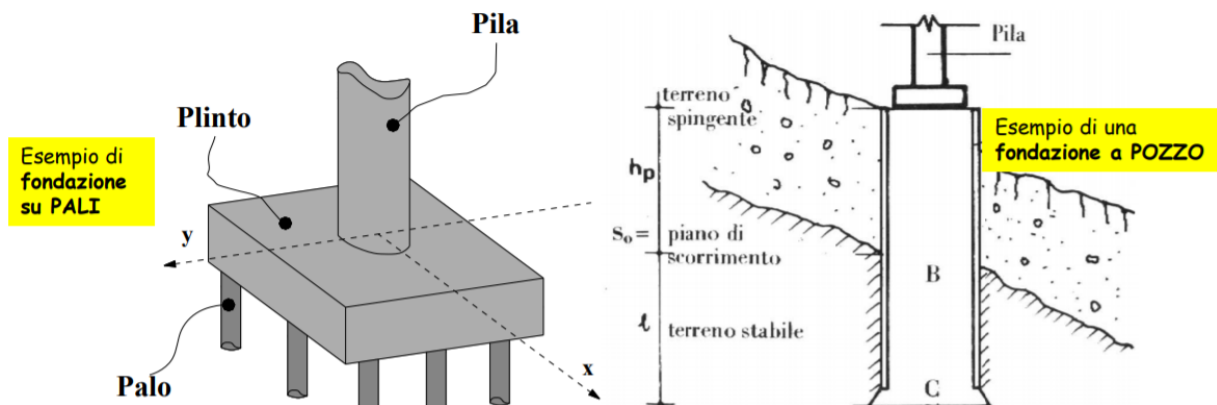
In presenza di azioni sismiche, spalle e pile sono gli elementi che trasmettono le azioni dinamiche provenienti dal terreno alla struttura, che dipendono anche dalla natura degli apparecchi di appoggio. Tali strutture devono essere in grado di assorbire le azioni sismiche orizzontali conseguenti.



Pile

Tipologia sezione	_____	Geometria sezione (circolare, rettangolare, etc.):	_____
Tipologia fondazioni	_____	Numero fondazioni	_____
Altezza pile [m]	_____	Evoluzione eventuale rispetto al fondo alveo	_____

Le fondazioni delle pile si differenziano dalle altre opere poiché trasmettono carichi molto elevati in rapporto alle dimensioni del fusto. Per effetto delle elevate concentrazioni di carico, quasi mai le fondazioni delle pile sono di tipo diretto. Nella maggior parte dei casi è necessario raggiungere strati portanti profondi utilizzando fondazioni profonde quali fondazioni su pali o a pozzo.



In genere si utilizzano pali di grande diametro ($\varnothing 800 \div \varnothing 2000$ mm). Nel calcolo solitamente si accettano le seguenti ipotesi:

- il plinto è infinitamente rigido
- i pali hanno uguale deformabilità

La presenza di più pali ravvicinati comporta l'insorgere di effetti di interazione sia sotto azioni verticali che orizzontali.

In relazione alle opere che interagiscono con i versanti in frana, quando è necessario attraversare strati di terreno spingente per raggiungere il terreno di fondazione i pali possono non riuscire ad assorbire senza deformazioni eccessive le azioni orizzontali dovute ai movimenti superficiali, si ricorre ai pozzi di fondazione.

La sezione del pozzo è in genere circolare con diametro che va dai 5 – 15 m. In alcuni casi può essere più conveniente far spiccare la pila dal fondo pozzo (pozzi cavi).

Nella scheda sono descritti eventuali interventi strutturali eseguiti, in particolare quelli di:

- carattere geotecnico in fondazione e/o in corrispondenza delle spalle
- interventi di mitigazione/protezione dall'erosione di spalle e pile.

Alla quale va allegata opportuna documentazione.

Per la valutazione delle condizioni di rischio idrogeologico è possibile consultare:

- inventario frane IFFI sulla piattaforma IdroGEO-piattaforma italiana sul dissesto idrogeologico. Essa offre uno strumento conoscitivo di base per la valutazione della pericolosità e del rischio da frana. Le principali informazioni desumibili dalle carte IFFI, riguardano la definizione dello stato di attività dei versanti, frane, tipo di frane, ecc.
- carta di rischio PAI sul sito dell'autorità di bacino. Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico riguarda sia l'assetto geomorfologico, relativo alla dinamica dei versanti e al pericolo d'erosione e di frana, sia l'assetto idraulico, relativo alla dinamica dei corsi d'acqua e al pericolo d'inondazione.

Documenti disponibili inerenti alle condizioni di rischio idrogeologico

<i>Rischio idraulico</i>	
<i>Rischio frane</i>	
<u>Altre documentazioni (es. zonazioni da Enti locali)</u>	

5. livello 1: Fenomeni di frana

Come fase successiva al censimento dati, viene effettuata l'ispezione in situ, con il fine di rilevare segnali che indichino un potenziale rischio di instabilità del terreno che coinvolga l'opera.

D'altra parte, sebbene sia implicito che l'analisi del fenomeno di frana si debba condurre solo nel caso in cui si riscontri una effettiva interazione fra frana e opera, le Linee Guida non appaiono del tutto soddisfacenti per le modalità con cui tale analisi viene praticamente eseguita.

Le maggiori difficoltà nascono quando lo studio della frana si articola attraverso parametri che pesano il rischio per l'opera, come ad esempio la velocità e il volume della massa coinvolta, che in realtà coincidono con quelli utilizzati per valutare il rischio frana per fini di protezione civile, cosa del tutto diversa dal rischio frana in relazione alla sicurezza di un ponte o di un viadotto.

È evidente infatti che, se per esempio si considera il parametro velocità, un fenomeno che può essere considerato estremamente lento per fini di protezione civile, in quanto si sviluppa con tempi che consentono di mettere in sicurezza beni e persone, diventa decisamente troppo veloce per una struttura.

Tenendo presenti queste considerazioni, che certamente porteranno a breve ad una revisione delle Linee Guida, si indicano nel seguito le attività previste per la valutazione del Rischio frana.

È necessaria a questo proposito, la conoscenza della storia geologica e la natura geomorfologica a scala regionale ed a scala dell'area in esame, che è stata reperita nella fase di censimento al livello 0.

I principali fattori che influenzano la franosità sono:

- fattori geologici, ovvero caratteri strutturali (faglie, fratturazioni), giacitura, scistosità, associazione e alternanza fra i litotipi, degradazione, alterazione, eventi sismici e vulcanici;
- fattori morfologici ovvero pendenza dei versanti;
- fattori idrogeologici, ovvero circolazione idrica superficiale o sotterranea, entità e distribuzione delle pressioni interstiziali;
- fattori climatici e vegetazionali, ovvero alternanza di lunghe stagioni secche e periodi di intensa e/o prolungata piovosità, disboscamenti e incendi;

- fattori antropici, ovvero scavi e riporti, disboscamenti e abbandono delle terre.

Il movimento franoso si manifesta quando lungo una superficie (o meglio in corrispondenza di una fascia di terreno in prossimità di una superficie) all'interno del pendio le tensioni tangenziali mobilitate per l'equilibrio (domanda di resistenza) eguagliano la capacità di resistenza al taglio del terreno.

Ciò può avvenire per un aumento della domanda di resistenza, per una riduzione della capacità di resistenza o per il manifestarsi di entrambi i fenomeni.

Dunque le cause di instabilità di un pendio si possono distinguere in:

- 1- quelle che danno luogo ad un **aumento delle tensioni di taglio** che può essere provocato da fenomeni naturali, quali l'erosione al piede, formazione di cavità a causa di erosioni sotterranee. Da azioni sismiche e attività antropiche, come l'esecuzione di scavi e applicazioni di carichi sul pendio dovuti alla costruzione di manufatti e rilevati.
- 2- Quelle che danno luogo ad una **diminuzione della resistenza al taglio** che può essere dovuta ad un aumento delle pressioni interstiziali, con conseguente diminuzione delle tensioni efficaci (l'aumento delle pressioni interstiziali è spesso legato agli eventi meteorici e all'innalzamento della superficie freatica, ma anche al sisma, il quale genera sovrappressioni interstiziali). Da variazioni dei parametri della resistenza dei materiali.

Come richiesto dalle linee guida:

“In sede di ispezione visiva, sulla scorta della documentazione reperita al Livello 0 e di un accurato esame dell'area sulla quale sorge il ponte, tecnici adeguatamente formati sono chiamati a valutare fattori primari e secondari atti a definire la Classe di Attenzione nei riguardi di potenziali eventi franosi e/o alluvionali.

Detti fattori sono individuati e raccolti in un'apposita Scheda “Frane e idraulica” (Allegato B), da compilare e allegare alle schede di difettosità strutturale.”

Viene sin da subito segnalato, nella scheda di ispezione, in fase di localizzazione del ponte, un eventuale rischio di frana.

Il “rischio frana” viene giudicato “presente” o “assente” questo giudizio può essere dato in base ai dati reperiti nella fase di censimento e quindi attraverso la cartografia esistente. In tal caso possono essere fundamentalmente esclusi i ponti ricadenti in aree sub-pianeggianti. I ponti che invece sono localizzati in pianura alla base dei versanti o nei pendii, vanno valutati tenendo in considerazione le carte di rischio, consultate al livello

0 e in fase di ispezione, dall'osservazione di segnali quali: cedimenti, rotture del terreno, danni rilevabili sulla struttura che possono essere ricondotti ad un movimento franoso.

Qualora si possa ritenere che l'evento franoso sia "assente" si suggerisce di assumere una CdA frane Bassa, senza proseguire con la valutazione dei parametri primari e secondari.

Nel caso in cui l'area venga riconosciuta pericolosa perché il rischio di frana è giudicato presente, è in primo luogo inquadrato il tipo di fenomeno:

Area riconosciuta pericolosa (allegare riferimenti)

<input type="radio"/> Fenomeno riconosciuto ma non ancora studiato	<input type="radio"/> Fenomeno riconosciuto e studiato
<input type="radio"/> Fenomeno modellato e oggetto di monitoraggio	<input type="radio"/> Fenomeno oggetto di opere di mitigazione

Nella categoria di "fenomeno riconosciuto ma non ancora studiato" si rientra nel caso in cui dalla cartografia esistente o mediante sopralluogo si individuano deboli o evidenti segni precursori di movimenti. In questo caso la frana viene considerata "potenziale". Un esempio sono i rigonfiamenti e l'apertura di fratture sulla superficie del terreno, ma anche quelle situazioni in cui la configurazione geomorfologica e l'assetto stratigrafico possano essere tali da indurre una potenziale instabilità, per esempio erosione al piede di un argine o di un versante.

Di seguito vengono elencati alcuni segni precursori di una frana potenziale (da Catalogo I.F.F.I.):

- fenditure, fratture: apertura di fratture o fessure beanti nel terreno.
- Trincee, doppie creste: formazione sul versante, specialmente nella parte sommitale, di depressioni allungate a pareti subverticali più o meno profonde, generalmente subparallele al versante stesso
- crolli localizzati: cadute di piccole porzioni di materiale localizzate in aree ristrette del versante.
- rigonfiamenti: variazioni del profilo del pendio (lungo la linea di massima pendenza) con tendenza verso una forma convessa.
- contropendenze: zone ad immersione opposta a quella generale del pendio.
- cedimenti: cedimenti del terreno, delle strutture ed infrastrutture.
- lesioni dei manufatti: formazione di crepe e/o fratture su di un edificio o manufatto.
- inclinazione pali o alberi: presenza di alberi o strutture inclinate rispetto alla verticale.

- comparsa o scomparsa di sorgenti: improvvisa comparsa o scomparsa di sorgenti o venute d'acqua.
- scomparsa corsi d'acqua: scomparsa di un corso d'acqua superficiale.
- variazione portata sorgenti: sensibile variazione della portata delle sorgenti.
- variazione livello acqua pozzi: sensibile variazione del livello della superficie piezometrica nei pozzi.
- acqua in pressione nel suolo: aumento della pressione dell'acqua nel suolo e nel sottosuolo; si manifesta con la comparsa improvvisa di venute d'acqua.
- rumori sotterranei: rumori o boati provenienti dal sottosuolo.

Vengono riportati di seguito i criteri e gli elementi utili all'individuazione di “**aree potenzialmente franose**” e di “**aree di evoluzione della frana**”, intendendo con queste, le aree che non sono già state perimetrate e che non figurano nei documenti appositi: IFFI, Cartografia della franosità delle Autorità di Bacino, Cartografie geomorfologiche regionali, ecc. (PON GOVERNANCE 2014-2020, Rischio sismico e vulcanico, Attività A2.1)

Si intende con “**Area potenzialmente franosa**” (APF) quella porzione di versante, sia in roccia che in terra, ubicata in aree esterna rispetto al corpo di frana, per la quale, pur non presentando evidenze di instabilità pregressa, sono verificate le condizioni di potenziale instabilità in relazione all'azione sismica. Le condizioni di potenziale instabilità possono essere collegate sia a fattori connessi con le caratteristiche stesse dei materiali coinvolti (litologia, fratturazione, assetto strutturale, caratteristiche geomeccaniche, giacitura, regime idrico sotterraneo e superficiale, uso del suolo), sia alle caratteristiche morfologiche dell'area in esame (forte acclività).

Per “**Area di evoluzione della frana**” (AE), si intende invece, l'area che può essere interessata, direttamente o indirettamente, da una frana. Tali aree sono ubicate prevalentemente in aree limitrofe al corpo di frana esistente e quindi presentano meccanismi di rottura/evoluzione direttamente influenzati dalla presenza di fenomeni gravitativi esistenti. In linea di massima le aree di evoluzione della frana possono essere definite secondo criteri geomorfologici e non puramente geometrici, quindi variano da frana a frana, in relazione alla tipologia e stile di attività.

La previsione dell'evoluzione di una frana prevede i seguenti tre punti:

- a- previsione della distanza di propagazione;
- b- previsione dei limiti di retrogressione;
- c- previsione dell'espansione areale.

La previsione della distanza di propagazione è particolarmente importante per frane che sono caratterizzate da un'elevata mobilità (frane di crollo, di colate per flusso di terre granulari...). In generale per la previsione della distanza di propagazione possono essere impiegati criteri geomorfologici connessi con la geometria del pendio.

La perimetrazione delle aree di regressione di una frana si effettua essenzialmente sulla base dei caratteri geomorfologici osservabili sul terreno, riferibili alla distribuzione degli elementi/indicatori che suggeriscono tale evoluzione (fratture di tensione, contropendenze, ecc.)

Per quanto riguarda la delimitazione dell'espansione areale, tale aspetto è particolarmente critico nel caso di colate di terra o di fenomeni di liquefazione nei quali la massa spostata è molto fluida e può espandersi. La previsione, molto complessa, dipende essenzialmente dalla morfologia del versante, da granulometria e contenuto d'acqua dei terreni, dai parametri di resistenza al taglio, dalle pressioni interstiziali e dal coefficiente di spinta laterale.

Per una corretta caratterizzazione occorre inoltre definire la profondità del substrato geologico non alterato, presumibilmente assimilabile al substrato rigido (bedrock sismico), con identificazione dell'eventuale spessore di alterazione, per valutare lo spessore della coltre detritica in tutta l'area di estensione.

Per il riconoscimento e la perimetrazione delle aree, la base di partenza è la cartografia geologica e geotematica disponibile che andrà verificata con foto aeree e rilievi di terreno ad una scala di dettaglio, non inferiore a 1:10.000, meglio 1:5000-1:2000.

Per la caratterizzazione della coltre di copertura si farà ricorso a dati pregressi; qualora però i dati pregressi non siano in numero sufficiente dovranno essere realizzate nuove indagini.

Nel caso di "fenomeno riconosciuto e studiato" rientrano i ponti ricadenti in un'area che è stata oggetto di studio e segnalata nell'inventario dei fenomeni franosi I.F.F.I, ma che non ha subito interventi di mitigazione per aumentarne la stabilità.

Nel caso di "fenomeno modellato e oggetto di monitoraggio" rientrano i ponti costruiti in un'area che ha subito movimenti franosi, che possono essere ancora in evoluzione e in cui sono state disposte le attrezzature necessarie al monitoraggio degli spostamenti.

Infine nel "fenomeno oggetto di opere di mitigazione" rientrano quei ponti che sono collocati in delle aree che avevano un rischio elevato di instabilità e che sono state stabilizzate e messe in sicurezza.

Sulla base dei dati di reperimento, è specificato il contesto geologico nel quale l'opera è inserita e la tipologia di fenomeno:

Contesto geologico

Formazioni _____
 Unità 1 _____
 Unità 2 _____
 _____

Tipologia di fenomeno

<input type="radio"/> Accertato		<input type="radio"/> Potenziale	
<input type="radio"/> Crollo in roccia	<input type="radio"/> Ribaltamento	<input type="radio"/> Scorrimento rotazionale	<input type="radio"/> Scorrimento traslativo
<input type="radio"/> Colate e valanghe detritiche	<input type="radio"/> Colate viscoso e traslative	<input type="radio"/> Complesso e composito	<input type="radio"/> Fenomeni gravitativi profondi

Per l'identificazione del tipo di fenomeno si può fare riferimento alla classificazione di Varnes (1978) che consente di identificare in maniera efficace e coerente la grande maggioranza dei movimenti di versante nel nostro Paese.

Tipo di movimento		Tipo di materiale		
		Rocce	Terreni grossolani	Terreni fini
Crolli (<i>falls</i>)		Crolli di roccia	Crolli di detrito	Crolli-di-terra
Ribaltamenti (<i>topples</i>)		Ribaltamento di roccia	Ribaltamento di detrito	Ribaltamento di terra
Scorrimenti (<i>slides</i>)	Rotazionali	Scorrimento rotazionale di roccia	Scorrimento rotazionale di detrito	Scorrimento rotazionale di terra
	Traslazionali	Scorrimento traslazionale di roccia	Scorrimento traslazionale di detrito	Scorrimento traslazionale di terra
Espandimenti laterali (<i>lateral spreads</i>)		Espandimenti laterali di roccia	Espandimenti laterali di detrito	Espandimenti laterali di terra
Flussi (<i>flows</i>)		Flussi di roccia (deformazioni gravitative profonde di versante)	Flussi di detrito	Flussi di terra
Frane complesse / composite (<i>complex</i>)		Combinazione di 2 o più tipi nello spazio e/o nel tempo		

Se definibile dai dati in possesso è richiesta la “*distribuzione di attività della frana*”, “*l'uso del suolo dell'area potenzialmente coinvolta*” e nella descrizione “*morfometria della frana*”, la posizione di instabilità sul versante.

Vengono inoltre richiesti *dati generali* di frane riconosciute o potenziali:

Dati generali (frane riconosciute / potenziali)

Quota orlo superiore zona distacco [m]	_____	Quota ponte o viadotto [m]	_____
Area totale [m ²]	_____	Profondità superficie di distacco [m]	_____
Volume massa [m ³]	_____		

Un utile riferimento per la compilazione di questi dati per frane riconosciute, è rappresentato dall'inventario I.F.F.I. Per quanto riguarda le frane potenziali, sono necessarie ispezioni speciali, per dare una descrizione esaustiva del fenomeno e per l'acquisizione di tutti i dati richiesti.

In particolare in fase di sopralluogo sono richieste informazioni che serviranno direttamente alla determinazione dei parametri primari che influenzano la CdA Frane:

Parametro dello Stato di Attività per la quantificazione di P_A (frane riconosciute / potenziali)

<input type="radio"/> Frane riconosciute	<input type="radio"/> Frane potenziali
<input type="radio"/> Attivo al momento del rilievo o con segni di movimento in atto	
<input type="radio"/> Sospesa - attivo nell'ultimo ciclo stagionale	
<input type="radio"/> Quiescente – non attivo da più di un ciclo stagionale ma riattivabile	
<input type="radio"/> Inattiva – non attivo da diversi cicli stagionali	
<input type="radio"/> Stabilizzata	

La classificazione adottata per la descrizione dello stato di attività si basa sulle raccomandazioni riproposte più recentemente da Cruden e Varnes (1996). Tale classificazione considera:

- **attiva** una frana attualmente in movimento
- **riattivata** una frana nuovamente attiva dopo uno stato di inattività
- **sospesa** una frana che non si muove attualmente, ma si è mossa nell'ultimo ciclo stagionale
- **inattiva** se l'ultima fase di attività è antecedente l'ultimo ciclo stagionale

le frane inattive si possono ulteriormente in:

- 1- **quiescente** se si ritiene possibile una riattivazione
- 2- **stabilizzata** se non si ritiene possibile una riattivazione

l'attribuzione dello stato di attività risente del metodo utilizzato per la sua determinazione (osservazione diretta tramite rilievi di campagna, dati in archivio, analisi delle foto aeree, dati acquisiti con monitoraggio strumentale...) ed è legata all'aggiornamento della data di osservazione. Ben poche frane mostrano uno stato di attività costante nel tempo, mentre molti più corpi franosi alternano brevi fasi di attività con lunghi periodi di inattività.

In sede di sopralluogo è opportuno, come da documentazione, confermare l'attività di frane già riconosciute, sia in atto (ovvero attive, sospese o quiescenti) sia inattive, o se stabilizzata.

Nel caso di “Frane potenziali” si suggerisce di indicare il grado di potenzialità ovvero se **Altamente critica, Critica o Scarsamente Critica**.

L'importanza di questo fattore nella definizione della CdA suggerisce di consultare autorità (Comuni) ed enti territoriali (Autorità di Bacino o Protezione Civile) per valutare accuratamente il parametro P_A . La consultazione degli enti/istituzioni territoriali va assolutamente fatta nel caso di “Frane potenziali”.

Come suggerito dalle LG, come “Frane potenziali” vanno indicati anche i fenomeni franosi superficiali che si suppone possano essere innescati da eventi metereologici (pioggia o scioglimento del manto nevoso).

Parametro della magnitudo su base volumetrica in metri cubi P_M (frane riconosciute / potenziali)

<input type="radio"/>	Estremamente/molto grande ($> 10^6$)
<input type="radio"/>	Grande ($2,5 \cdot 10^5 - 10^6$)
<input type="radio"/>	Media ($2,5 \cdot 10^5 - 10^4$)
<input type="radio"/>	Piccola ($10^2 - 10^4$)
<input type="radio"/>	Molto piccola ($< 5 \cdot 10^2$)

La pericolosità da frana, come quella di altri fenomeni naturali potenzialmente distruttivi, è definita come la probabilità che un fenomeno potenzialmente distruttivo di intensità (o magnitudo) data si verifichi in un dato periodo di tempo ed in una data area (Varnes, 1984).

La valutazione completa ed esaustiva della pericolosità da frana richiede più di una previsione, ed in particolare:

- Una previsione spaziale, ossia la definizione di dove una frana potrà verificarsi;
- Una previsione temporale, ossia la definizione di quando la frana si verificherà;
- Una previsione tipologica, ossia la definizione del tipo di frana che si potrà verificare;
- Una previsione di intensità, ossia la definizione della “magnitudo”, del volume e dell'estensione della frana che si potrà verificare;

- Una previsione evolutiva, ossia la definizione del possibile scenario evolutivo del dissesto.

La frequenza si riferisce alla ricorrenza temporale dell'evento di frana.

Al contrario di quanto avviene per altri eventi naturali potenzialmente distruttivi, come ad esempio i terremoti, per le frane non esiste una misura univoca e riconosciuta dell'intensità o della magnitudo. È tuttavia possibile affermare che l'intensità di una frana esprime la capacità distruttiva del fenomeno e dipende dalle caratteristiche fisiche (cinematiche) e geometriche (volumetriche) della frana. In prima approssimazione, l'intensità della frana può quindi essere considerata funzione del proprio volume e della velocità di movimento.

La velocità di movimento (presunta) è funzione delle caratteristiche tipologiche della frana. Il volume della frana è a sua volta funzione dell'estensione, della profondità stimata e della tipologia del dissesto.

È in questo caso necessaria una precisazione, in quanto il movimento franoso potrebbe interessare del tutto o in parte la struttura del ponte. Il volume di frana in movimento, va considerato in tutta la sua interezza, sia nel caso in cui l'opera è totalmente coinvolta in maniera diretta o indiretta, sia che coinvolga solo una parte di essa (ad esempio le spalle e la zona di accesso). Infatti la magnitudo che è legata al volume, risulterebbe sottostimata se si considerasse solo una parte del corpo di frana e non sarebbe rappresentativa delle reali condizioni di pericolosità.

Per gli scorrimenti il volume è ricavato dall'estensione e dalla profondità dell'area in frana, mentre per i crolli dipende dalla dimensione massima (presunta) di un singolo blocco, ricavata preferibilmente da osservazioni di campagna.

Nel caso di frane riconosciute e censite, la magnitudo (definita attraverso il **volume della massa di terreno instabile**) è determinata sulla base delle informazioni cartografiche (Inventario I.F.F.I.).

Nel caso di frane **potenziali** la determinazione (se possibile) si può valutare pianificando eventualmente un sopralluogo con appropriata strumentazione.

Tuttavia, l'importanza di questo fattore suggerisce di consultare autorità (comuni) ed enti territoriali (Autorità di Bacino o Protezione Civile) per valutare accuratamente la P_M .

In caso di incertezza si consiglia di sovrastimare la magnitudo.

<input type="radio"/>	Estremamente/molto rapida (> 3 m/min)
<input type="radio"/>	Rapida (3 m/min – 1,8 m/h)
<input type="radio"/>	Moderata (1,8 m/h – 13 m/mese)
<input type="radio"/>	Lenta (13 m/mese – 1,6 m/anno)
<input type="radio"/>	Estremamente/molto lenta (< 1,6 m /anno)

Sulla base dell'esame globale della cinematica dell'intero corpo di frana, si può procedere alla classificazione del movimento franoso, utilizzando la prima citata classificazione di Varnes che raccoglie i fenomeni franosi in tre tipi principali:

- crolli e ribaltamenti;
- scorrimenti rotazionali o traslativi di uno o più corpi “rigidi” su superficie di rottura preesistente o di nuova formazione;
- colate.

Frane per crollo: interessano le rocce lapidee fratturate e le rocce sciolte con elevata coesione; comportano la espulsione di blocchi di dimensioni varie, generalmente rilevanti.

Frane per scorrimento: sono frequenti nelle rocce sciolte sia a grana fina che a grana grossa, meno frequenti nelle rocce lapidee. Il corpo di frana subisce movimenti prevalentemente rigidi su una superficie piana (scorrimento traslativo) o circolare o composita (scorrimento rotazionale). Per lo più nel corpo di frana non si producono modifiche sostanziali; la durata del fenomeno è breve e l'entità degli spostamenti è ridotta.

Le frane per scorrimento coinvolgono volumi molto vari: dal centinaio di m^3 fino alle decine di milioni di m^3 . Gli spostamenti si verificano in gran parte in tempi brevi e successivamente proseguono con gradiente decrescente nel tempo nei soli terreni argillosi.

Colate: si verificano nelle rocce sciolte. Si tratta di movimenti viscosi di volumi di terreno (prevalentemente argilloso) che hanno subito sostanziali modifiche delle caratteristiche fisico-meccaniche, con notevole aumento del contenuto d'acqua e diminuzione della consistenza. Il corpo di frana subisce modifiche di forma e spesso si incanala sui preesistenti impluvi, assumendo una forma caratteristica in pianta, assimilabile ad una clessidra con le parti estreme più larghe (alimentazione ad accumulo) e la parte centrale più ristretta (canale). La velocità può essere anche molto elevata; la

durata del fenomeno è molto lunga e nel corso di esso, varia notevolmente, in determinati periodi si riduce fin quasi ad annullarsi, assumendo i caratteri di uno scorrimento, poi si può avere una riattivazione con valori elevati.

Nelle colate rientrano i distacchi delle coltri di copertura del substrato lapideo. Interessano superfici di estensione variabile, ma relativamente contenuta, per spessori molto modesti, di norma dell'ordine di qualche metro o anche inferiori, terreni prevalentemente a grana limo-sabbiosa. Il materiale distaccato perde rapidamente la sua consistenza e si muove molto rapidamente.

Con riferimento alla situazione italiana (Urciuoli, 1990) si rileva che:

- i crolli rientrano fra i fenomeni “molto rapidi”;
- gli scorrimenti rientrano fra i fenomeni “lenti”, “moderati” e “rapidi”; nella fase parossistica possono diventare “molto rapidi”;
- le colate nei terreni argillosi sono fenomeni “molto lenti”, “lenti” e “moderati”.

Riconoscendo la difficoltà di valutare correttamente il parametro della massima velocità attesa, è possibile compilare la scheda utilizzando la Tabella B.2 e Tabella B.3 presenti a pag. 3 di “Appendici ed Allegati” delle Linee Guida e riportate sotto. È altresì utile consultare le schede riportate nell’Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (I.F.F.I.).

Tabella B.2 – Scala di intensità delle frane basata sulla velocità e sul danno prodotto (Cruden e Varnes, 1996)

Classe	Descrizione	Danni osservabili	Velocità	(m/s)
7	<i>Estremamente rapido</i>	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l’impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.	5 m/s	5
6	<i>Molto rapido</i>	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l’evacuazione delle persone.	3 m/min	$5 \cdot 10^{-2}$
5	<i>Rapido</i>	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.	1,8 m/h	$5 \cdot 10^{-4}$
4	<i>Moderato</i>	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute.	13 m/mese	$5 \cdot 10^{-6}$
3	<i>Lento</i>	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se il movimento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.	1,6 m/anno	$5 \cdot 10^{-8}$
2	<i>Molto lento</i>	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	16 mm/anno	$5 \cdot 10^{-10}$
1	<i>Estremamente lento</i>	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni.	-	-

Tabella B.3 – Velocità delle frane in base alla tipologia del movimento, al materiale coinvolto e allo stato di attività. (N=neoformazione; R=riattivazione)

Tipologia	Crollo	Scivolamento				Colamento			
Materiale	roccia	roccia	detrito	terra	roccia	detrito	terra		
Stato di attività	-	N	R		N	R	-	-	-
Classe di velocità	6 - 7	5-6	1-5	1-6	5-6	1-5	1-2	1-7	1-4

È comunque anche in questo caso utile precisare che le consuete classificazioni della instabilità di versante, come quelle riportate sopra, non sono state sviluppate con riferimento a manufatti come i ponti che possono essere molto sensibili ai fenomeni franosi. Infatti un movimento classificato come “lento” o “molto lento” che implica un livello di danneggiamento che potrebbe essere considerato “non grave”, potrebbe essere invece determinante per la stabilità di un ponte. Le indicazioni date dalle Linee Guida hanno quindi una chiara finalità di Protezione Civile. Di conseguenza la classificazione riportata non deve essere vista in relazione alla struttura del ponte, per la quale ad esempio alcune classi di velocità sono prive di significato, ma deve essere riferita esclusivamente all’instabilità di versante per la quale rappresenta un mero strumento di individuazione della **Classe di Suscettibilità**.

Estensione interferenza

<input type="radio"/> Totale	<input type="radio"/> Parziale (spalle o pile)
<input type="radio"/> Zona di approccio	<input type="radio"/> Altro _____

L’estensione dell’interferenza indica il livello di coinvolgimento dell’opera nel movimento franoso. Essa deve essere valutata in relazione al volume significativo di terreno relativo al ponte, così come definito nelle NTC2018 al §6.2.2:

“Per volume significativo di terreno si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso”.

L’interferenza può essere considerata diretta se il movimento franoso comprende in tutto o in parte il volume significativo, mentre può essere considerata indiretta se il movimento franoso potrebbe coinvolgere la struttura solo a seguito della sua eventuale mobilitazione.

Nel caso di pendii, il volume significativo deve estendersi al di sotto della superficie di scorrimento della frana.

Quando l’interferenza non riguarda il volume significativo, si indica “Zona di Approccio”.

5.1 livello 1: ispezioni e schede difettologiche

In fase di Ispezione Principale si effettua un esame scrupoloso e dettagliato dell'opera. Verranno approfonditi solo i difetti che potrebbero segnalare uno stato di sofferenza della struttura dovuto ad un movimento franoso.

In figura è mostrata la scheda di Ispezione Principale, nella quale viene segnato il difetto nella parte di struttura nella quale viene rilevato e in particolare gli viene assegnato un voto che indica la gravità del difetto, da esprimere su una scala 1 (pessimo) – 5 (ottimo) e l'estensione percentuale da valutare rispetto alla misura del singolo elemento.

Inoltre, per ciascun elemento o sotto-elemento l'Utente potrà richiedere l'ispezione approfondita tramite l'apposita barra.



Modulo

Scheda di Ispezione principale

Mod.RE.06-2

Vers. 1.0 del
25/06/2020

Codice Opera	<input type="text"/>	Nome Opera	<input type="text"/>	<input type="radio"/> Non ispezionabile <input type="radio"/> Parzialmente isp. <input type="checkbox"/> Chiusa al traffico <input type="checkbox"/> Cantiere in corso <input type="checkbox"/> Vegetazione <input type="checkbox"/> Cassone non accessib. <input type="checkbox"/> Inaccessibile da piano campagna <input type="checkbox"/> Necessità attrezzature specifiche			
Area Gestione Rete	<input type="text"/>	Centro - Nucleo	<input type="text"/>				
Codice Strada	<input type="text"/>	Carreggiata	<input type="text"/>				
Progr. Inizio (km)	<input type="text"/>	Progr. Fine (km)	<input type="text"/>				
N. Campate	<input type="text"/>	Campata max (m)	<input type="text"/>				
Struttura interferita <input type="radio"/> Strada ANAS <input type="radio"/> Strada NON ANAS <input type="radio"/> Ferrovia <input type="radio"/> Fiume <input type="radio"/> Servizi <input type="radio"/> Altro							
Elemento	Sottoelemento	Materiale	Difetto	Voto (da 1 a 5)	Estensione	Ispezione approf.	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Muratura <input type="radio"/> C.A.P. <input type="radio"/> Acciaio			%	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/> /	<input type="checkbox"/> /	<input type="radio"/> C.A. <input type="radio"/> Mur					

Sono fornite dalla Norma le “Schede di difettosità” nelle quali sono catalogati e descritti 103 difetti e, per ciascuno di questi, è stata predisposta una scheda di identificazione in cui sono riportate tutte le informazioni necessarie ad indentificare il difetto (Appendice al Manuale della Sorveglianza, Allegato 4.05, Catalogo dei difetti, giugno 2015).

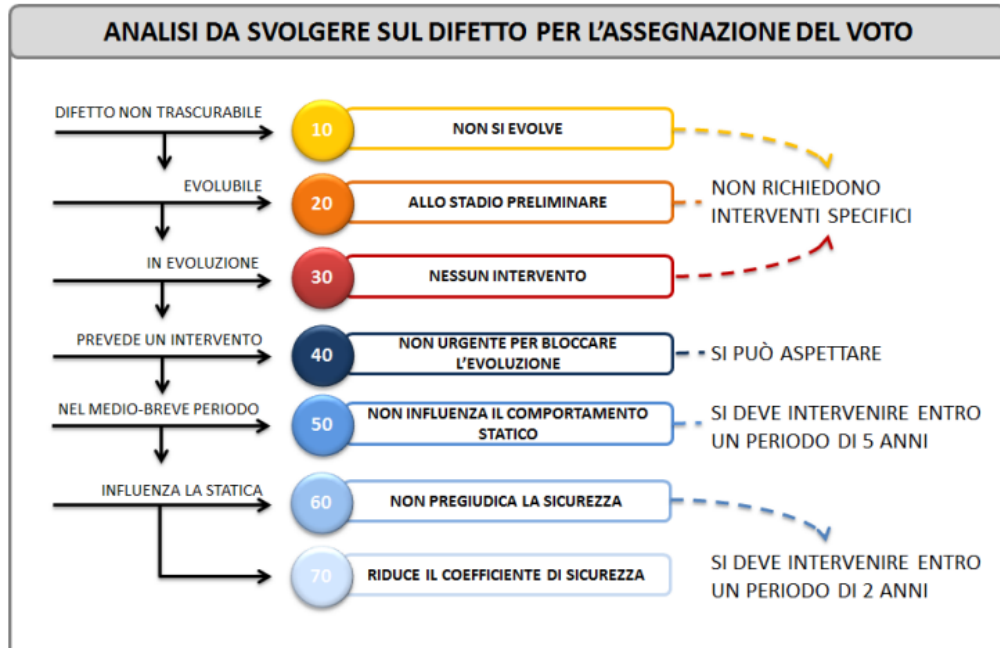
Ogni difetto appartiene ad una classe, ossia ad un determinato gruppo con caratteristiche comuni (TABELLA LEGENDA CLASSI DIFETTI).

TABELLA LEGENDA CLASSI DIFETTI

CLASSE	DESCRIZIONE	ARGOMENTO
A	Fondazioni	Strutture
B	Pile	
C	Spalle	
D	Archi	
E	Impalcati	
F	Appoggi	
G	Giunti	
app	Apparecchiature	Gruppi di strutture
e/v	Elementi verticali	
mur	Muratura	Materiale
acc	Acciaio	
cap	C.A.P.	
cls	Calcestruzzo	Tipo di difetto
arm	Armatura lenta	
les	Lesioni	
acq	Acqua	

Ad ogni difetto viene assegnato un voto che può andare da un minimo di 10 ad un massimo di 70, con il seguente significato per ciascuno dei voti:

- da 10 a 30: voti per difetti che non richiedono interventi,
- da 40 a 60: voti per difetti che non richiedono interventi a breve termine,
- per il voto 70 sono previsti dei provvedimenti immediati: quali limitazioni di traffico, fino alla chiusura della carreggiata, seguiti generalmente da interventi di tipo provvisorio e quindi da un intervento in somma urgenza. Assegnando il voto 70: il difetto provoca una riduzione dei coefficienti di sicurezza.



L'elenco completo dei difetti è riportato nella tabella seguente. I voti indicati sono quelli generalmente da assegnare, resta nelle facoltà dell'ingegnere attribuire un voto diverso se necessario.

TABELLA ELENCO E DESCRIZIONE DIFETTI

N.	CLASSE	DESCRIZIONE	VOTI MIN ÷ MAX
1	acq	Macchie di umidità	10 ÷ 20
2	cls	Cls ammalorato	20 ÷ 30
3	cls	Vespai	10
4	arm	Armatura ordinaria scoperta/ossidata	30 ÷ 50
5	les	Lesioni in corrispondenza staffe	20 ÷ 30
6	cap	Lesioni capillari ancoraggi	20
7	cap	Testate di ancoraggio non sigillate	30
8	E	Distacco tamponi testate	20 ÷ 40
9	cap	Lesioni su anima lungo i cavi	30 ÷ 41
10	cap	Lesioni lungo suola del bulbo	20 ÷ 30
11	cap	Guaine in vista	30 ÷ 41
12	cap	Guaine degradate e fili ossidati	43 ÷ 50
13	E	Fili aderenti in vista/ossidati	41 ÷ 50
14	les	Lesioni modeste e diffuse	10 ÷ 20
15	les	Lesioni verticali	20 ÷ 30
16	les	Lesioni diagonali	20 ÷ 30
17	E	Distacco travi-trasversi	20 ÷ 30
19	acc	Cricche di saldature	41 ÷ 60
20	acc	Sfogliamento vernice	10 ÷ 20
21	acq	Efflorescenze	10 ÷ 20
22	acc	Bulloni allentati/perni deformati	40 ÷ 60
23	acc	Bulloni/perni tranciati	40 ÷ 70
24	acc	Deformazioni anime/piattabande travi a T	40 ÷ 70
25	acc	Deformazioni pareti travi scolorari	40 ÷ 70
26	acq	Ristagni d'acqua	10 ÷ 20
27	acc	Lesioni nodi	40 ÷ 60
28	acc	Corrosione	40 ÷ 60
29	les	Lesioni ramificate e cls degradato	30 ÷ 50
30	les	Lesioni longitudinali	20 ÷ 30
31	acq	Tracce di scolo	10
32	les	Lesioni agli spigoli	20 ÷ 30
34	arm	Staffe scoperte/ossidate	30 ÷ 43
36	e/v	Fuori piombo	30 ÷ 60
37	e/v	Lesioni attacco pilastri	40 ÷ 50
39	les	Lesioni orizzontali	20 ÷ 30
40	A	Scalzamento fondazioni	30 ÷ 50
41	A	Rotazione longitudinale	41 ÷ 70
42	A	Rotazione trasversale	41 ÷ 70
43	A	Traslazione	41 ÷ 70
44	A	Abbassamento	41 ÷ 70
45	A	Tranciamento pali	60 ÷ 70
51	A	Disassamento dei cordoli	30 ÷ 43
52	A	Movimenti anomali dei giunti	30
53	mur	Lesioni lungo i letti di malta	20 ÷ 30
54	mur	Elementi di muratura mancanti o rotti	30 ÷ 50
55	F	Lesioni da schiacciamento	40 ÷ 60
56	les	Lesioni in corrispondenza ferri di armatura	20 ÷ 30
57	les	Lesioni caratteristiche in zona di appoggio	20 ÷ 30
58	F	Piastra di base deformata	10 ÷ 30
59	F	Ammaloramento pendoli in c.a.	20 ÷ 50

N.	CLASSE	DESCRIZIONE	VOTI MIN + MAX
60	F	Fuori piombo permanente dei pendoli	20 + 43
61	F	Invecchiamento neoprene	10 + 20
62	F	Deformazione orizzontale eccessiva neoprene	20 + 41
63	acc	Ossidazione	20 + 30
64	F	Ovalizzazione rulli	20 + 43
65	F	Fuori sede rulli	20 + 43
66	F	Schiacciamento/fuoriuscita neoprene	30 + 50
67	app	Bloccaggio	20 + 43
68	F	Preregolazione sbagliata	10
69	F	Deterioramento del teflon	20 + 40
70	app	Presenza di detriti	10
71	F	Schiacciamento/fuoriuscita lastra di piombo	20 + 30
72	les	Lesioni trasversali	20 + 30
74	D	Distacco del timpano	20 + 43
75	cls	Riprese successive deteriorate	10 + 40
76	G	Scossalina permeabile	10 + 20
77	G	Elemento tenuta assente o permeabile	10 + 20
79	G	Dislivello giunto-pavimentazione	10 + 20
80	G	Dislivello tra elementi contigui	10 + 30
81	G	Riparazioni provvisorie giunti	10
85	G	Massetti lesionati	10 + 20
86	G	Distacchi massetti	10 + 42
87	acc	Rottura di saldatura	50 + 70
88	acc	Rottura di profilati in acciaio	50 + 70
89	G	Ammaloramento profilati metallici	10 + 30
90	G	Distacco tampone	10 + 20
91	G	Deformazione tampone	10 + 30
92	G	Rottura elementi di continuità	20 + 42
93	G	Deformazione elementi di continuità	20 + 42
94	arm	Riduzione sezione armatura	43 + 70
95	cap	Riduzione sezione armatura di precompressione	50 + 70
96	e/v	Armatura verticale deformata	50 + 70
97	E	Lesioni longitudinali estradosso bulbo travi	30 + 40
98	cls	Distacco spigoli	30 + 43
100	-	Danni da urto	-
103	cap	Umidità dall'interno	30 + 40
104	cls	Riduzione sezione resistente del cls	50 + 70
106	E	Lesioni attacco trave-soletta	10 + 20
107	cap	Fuoriuscita barre di ancoraggio	50 + 70
108	E	Cls ammalorato testate	20 + 30
109	E	Armature scoperte/ossidate testate	30 + 50
110	cap	Guaine non intasate	40 + 43
111	G	Elemento tenuta assente o permeabile sul cordolo	10 + 20
112	cls	Degradazione interna (percuSSIONE con martello)	-
113	cls	Cls dilavato	10 + 20
114	cls	Fibre di carbonio non aderenti	20 + 43
115	cls	Fibre di carbonio tranciate	40 + 60
116	E	Precompressione esterna non efficace	50 + 70
117	G	Distacco rivestimento in gomma	10 + 20
118	G	Rottura tampone	20 + 42
123	G	Bulloni/perni tranciate o allentati nei giunti	10 + 42
126	acq	Ristagni acqua nei cassoni	20 + 43

Sono stati evidenziati i difetti che potrebbero segnalare un movimento franoso.

Il difetto va valutato percentualmente in base al rapporto tra la sua quantità in una determinata porzione della struttura e la dimensione totale della porzione stessa (estensione), ma anche valutato percentualmente riferendosi al punto in cui il difetto è più consistente (intensità).

Analizzandoli nel dettaglio è possibile rilevare (Schede difettologiche, Allegato C):

Scalzamento fondazioni



Tale difetto deve essere indicato qualora siano visibili parti delle fondazioni, sia che esse siano dirette o indirette, a causa dell'abbassamento della quota del terreno che le circonda. Per quanto concerne le fondazioni dirette, se si verifica il fenomeno, sia l'estensione sia l'intensità sono pari ad 1.

Per quanto riguarda le fondazioni su pali la valutazione del coefficiente di estensione è sempre pari ad 1, mentre l'intensità dello scalzamento può essere correlata all'altezza dello scalzamento (h_s) rispetto al nuovo piano di campagna e al diametro dei pali (d_p).

Le cause di un possibile scalzamento possono derivare dall'erosione del letto e delle sponde dell'alveo o del rilevato di approccio. L'erosione può essere causata da fenomeni meteorologici o dal trasporto solido dei corsi d'acqua, dall'abbassamento dell'alveo per variazioni nella direzione della corrente, o da escavazioni artificiali. Tali fenomeni sono favoriti in assenza di una corretta progettazione degli elementi, in particolare di una quota di imposta della fondazione non abbastanza profonda, o in presenza di pile con forma e orientamento inadeguati.

Nel caso in cui lo scoprimento delle fondazioni non è uniforme, la presenza di scalzamento può essere indice di movimenti indesiderati della fondazione, quali rotazione longitudinale e rotazione trasversale.

Per fondazioni profonde			
Estensione k_1	Sempre =1		
Intensità k_2	0,2 ($h_s/d_p < 1$)	0,5 ($1 < h_s/d_p < 3$)	1 ($h_s/d_p > 3$)
Per fondazioni superficiali			
Estensione k_1	Sempre =1		
Intensità k_2	Sempre =1		

Dilavamento del rilevato di appoggio



Il difetto si riferisce all'azione erosiva esercitata dalle acque meteoriche sul materiale costituente il rilevato di appoggio nella sua parte superficiale.

Tale fenomeno è dovuto principalmente all'errato o insufficiente smaltimento delle acque meteoriche. Generalmente è associato a carenze nel sistema nel loro convogliamento.

Estensione k_1	Sempre =1
Intensità k_2	Sempre =1

Dissesto del rilevato di appoggio – Deformazioni



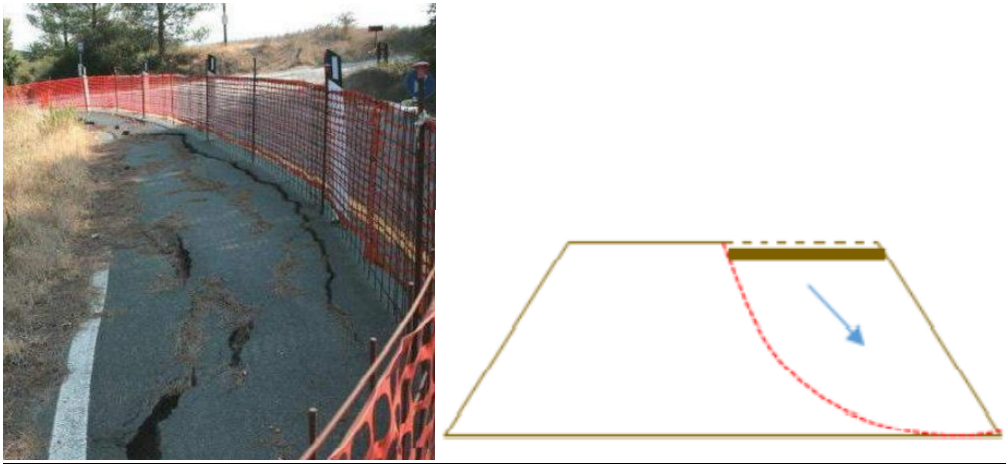
Il dissesto del rilevato rappresenta un'evoluzione dei cedimenti nel tempo eventualmente ancora in atto, con presenze di avvallamenti e cedimenti differenziali tra il rilevato e la struttura. Per quanto riguarda la valutazione del coefficiente di estensione, esso è sempre pari ad 1, mentre l'intensità può essere correlata distanza (d) intesa come altezza del gradino che si viene a formare.

Tale fenomeno è dovuto principalmente all'errata valutazione dei cedimenti ed al loro decorso nel tempo.

Generalmente è associato a modeste conseguenze sul rilevato. Tuttavia il fenomeno può comportare un aggravio dei carichi verticali sulle spalle (attrito negativo). Inoltre, il verificarsi di tale dissesto comporta motivi di pericolo per la circolazione.

Estensione k_1	Sempre =1		
Intensità k_2	0,2 ($d < 5\text{cm}$)	0,5 ($5\text{cm} < d < 15\text{cm}$)	1 ($d > 15\text{cm}$)

Dissesto del rilevato di approccio – Stabilità



Il dissesto del rilevato è conseguenza di movimenti gravitativi incipienti o in atto.

Tale fenomeno è dovuto principalmente a materiale del rilevato non idoneo e/o non ben compattato. Può essere causato anche da effetti della corrente del corso d'acqua sottostante (erosione della base della scarpata).

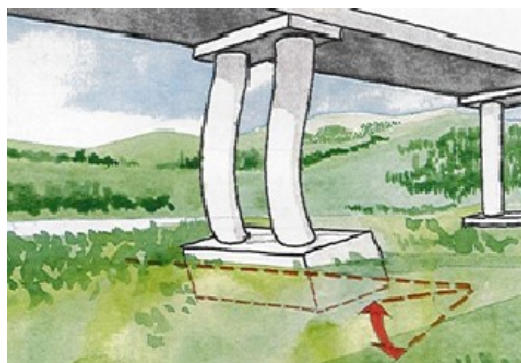
Generalmente non è associato a dissesti strutturali del ponte, ma solo a problematiche di circolazione stradale.

Estensione k_1	Sempre =1
Intensità k_2	Sempre =1

Movimenti di fondazione

Il difetto comprende:

- Rotazione longitudinale: rotazione della fondazione su un piano verticale passante per l'asse stradale;



- Rotazione trasversale: rotazione della fondazione su un piano verticale ortogonale all'asse stradale;



- Traslazione: spostamento della fondazione su un piano orizzontale;



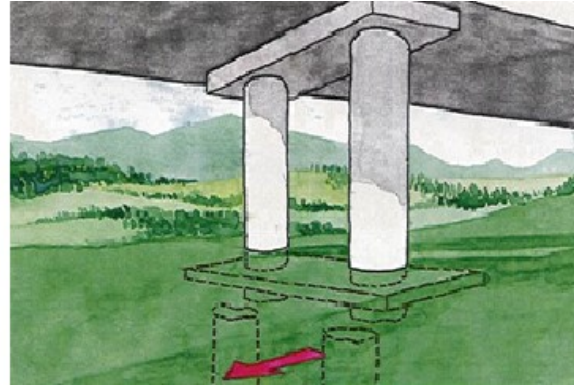
- Abbassamento: spostamento della fondazione su un piano verticale.



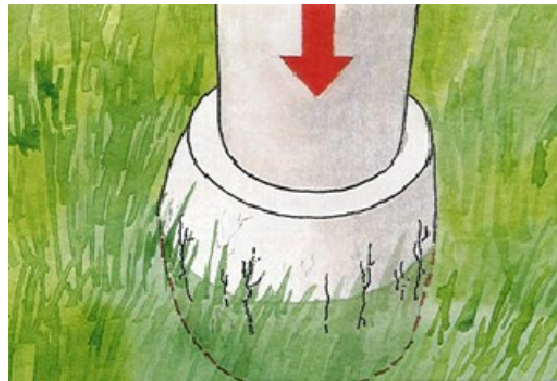
I movimenti di rotazione e abbassamento possono essere dovuti sia a cedimenti differenziali della fondazione o del terreno, causati da eventi naturali, sia a cedimenti strutturali delle fondazioni, legati ad errori in fase di esecuzione e progettazione, quali un'errata valutazione dei carichi. Nel caso di traslazione, il movimento è indotto da spinte nel terreno causate da eventi naturali.

Tutti i movimenti in fondazione sono difficilmente rilevabili, per cui occorre dedurne la presenza da fenomeni di degrado ad essi correlati, quali presenza di gradini o aperture

in corrispondenza dei giunti stradali, presenza di particolari lesioni se la struttura è iperstatica, eventuali fuori piombo degli elementi sostenuti. Nel caso di traslazione, occorre valutare, con indagini approfondite, se il movimento ha determinato il tranciamento dei pali per le sollecitazioni di flessione e taglio che il movimento genera su tali elementi.



- Schiacciamento pozzi o cassoni: rottura per sollecitazioni di pressoflessione dei pozzi o dei cassoni.



In generale, occorre sempre valutare se i movimenti abbiano creato rotture delle strutture di fondazione.

Estensione k_1	0,2 (appena presente)	0,5 (in qualche zona)	1 (ovunque)
Intensità k_2	0,2 (accennato)	0,5 (intenso)	1 (rilevante)

5.2 Ispezioni speciali

Nel caso in cui dall'ispezione risultino segnali riconducibili ad un movimento franoso, o si identifichi un rischio di frana "potenziale" che interessi direttamente o indirettamente l'opera, va da sé la necessità di ricorrere ad ispezioni speciali.

Tali ispezioni devono consentire di stabilire l'esistenza di uno stato di sofferenza dell'infrastruttura che si possa ricollegare alla interazione con il fenomeno franoso. Sono da considerarsi possibili segnali:

- Scalzamento delle fondazioni
- Rotazione longitudinale
- Rotazione trasversale
- Traslazione
- Abbassamento
- Tranciamento pali
- Disassamento cordoli
- Movimenti anomali dei giunti

In particolare, le informazioni acquisibili mediante le ispezioni visive di Livello 1 dovranno essere integrate con approfondimenti documentali, con prove in sito o con l'elaborazione di dati satellitari disponibili per l'area. Nel caso in cui questo supplemento di indagine riveli il coinvolgimento del ponte nel fenomeno franoso si procede con l'esecuzione diretta di valutazioni approfondite e di dettaglio di Livello 4. Qualora ciò non si verifichi, si procede, tenendo conto delle informazioni così acquisite, alla valutazione dei parametri primari e secondari relativi al rischio frane per l'assegnazione della CdA frane.

Risultano però indefinite dalla Norma le ispezioni e le valutazioni approfondite nel caso di rischio idrogeologico.

A titolo di esempio vengono citate alcune prove in situ: indagini dirette, sondaggi geognostici, preferibilmente a carotaggio continuo, ed indirette, quali prove geofisiche di sismica a rifrazione in onde P e SH, ovvero prove di sismica a riflessione qualora si vogliano anche ricercare motivi strutturali profondi.

6. Stima della CdA legata al rischio frane

Gli elementi raccolti dalla fase di censimento e dalla prima ispezione, sono strettamente correlati ai tre fattori volti a determinare la classe di attenzione: **pericolosità/suscettibilità, vulnerabilità, esposizione**, come schematizzato nella tabella sottostante.

Tabella 4.15. - Parametri primari e secondari per la determinazione di fattori di suscettibilità, vulnerabilità ed esposizione associati al rischio frane

	Parametri primari	Parametri secondari
Suscettibilità	Instabilità di versante (Magnitudo, Velocità, Stato di attività)	Incertezza di modello Misure di mitigazione
Vulnerabilità	Tipologia/robustezza del ponte e tipologia di fondazioni	Estensione dell'interferenza
Esposizione	Livello di TGM e luce della campata	Alternative stradali Tipologia di ente scavalcato Strategicità dell'opera

A differenza degli altri tipi di classe di attenzione si adotta il termine “suscettibilità” piuttosto che “pericolosità”, viste le difficoltà intrinseche alla definizione della probabilità di accadimento dell'evento. Questo perché si vuole fare riferimento alla sola previsione spaziale, trascurando la previsione di tipo temporale.

“Per la **suscettibilità** sono individuati tre parametri primari:

- 1- *magnitudo della potenziale frana, intesa come volume mobilizzabile,*
- 2- *la sua potenziale massima velocità di spostamento,*
- 3- *il suo stato di attività.*

Che valutano il livello di instabilità del versante (cinque livelli da “basso” ad “alto”), quest'ultimo è poi corretto in funzione dei parametri secondari, rispettivamente relativi al grado di affidabilità della valutazione e alla presenza (o meno) di misure di mitigazione e di controllo”.

“La **vulnerabilità** è stimata sulla base della tipologia strutturale (es: struttura iperstatica vs. isostatica) e dell'estensione dell'interferenza, che può interessare l'intera struttura o solo parte di essa, nonché della tipologia delle fondazioni”.

L'**esposizione** dipende dal livello di Traffico Giornaliero Medio, dalla presenza di alternative stradali, dalla tipologia di ente scavalcato e dalla strategicità dell'opera.

Si analizzano nel seguito i parametri primari e secondari finalizzati alla determinazione della CdA Frane.

6.1 Pericolosità/Suscettibilità

Il livello di pericolosità/suscettibilità legato al rischio frane dipende dall'ambito geomorfologico nel quale il ponte è inserito. È da intendere che nel caso in cui l'opera non presenti elementi di difettosità che possano ricondurre ad un movimento franoso, o sia collocata in un'area in cui tale rischio è assente, la CdA frane viene giudicata "Bassa" superando la determinazione dei parametri per la stima della suscettibilità.

Nel caso in cui, invece questo rischio sia da determinare, si procede con la valutazione dell'instabilità di versante, assegnando ai parametri P_A (o P_C), P_V e P_M i valori suggeriti dalle Linee Guida e deducibili dalle ispezioni di Livello 1:

- Parametro dello stato di attività per le frane riconosciute (P_A), o di grado di criticità per le frane potenziali (P_C)
- Parametro della massima velocità potenziale di spostamento in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale P_V
- Parametro della magnitudo, intesa come volume mobilizzabile P_M

La valutazione del livello di instabilità è quindi sviluppata sulla base della sommatoria dei valori associati ai tre parametri ovvero:

$$P = P_A + P_M + P_V \quad (\text{per frane riconosciute})$$

$$P = P_C + P_M + P_V \quad (\text{per frane potenziali})$$

Per frane potenziali il tecnico incaricato in fase di sopralluogo valuta un preliminare livello di criticità. Per questo parametro occorre aver cura di fare scelte cautelative, in funzione dei possibili cinematismi, delle loro evoluzioni e dei meccanismi di innesco, specialmente laddove possono manifestarsi eventi caratterizzati da fenomeni improvvisi e dotati di elevate energie d'impatto.

Sono di seguito riportate le tabelle indicate dalle Linee Guida per l'attribuzione dei valori associati ai parametri.

Stato di attività per le frane riconosciute o di grado di criticità per le frane potenziali

Frana riconosciuta (P_A)	Attiva al momento del rilievo o con segni di movimento in atto	Inattiva Non attiva da diversi cicli stagionali	Stabilizzata
Frana potenziale (P_C)	Altamente critica	Critica	Scarsamente critica
P_A o P_C	5	3	1

Al fine della determinazione del parametro dello stato di attività (P_A) è opportuno in fase di sopralluogo confermare l'attività di frane già riconosciute, distinguendo tra: attive (comprese quelle sospese o quiescenti), inattive o stabilizzate.

Massima velocità attesa in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale

	> 3 m/min	3 m/min – 1,8 m/h	1,8 m/h – 13 m/mese	13 m/mese – 1,6 m/anno	< 1,6 m /anno
	<i>Estremamente/molto rapida</i>	<i>Rapida</i>	<i>Moderata</i>	<i>Lenta</i>	<i>Estremamente/molto lenta</i>
P_V	5	4	3	2	1

Magnitudo attesa su base volumetrica in metri cubi

	> 10⁶	2,5 · 10⁵ - 10⁶	2,5 · 10⁵ – 10⁴	10² – 10⁴	< 5 · 10²
	<i>Estremamente/molto grande</i>	<i>Grande</i>	<i>Media</i>	<i>Piccola</i>	<i>Molto piccola</i>
P_M	15	12	9	6	3

I parametri vengono poi sommati determinando il parametro di instabilità di versante P:

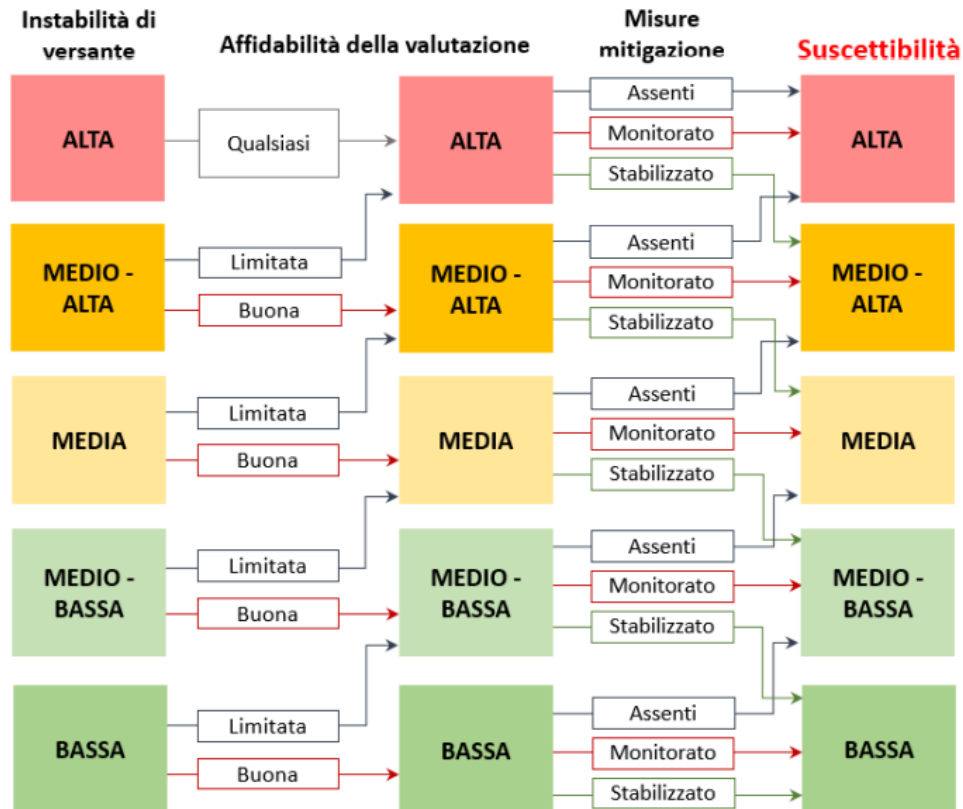
$P = P_A + P_M + P_V$ (frana riconosciuta)	Instabilità di versante
$P = P_C + P_M + P_V$ (frana potenziale)	
20 – 25	ALTA
16 – 19	MEDIO – ALTA
12 – 15	MEDIA
8 – 11	MEDIO – BASSA
5 – 7	BASSA

La classe di instabilità di versante sarà poi modificata in funzione di:

- Incertezza del modello
- Misure di mitigazione

Qualora il livello di conoscenza del cinematiso sia limitato è opportuno tenere conto dell'incertezza del modello. In particolare nel caso di frane potenziali è opportuno considerare un livello di conoscenza limitato. Inoltre, occorre considerare la presenza di sistemi di stabilizzazione, quali reti e gallerie paramassi, barriere per flussi detritici, interventi di drenaggio, strutture di sostegno, ecc.

La presenza o meno di suddetti parametri modifica la classe di suscettibilità come viene mostrato nel flusso:



6.2 Vulnerabilità

Alla base della definizione della vulnerabilità vi è la classificazione delle tipologie strutturali dei ponti che funzione della robustezza, ossia la capacità di resistere alle azioni generate nel movimento di frana. Sono quindi classificate in funzione di:

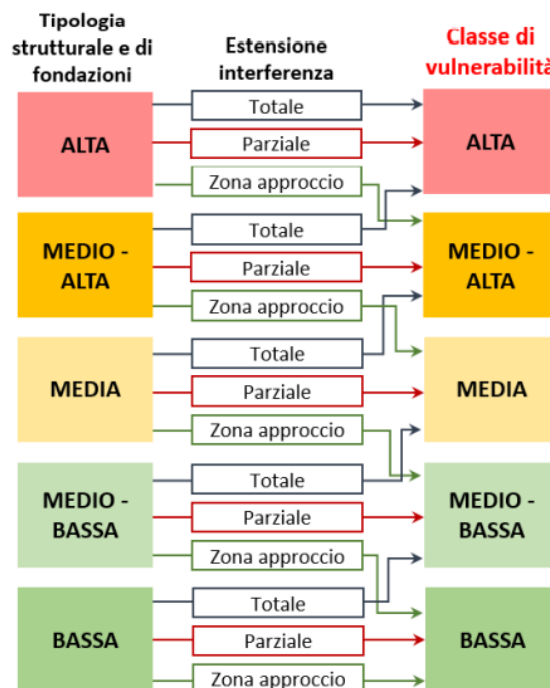
- Schema statico, luce e materiale distinguendo schemi iperstatici e luci medio-piccole ed elevate
- Numero di campate, distinguendo ponti a singola campata e ponti multi-campate

La tabella di riferimento adottata nelle Linee Guida è la stessa per la determinazione della CdA sismica:

		Schema isostatico		Schema iperstatico	
		L medio-piccola	L elevata	L medio-piccola	L elevata
C.A.	Singola campata	Media	Medio-alta	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
C.A.P.	Singola campata	Media	Medio-alta	-	-
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
Muratura	Singola campata	-	-	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	-	-	Medio-bassa	Media
Acciaio	Singola campata	Medio-bassa	Medio-bassa	Bassa	Bassa
	Multi-campata	Media	Media	Medio-bassa	Medio-bassa

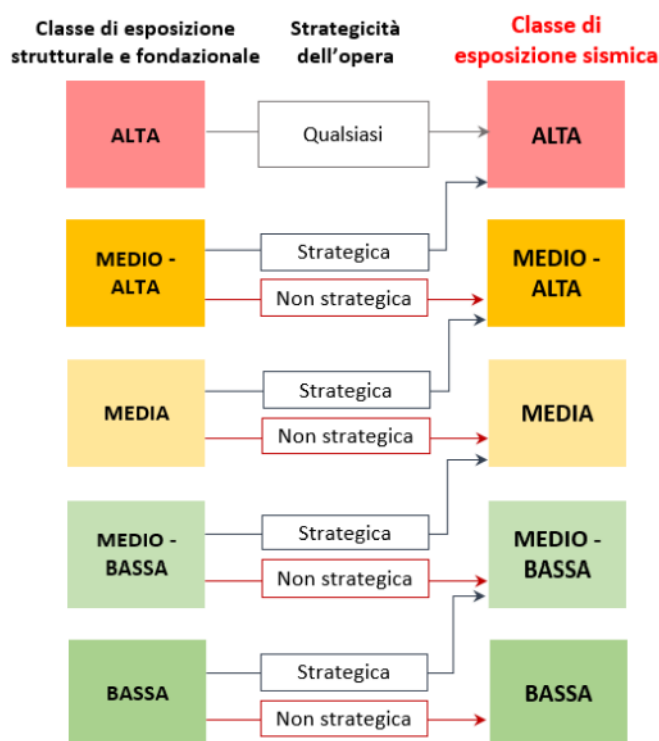
In riferimento al rischio frane, un dettaglio particolarmente rilevante è la tipologia di fondazioni di spalle e pile. Va valutato quindi, con particolare attenzione, in sede di ispezione o dalla documentazione originaria, lo schema resistente delle fondazioni alle azioni orizzontali. Per tale ragione, nel caso in cui ci si trovi in presenza di fondazioni superficiali, o comunque non progettate a resistere alle azioni orizzontali, occorre aumentare di un livello la classe di vulnerabilità definita in tabella.

La classe così determinata viene modificata dall'estensione dell'interferenza che indica il livello di coinvolgimento dell'opera nel movimento franoso. Questo livello anche se di non facile determinazione potrebbe condurre ad una classe di attenzione maggiorata, come è possibile vedere dal flusso seguente:



6.3 Esposizione

Il livello di esposizione è valutato come la classe di esposizione sismica, considerando il livello di TGM e la luce media della campata, la presenza di alternative stradali, la tipologia di ente scavalcato e la strategicità del ponte in caso di emergenza, combinati seguendo il flusso:



6.4 Stima della classe di attenzione frane a livello territoriale

Note le classi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione legate al rischio frana del ponte, vengono combinate secondo le tabelle sotto riportate per trovare la CdA frane definitiva:

Classe di suscettibilità ALTA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta			Medio-Alta	
	Medio-Alta	Alta		Medio-Alta		
	Media	Alta	Medio-Alta			
	Medio-Bassa	Medio-Alta				Media
	Bassa	Medio-Alta			Media	

Classe di suscettibilità MEDIO-ALTA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta	Medio-Alta			
	Medio-Alta	Medio-Alta			Media	
	Media	Medio-Alta			Media	
	Medio-Bassa	Medio-Alta		Media		
	Bassa	Medio-Alta	Media			

Classe di suscettibilità MEDIA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Medio-Alta			Media	
	Medio-Alta	Medio-Alta		Media		
	Media	Medio-Alta	Media			
	Medio-Bassa	Media				Medio-Bassa
	Bassa	Media			Medio-Bassa	

Classe di suscettibilità MEDIO-BASSA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Medio-Alta	Media			
	Medio-Alta	Media				Medio-Bassa
	Media	Media			Medio-Bassa	
	Medio-Bassa	Media		Medio-Bassa		
	Bassa	Media	Medio-Bassa			

Classe di suscettibilità BASSA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Media			Medio-Bassa	
	Medio-Alta	Media			Medio-Bassa	
	Media	Media	Medio-Bassa			
	Medio-Bassa	Medio-Bassa				Bassa
	Bassa	Medio-Bassa			Bassa	

7. Caso di studio: “Ponte Pagino” determinazione CdA frane

Come applicazione delle Linee Guida appena illustrate, si va ora a determinare la classe di attenzione legata al rischio frane del Ponte Pagino in località Furlo (PU).

Viene fatto un inquadramento generale, geologico e geomorfologico dell'area nella quale sorge il ponte ed elencate le caratteristiche principali dell'opera e successivamente determinata la CdA.

Emerge dal procedimento la carenza di informazioni, in particolar modo geotecniche, per l'assenza di documentazione disponibile dalla quale attingere per la scelta dei parametri.

7.1 Inquadramento



Dati generali

- Tipo di collegamento: strada statale 3 (SS3)
- Località: Villa Furlo di Pagino (PU)
- Coordinate: Lat. 43,658833, Long. 12,7348122
- Tipologia strutturale:
- Materiale impalcato: c.a.
- Periodo di costruzione*:

- Norma di progetto**:
- Morfologia territorio circostante (connesso a rischio frana): pendii ripidi, ambiente in stato di erosione fluviale.
- Tipologia ente scavalcato: fiume Candigliano

Caratteristiche dell'opera e del territorio circostante

- Luce complessiva ponte: 361,7m
- Larghezza della carreggiata:
- N° corsie: 2
- N° campate: 11

Il ponte è a servizio della strada SS3.

Si tratta di un ponte... (descrizione tipologia strutturale, schema statico, materiali)

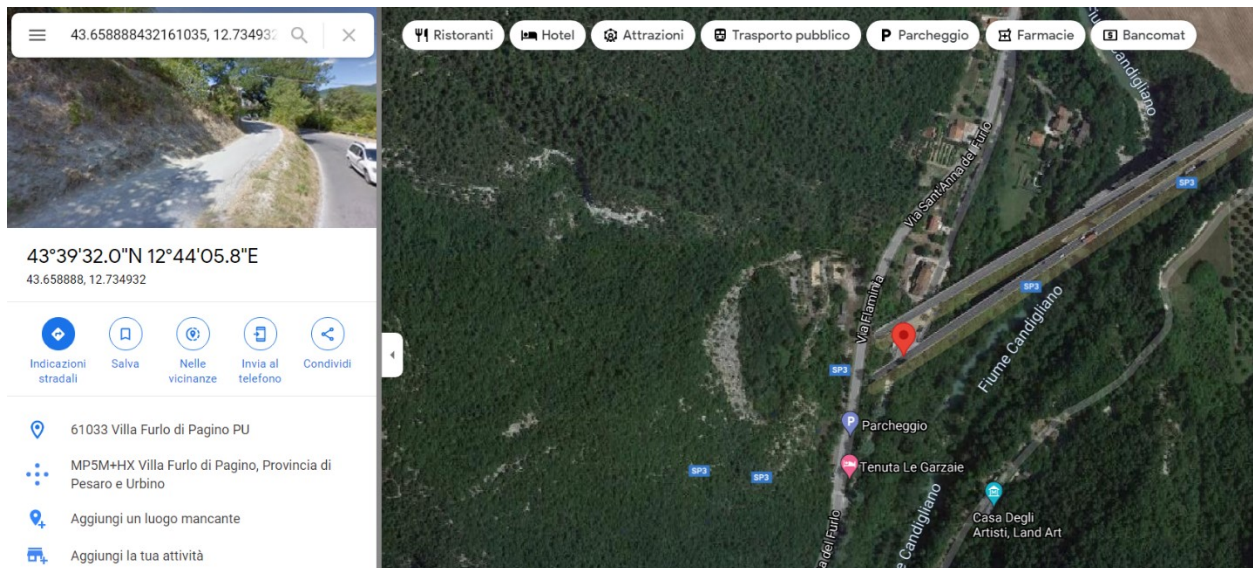
Il sito dove sorge la struttura è di natura montuosa, con pendii ripidi e rocciosi

Caratteristiche principali idraulica

Caratteristiche geotecniche

➤ Documentazione reperita

Stralcio Cartografico: Immagini Satellitari da Google Maps e Google Earth.



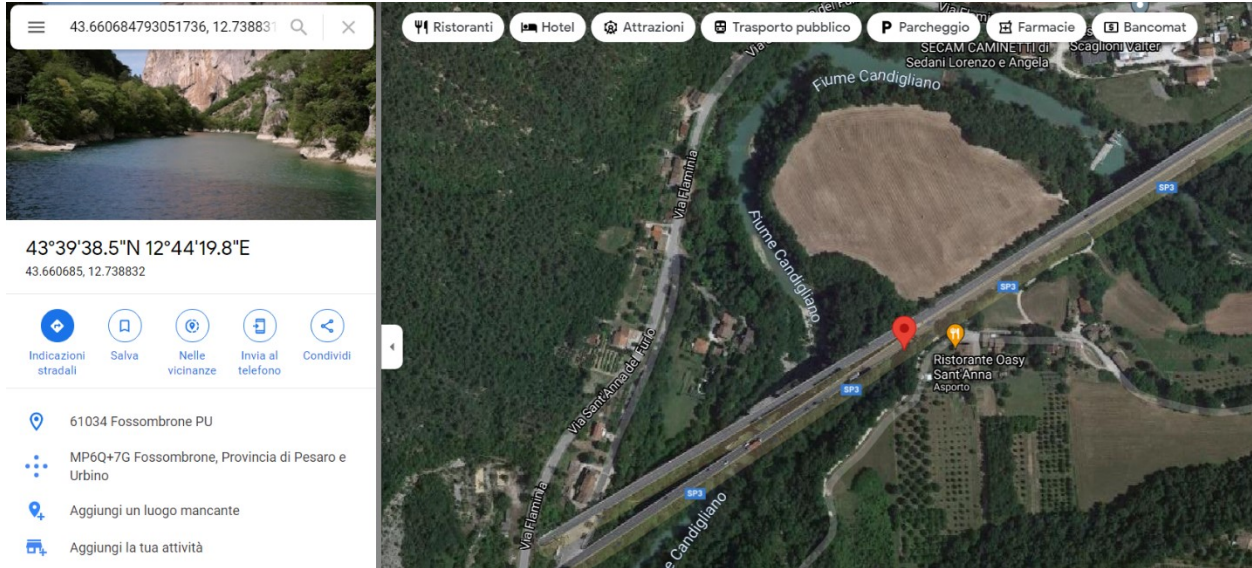


Fig. 7.1: Localizzazione dell'infrastruttura (da Google Maps)

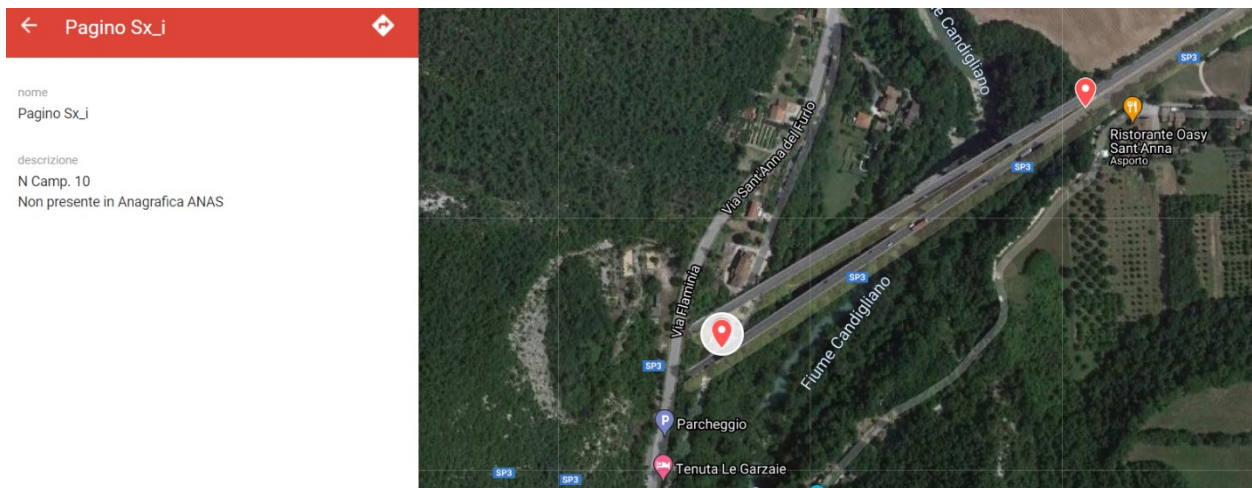




Foto 7.2: Vista verso valle, in prossimità della spalla (Google Maps, street view).



Foto 7.3: Vista verso monte (Google Maps, street view).



Foto 7.4: Vista verso monte (Google Earth).

- Contesto geologico: Carta geologica regione Marche. Foglio 280, Fossombrone. (Dalla relazione geologica Ispra)

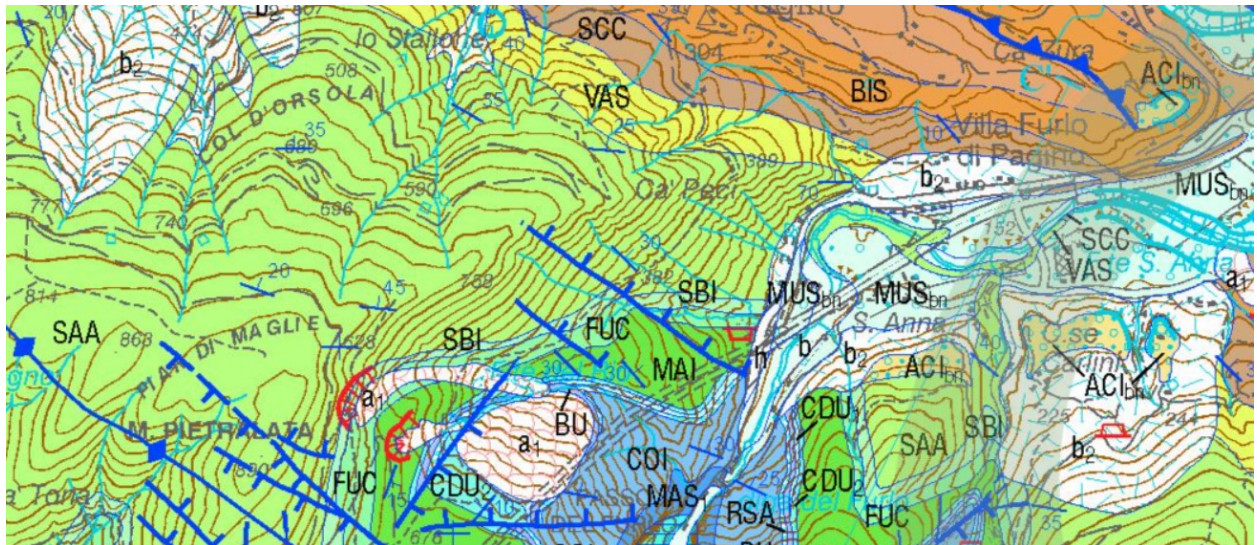


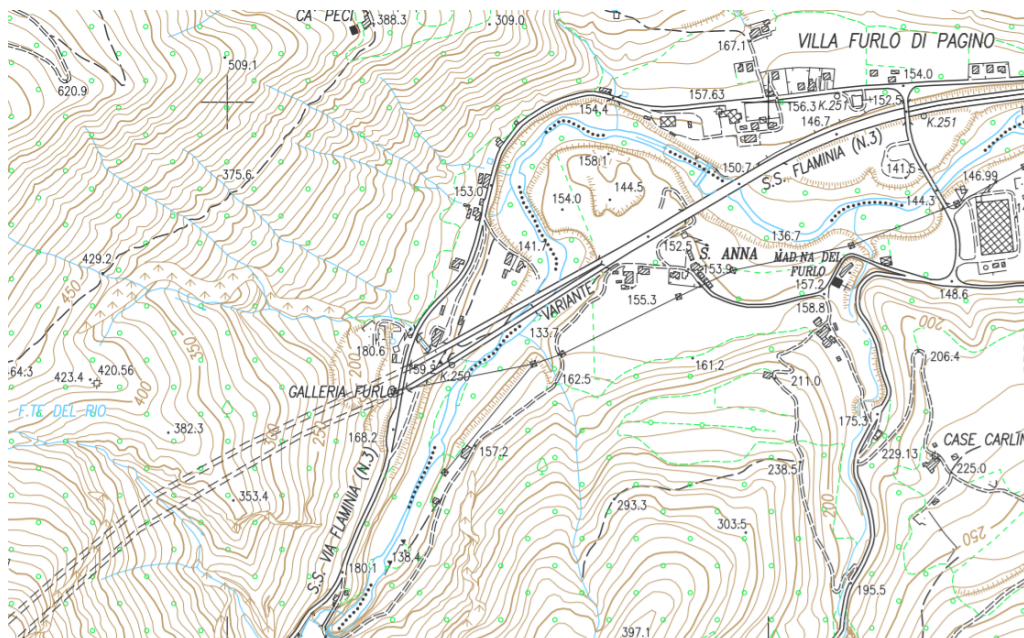
Fig. 7.5: Ispra, Carta geologica Marche scala 1:50000, Foglio 280, Fossombrone. Dettaglio “ponte Pagino”.

L'area nella quale si trova l'opera è ricca di faglie. Nei principali lineamenti tettonici della struttura Monte Pietralata-Monte Paganuccio, si riconosce sul lato nord-orientale della struttura, la presenza di un importante retroscorrimento. In particolare nel fianco N-E dell'anticlinale nella cava di S. Anna sono visibili piani di taglio N-S con tettoglifi che indicano trascorrenze destre.

- Uso del suolo (area potenzialmente coinvolta): bosco castagno.
- Contesto Geomorfológico e caratteristiche principali del dissesto:

L'opera è ubicata nella valle del Fiume Candigliano, affluente del Metauro. In una zona con altimetria tra 180m e 160m s.l.m. L'area è compresa tra i versanti di rilievi montuosi. Più precisamente si trova ai piedi del monte Pietralata e rappresenta l'imbocco alla galleria che attraversa il monte stesso. A monte dell'opera, seguendo il fiume Candigliano è ubicata la diga del Furlo. Nell'area l'azione della gravità ha prodotto forme e depositi. Coltri detritiche, talora della potenza di qualche metro, si sviluppano lungo i versanti più acclivi del Monte Pietralata. Queste coltri detritiche, talora parzialmente cementate, mostrano condizioni di notevole instabilità in corrispondenza di linee di impluvio particolarmente incise. In quest'area dove maggiore è l'estensione delle formazioni calcaree e calcareo-marnose, i movimenti franosi risultano meno frequenti, ma talora con estensione areale notevole. Si tratta di movimenti generalmente complessi, tipo scorrimento e crollo, impostati su versanti ripidi con strati a franapoggio o a traverpoggio (chiusura periclinale e fianchi delle anticlinali)

All'area sovrastante l'imbocco della galleria appartengono diverse linee di impluvio che appaiono canalizzate.



- Unità fisiografica: montuosa
- Morfologia del sito: pendio ripido (pendenza media=45°)
- Confinamento alveo: alveo confinato e regimentato

Scheda Rischio Frane

- documentazione disponibile

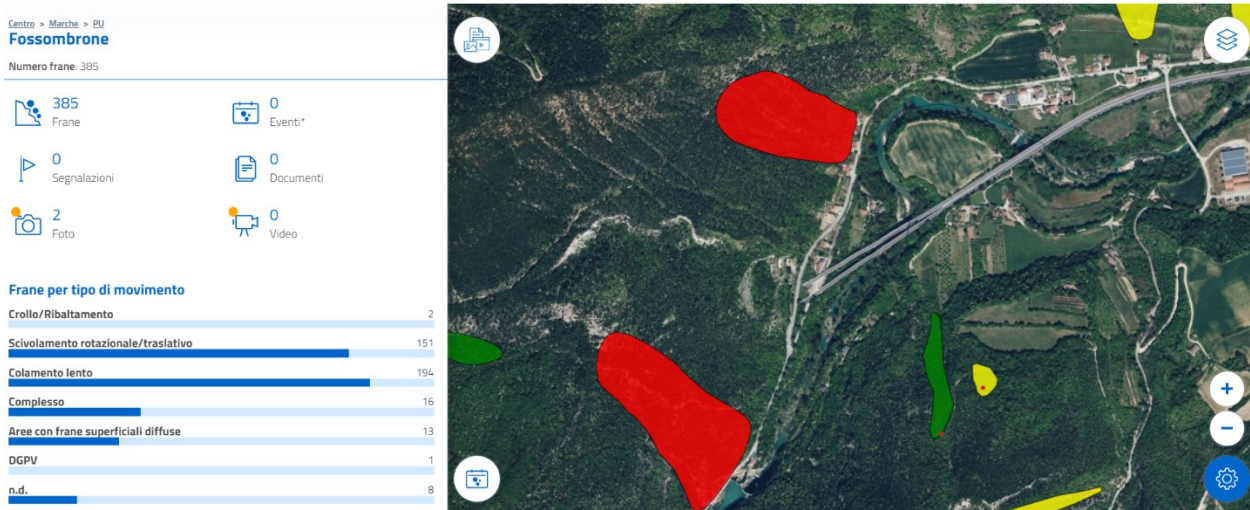


Fig. 7.7- Rischio Frane, Inventario I.F.F.I.

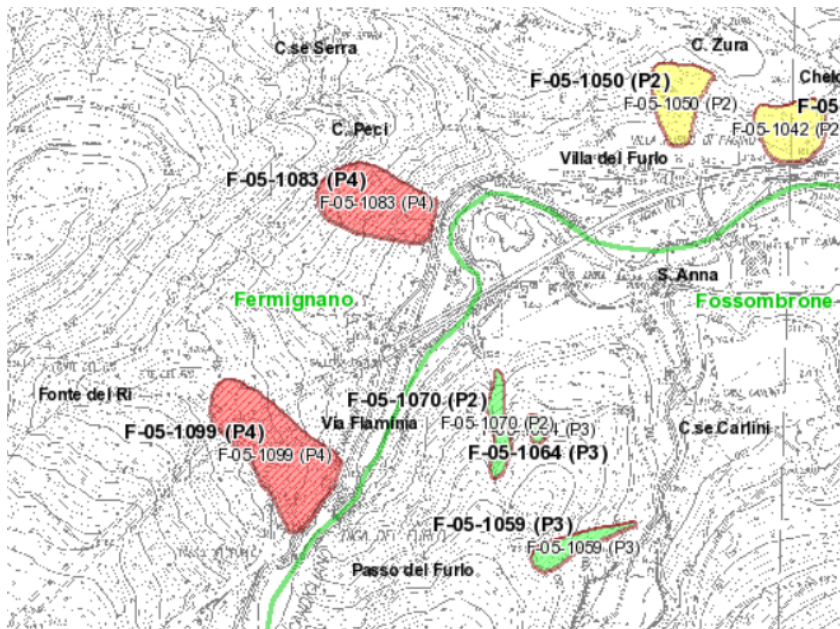


Fig. 7.8- Rischio Frane, cartografia PAI

- Condizione di pericolosità/rischio cartografia PAI: area non in dissesto

7.2 Classe di attenzione Frane

7.2.1 Suscettibilità

Come indicato nelle LLGG la valutazione della suscettibilità da frana viene definita sulla base dei dati acquisiti durante l'ispezione di primo livello, e quindi dei valori assegnati ai parametri primari e secondari che sono legati alle incertezze di modello e alla presenza o meno di misure di mitigazione.

I tre *parametri primari* ritenuti di specifica importanza nel caso di ponti e di viadotti sono:

- 1) parametro dello *stato di attività* per le frane riconosciute (P_A), o di *grado di criticità* per le frane potenziali (P_C).
- 2) parametro della *massima velocità* potenziale di spostamento in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale P_V ;
- 3) parametro della *magnitudo*, intesa come volume mobilizzabile P_M .

- Stato di attività / Grado di criticità: frana potenziale scarsamente critica

Sulla base dei dati acquisiti, alla frana viene attribuito un **Pc pari a 1**.

Note: Sulla base dei dati ricavati da eventi segnalati nei cataloghi di rischio frana, non si esclude che il ponte possa essere interessato parzialmente da un movimento franoso analogo a quello riscontrato nelle immediate vicinanze sullo stesso versante.

Stato di attività per le frane riconosciute o di grado di criticità per le frane potenziali

Frana riconosciuta (P_A)	Attiva al momento del rilievo o con segni di movimento in atto	Inattiva Non attiva da diversi cicli stagionali	Stabilizzata
Frana potenziale (P_C)	Altamente critica	Critica	Scarsamente critica
P_A o P_C	5	3	1

- Massima velocità attesa: Il tipo di movimento riscontrato nelle immediate vicinanze, segnalato dalla cartografia I.F.F.I. e PAI, rientra nella categoria del crollo/ribaltamento. Secondo la tabella proposta in letteratura la velocità suggerita per questo tipo di movimento risulta essere “estremamente rapido” o “molto rapido”. Per questo motivo alla frana potenziale viene attribuito un **P_v** pari a 5.

Tabella B.2 – Scala di intensità delle frane basata sulla velocità e sul danno prodotto (Cruden e Varnes, 1996)

Classe	Descrizione	Danni osservabili	Velocità	(m/s)
7	<i>Estremamente rapido</i>	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.	5 m/s	5
6	<i>Molto rapido</i>	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.	3 m/min	$5 \cdot 10^{-2}$
5	<i>Rapido</i>	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.	1,8 m/h	$5 \cdot 10^{-4}$
4	<i>Moderato</i>	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute.	13 m/mese	$5 \cdot 10^{-6}$
3	<i>Lento</i>	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se il movimento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.	1,6 m/anno	$5 \cdot 10^{-8}$
2	<i>Molto lento</i>	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	16 mm/anno	$5 \cdot 10^{-10}$
1	<i>Estremamente lento</i>	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni.	-	-

Tipologia	Crollo	Scivolamento				Colamento		
Materiale	roccia	roccia	detrito	terra	roccia	detrito	terra	
Stato di attività	-	N	R		N	R	-	
Classe di velocità	6 - 7	5-6	1-5	1-6	5-6	1-5	1-2	
							1-7	
							1-4	

Massima velocità attesa in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale

	> 3 m/min	3 m/min – 1,8 m/h	1,8 m/h – 13 m/mese	13 m/mese – 1,6 m/anno	< 1,6 m /anno
	<i>Estremamente/molto rapida</i>	<i>Rapida</i>	<i>Moderata</i>	<i>Lenta</i>	<i>Estremamente/molto lenta</i>
<i>P_v</i>	5	4	3	2	1

- Magnitudo: Il valore della magnitudo su base volumetrica è di difficile determinazione, in quanto il volume della massa che è potenzialmente instabile è a noi sconosciuto. Nell'ipotesi cautelativa di una frana di crollo con volume notevole si assume una magnitudo estremamente grande attribuendo in questo modo al parametro P_M un valore di 15.

Magnitudo attesa su base volumetrica in metri cubi

	$> 10^6$	$2,5 \cdot 10^5 - 10^6$	$2,5 \cdot 10^3 - 10^4$	$10^2 - 10^4$	$< 5 \cdot 10^2$
	Estremamente/molto grande	Grande	Media	Piccola	Molto piccola
P_M	15	12	9	6	3

Instabilità di versante: come indicato nelle LLGG, la valutazione del livello di instabilità è data dalla sommatoria dei valori associati ai tre parametri ovvero $P = P_C(1) + P_V(5) + P_M(15) = 21$, da cui si deduce che l'instabilità di versante è Alta.

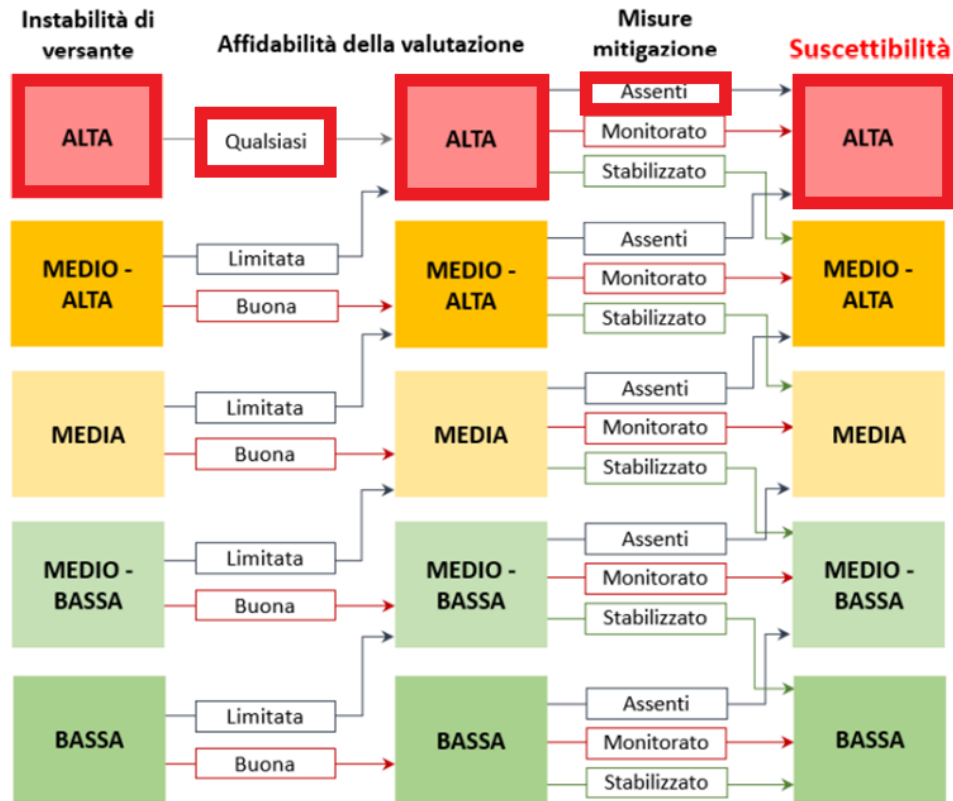
$P = P_A + P_M + P_V$ (frana riconosciuta) $P = P_C + P_M + P_V$ (frana potenziale)	Instabilità di versante
20 – 25	ALTA
16 – 19	MEDIO – ALTA
12 – 15	MEDIA
8 – 11	MEDIO – BASSA
5 – 7	BASSA

Al fine di giungere ad una corretta valutazione della suscettibilità dell'opera si valutano i parametri secondari che sono:

- 1) Incertezza di modello: nelle schede riportato come *Affidabilità complessiva della valutazione*
- 2) *Misure di Mitigazione*

Nello specifico i valori assegnati per il ponte in oggetto sono:

- Affidabilità complessiva della valutazione: limitata
- Misure di mitigazione: assenti



Sulla base di questi valori la classe di suscettibilità è **Alta**.

7.2.2 Vulnerabilità

La vulnerabilità dipende dalla *tipologia strutturale*, dalla *tipologia di fondazione* e dall'*estensione dell'interferenza*.

I parametri primari per la valutazione della vulnerabilità sono:

1) *tipologia/robustezza del ponte*, che a sua volta dipende da: **a)** schema statico, luce e materiale distinguendo schemi iperstatici e schemi isostatici e luci medio-piccole e elevate; **b)** numero di campate, distinguendo ponti a singola campata da ponti multi-campate. Per il Ponte Pagino non si ha documentazione disponibile che possa attestare lo schema resistente della struttura, ma a causa della luce di campata più lunga = 32,5m, la classe può ricadere da quella Media a quella Alta.

2) *tipologia di fondazioni di spalle e pile*, specialmente in relazione alla loro capacità di resistere alle azioni orizzontali. Per tale ragione, nel caso in cui ci sia evidenza, dalla documentazione originaria disponibile e/o dalle ispezioni visivi effettuate, di presenza

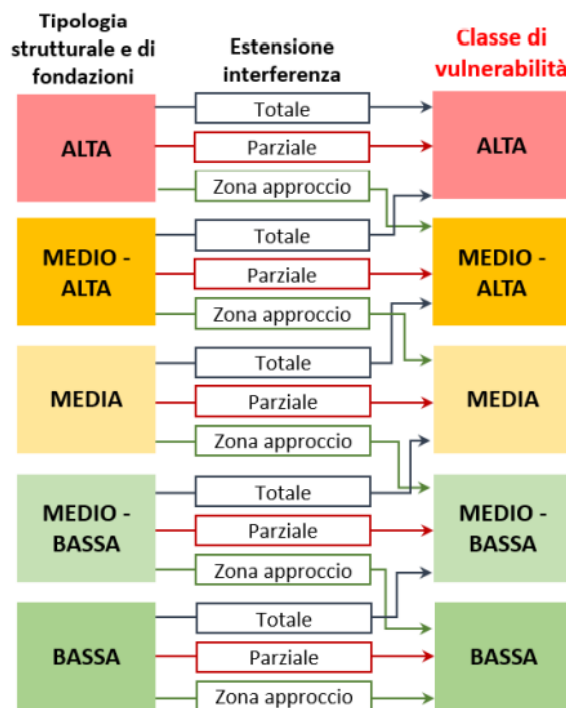
di fondazioni superficiali o comunque non progettate per resistere alle azioni orizzontali, occorre aumentare di un livello la classe definita in Tabella 4.13 delle LLGG. Il Ponte Pagino è un ponte a luce elevata, multi-campata ma non si hanno informazioni documentali per quanto riguarda lo schema resistente e la tipologia di fondazioni dunque si considerano le diverse opzioni:

- schema isostatico (probabile per la data di costruzione), c.a. (Alta)
- schema iperstatico, luce elevata, c.a (Medio-Bassa)

		Schema isostatico		Schema iperstatico	
		L medio-piccola	L elevata	L medio-piccola	L elevata
C.A.	Singola campata	Media	Medio-alta	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
C.A.P.	Singola campata	Media	Medio-alta	-	-
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
Muratura	Singola campata	-	-	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	-	-	Medio-bassa	Media
Acciaio	Singola campata	Medio-bassa	Medio-bassa	Bassa	Bassa
	Multi-campata	Media	Media	Medio-bassa	Medio-bassa

Anche in questo caso la classe è incerta tra Alta o Media.

➤ Estensione dell'interferenza: parziale (spalle o pile)



Valutazione finale della vulnerabilità: **Media o Alta.**

7.2.3 Esposizione

L'esposizione dipende da *TGM*, *luce media campata*, *presenza di alternative stradali*, *ente scavalcato*, *strategicità del ponte*. Queste informazioni sono processate secondo quanto disposto nelle LLGG. L'esposizione legato al rischio frane si valuta prescindendo dal parametro "trasporto merci pericolose".

Livello di TGM e Luce media campata

Risulta:

- TGM = non noto ma appartiene ad una strada a media percorrenza
- luce media campata = 32 m = grande luce

	Alta	Media	Bassa
	≥ 25000 veicoli/giorno	10000 < veicoli /giorno < 25000	≤ 10000 veicoli/giorno

	Livello di TGM		
Luce media della campata	Alta	Media	Bassa
Grande luce	Alta	Medio-Alta	Media
Media luce	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa
Piccola luce	Media	Medio-Bassa	Bassa

La classe di esposizione risulta: Medio-Alta.

- Presenza di alternative stradali:

Alternative stradali

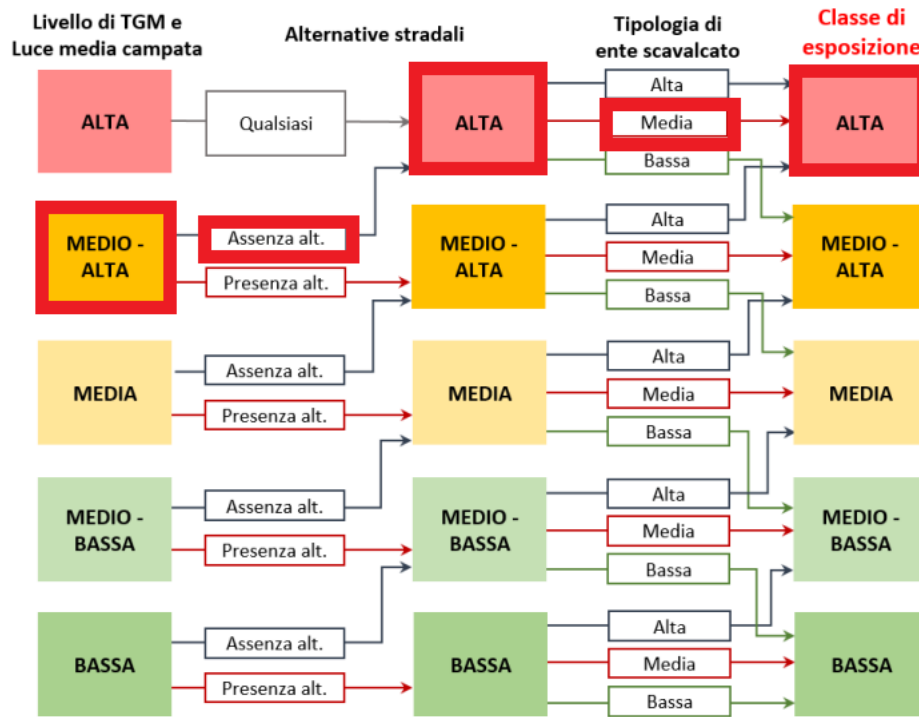
La possibile chiusura o le limitazioni di traffico sul ponte causano inevitabili disagi alle economie locali. Tali disagi sono contenuti nel caso siano individuati itinerari stradali adeguati su cui eventualmente deviare i flussi di traffico. È pertanto considerata la presenza e l'adeguatezza, in termini di costi, tempo e distanze, delle alternative stradali percorribili in caso di chiusura del ponte. La classe identificata sulla base di livello di TGM e luce media della campata, quindi, aumenta se non sono presenti alternative stradali adeguate (vedi *Figura 4.3*), in quanto il ponte acquisisce una maggiore importanza strategica per il corretto funzionamento del sistema viario ed è pertanto necessario preservarne l'efficienza ed evitare quanto più possibile crolli o perdite di funzionalità. Le informazioni necessarie per valutare tale fattore sono deducibili da studi trasportistici specifici, qualora disponibili, inclusi nel censimento di Livello 0. Nel caso in cui non siano disponibili dati sufficienti, si considera il caso di "assenza di alternative" per procedere in via cautelativa.

Non sono presenti alternative stradali in quanto la frana che potrebbe investire il ponte, coinvolgerebbe anche la via Flaminia alternativa stradale alla SS3.

- Tipologia di ente scavalcato:

ALTA	Ente scavalcato il cui uso preveda affollamenti significativi e/o con funzioni pubbliche e sociali essenziali e/o la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e/o enti di elevato valore naturalistico, economico e sociale (Ferrovia, zona edificata/antropizzata, strade a viabilità primaria, etc.)
MEDIA	Ente scavalcato il cui uso preveda normali affollamenti, senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza e/o enti con limitato valore naturalistico, economico e sociale (strade a viabilità secondaria, corsi d'acqua, laghi, specchi d'acqua marini, etc.)
BASSA	Ente scavalcato con presenza occasionale di persone e privi di valore naturalistico, economico e sociale (discontinuità naturali, depressioni del terreno, etc.)

Il ponte passa sopra il fiume Candigliano, dunque viene attribuita una classe Media.



Valutazione della classe di esposizione: Alta.

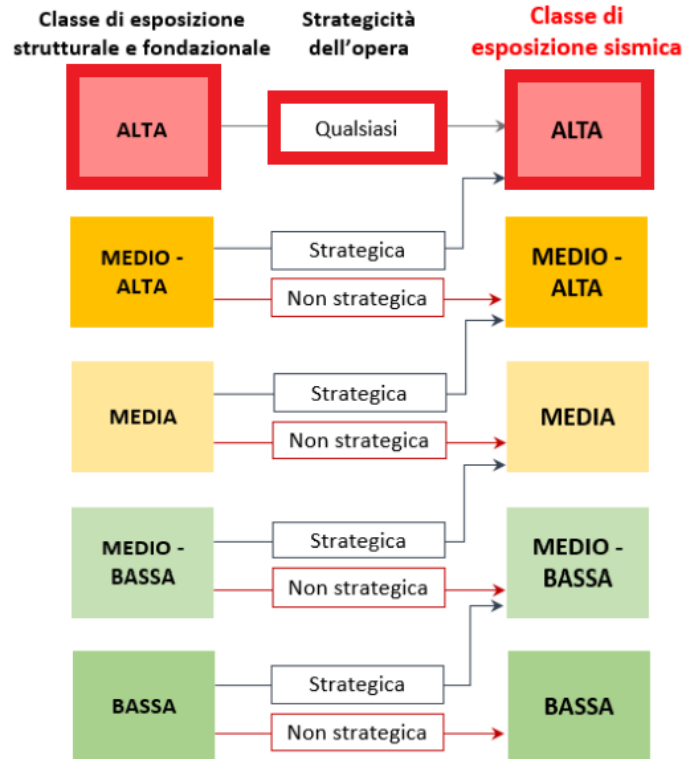
- Strategicità dell'opera:

Strategicità dell'opera

Le opere considerate di interesse strategico, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, devono avere una più elevata priorità, in quanto è necessario garantirne l'efficienza in caso di emergenza.

A tal fine, la classe identificata secondo gli altri parametri aumenta, come riportato in *Figura 4.6*, nel caso in cui il ponte rientri tra le opere ritenute di interesse strategico per le emergenze a seguito di un evento sismico (con riferimento alle Condizioni Limite di Emergenza) o, in altre parole, se rientra nelle classi d'uso III o IV. Tali opere sono espressamente indicate dalla protezione civile o dall'ente amministrativo competente.

L'opera rappresenta una via preferenziale e di interesse strategico per le emergenze.



La classe di esposizione risultante è: **Alta**.

7.2.4 Determinazione della classe di attenzione frane

Classe di suscettibilità ALTA

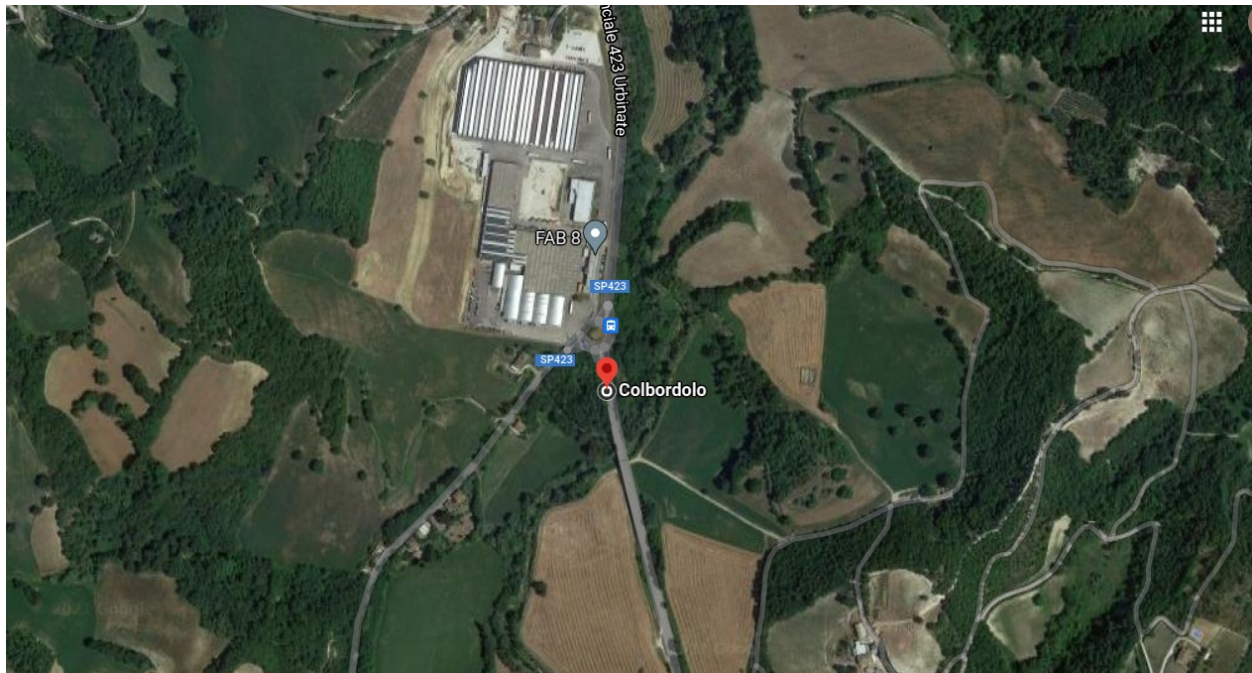
		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta			Medio-Alta	
	Medio-Alta	Alta		Medio-Alta		
	Media	Alta	Medio-Alta			
	Medio-Bassa	Medio-Alta				Media
	Bassa	Medio-Alta			Media	

La classe di attenzione definitiva risulta essere **Alta**.

8. Caso di studio: ponte “Ca’ La Balia” determinazione CdA Frane

Come secondo esempio viene svolta l’analisi CdA frane del ponte Ca’ la Balia in località Gallo (PU). Anche in questo caso non è stato possibile svolgere il sopralluogo, dunque i parametri richiesti sono stati ricavati esclusivamente dalla cartografia disponibile per l’area.

8.1 Inquadramento



Dati generali

- Tipo di collegamento: strada provinciale 423 (SP423)
- Località: Gallo (PU)
- Coordinate: Lat. 43,7935664, Long. 12,7234783
- Tipologia strutturale: a travata appoggiata agli estremi
- Materiale impalcato: c.a.p.
- Periodo di costruzione: 1999
- Norma di progetto: NTC 1996

- Morfologia territorio circostante (connesso a rischio frana): collinare
- Tipologia ente scavalcato: torrente Apsa

Caratteristiche dell'opera e del territorio circostante

- Luce complessiva ponte: 231 m
- Larghezza della carreggiata: 13m
- N° corsie: 2
- N° campate: 7

Il ponte è a servizio della strada SP423.

Si tratta di un ponte a travate appoggiate in c.a., multi-campata di luce=33m.

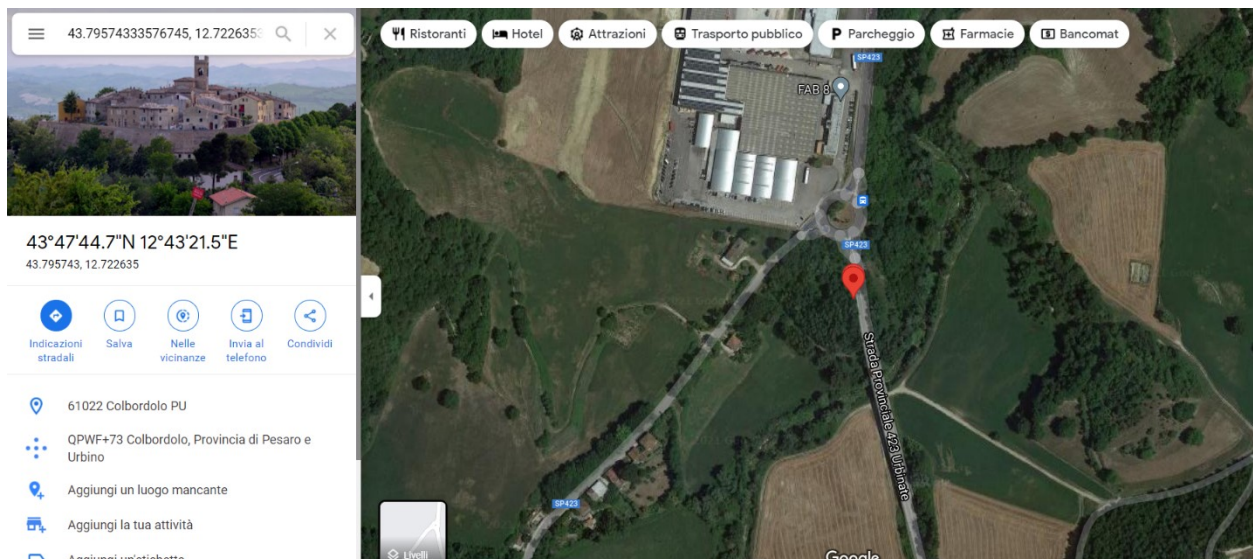
Il sito dove sorge la struttura è caratterizzato da pendii dolci

Caratteristiche principali idraulica

Caratteristiche geotecniche

➤ Documentazione reperita

Stralcio Cartografico: Immagini Satellitari da Google Maps e Google Earth.



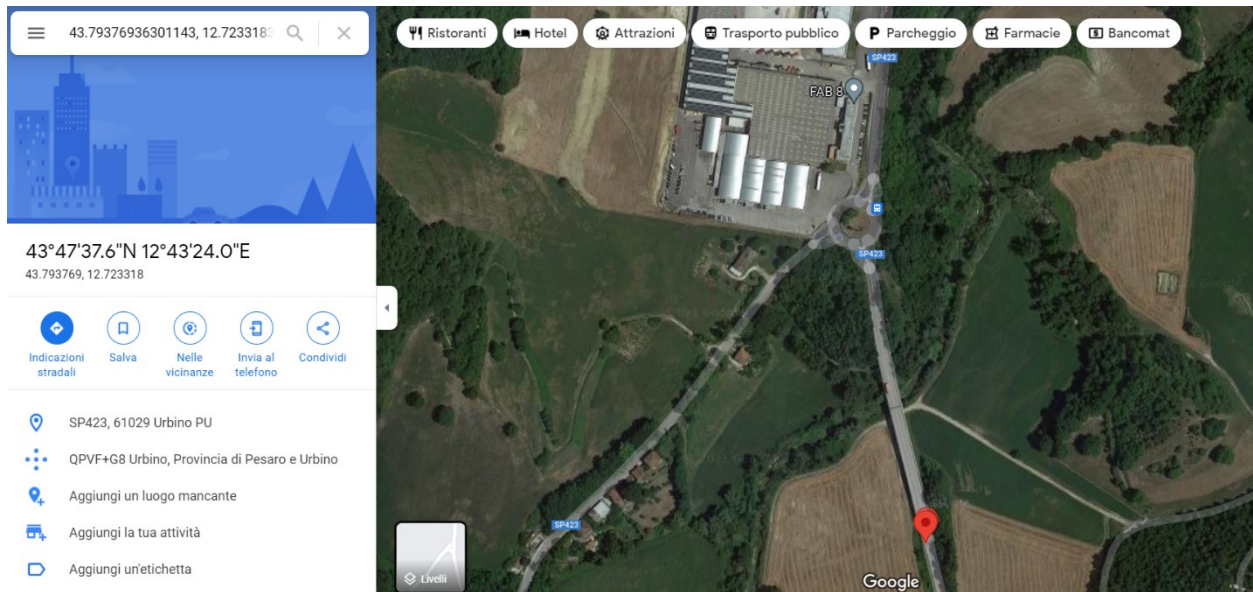


Fig. 8.1: Localizzazione dell'infrastruttura (da Google Maps)





Foto 8.2: Vista verso monte, in prossimità della spalla (Google Maps, street view).

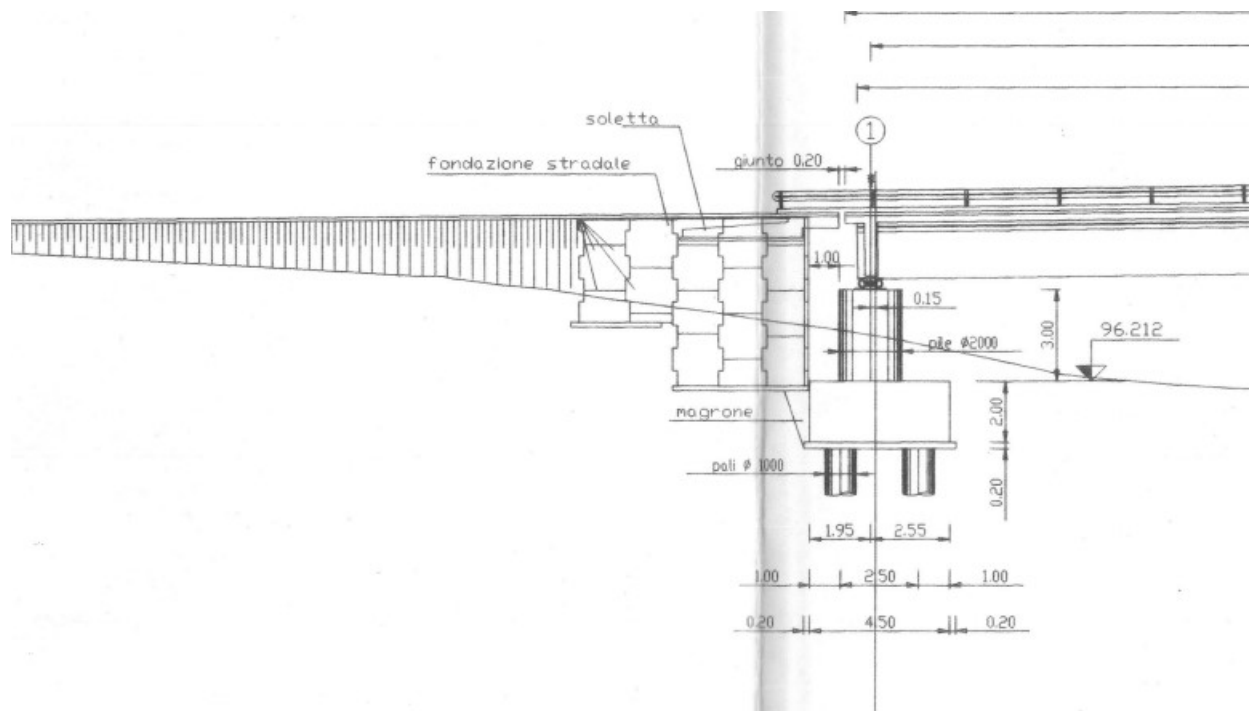


Foto 8.3: Vista verso valle (Google Maps, street view).

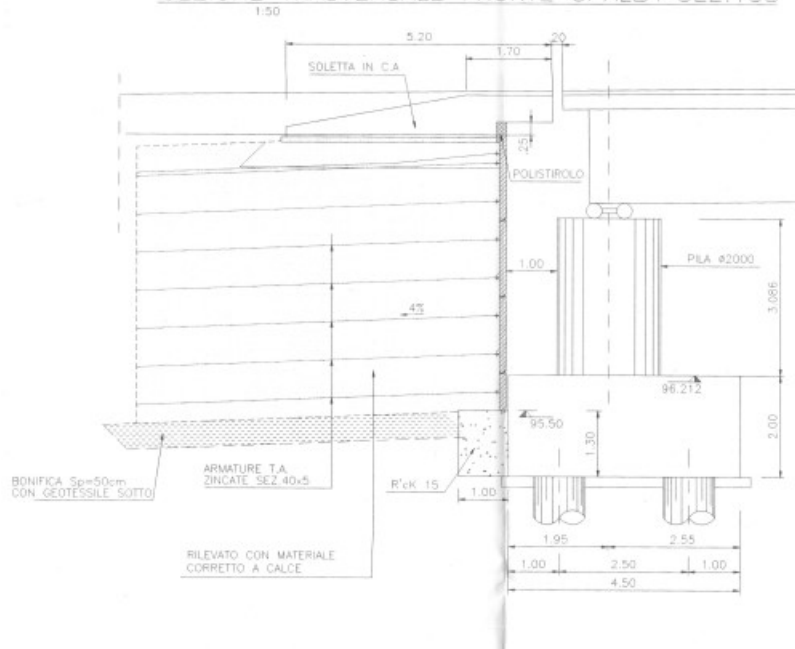


Foto 8.4: Vista 3D (Google Earth).

Profilo longitudinale: dettaglio spalla, pile e fondazioni

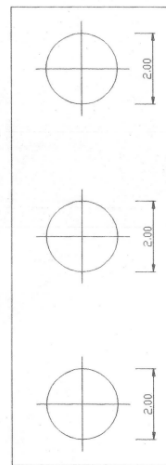
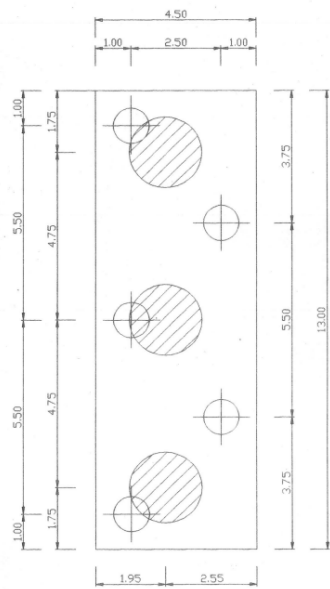


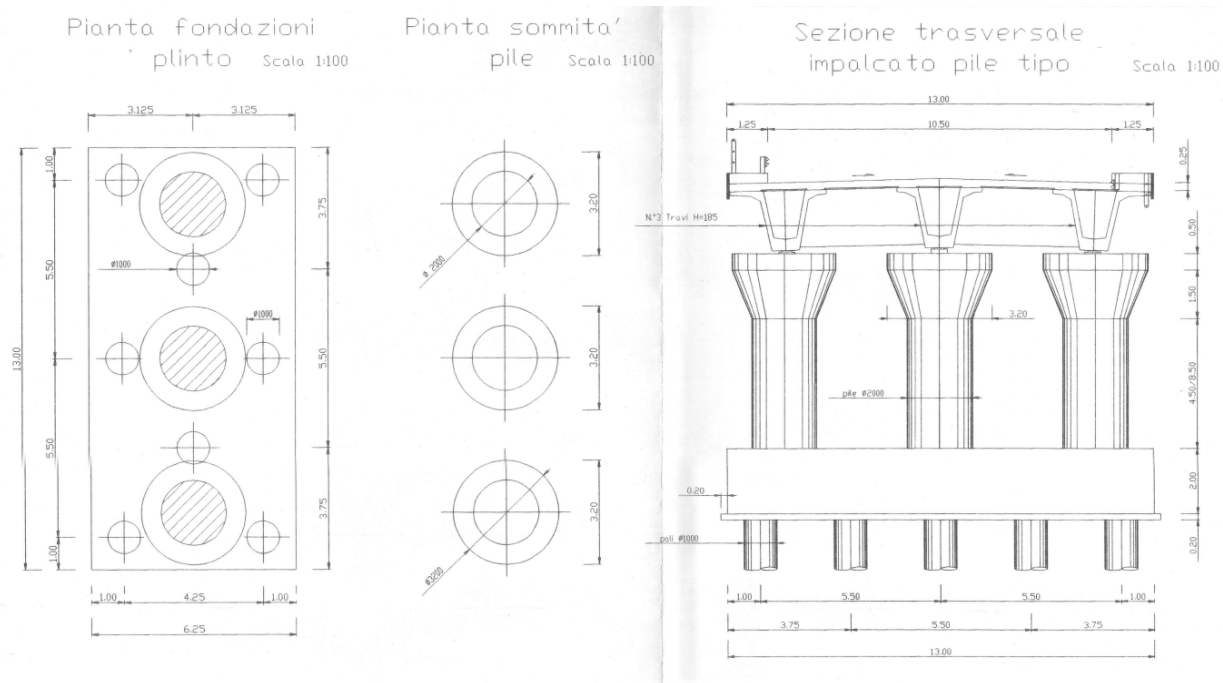
SEZIONE TRASVERSALE FRONTE SPALLA SEZ.138



Pianta fondazioni
spalla Scala 1:100

Pianta sommita'
spalla Scala 1:100

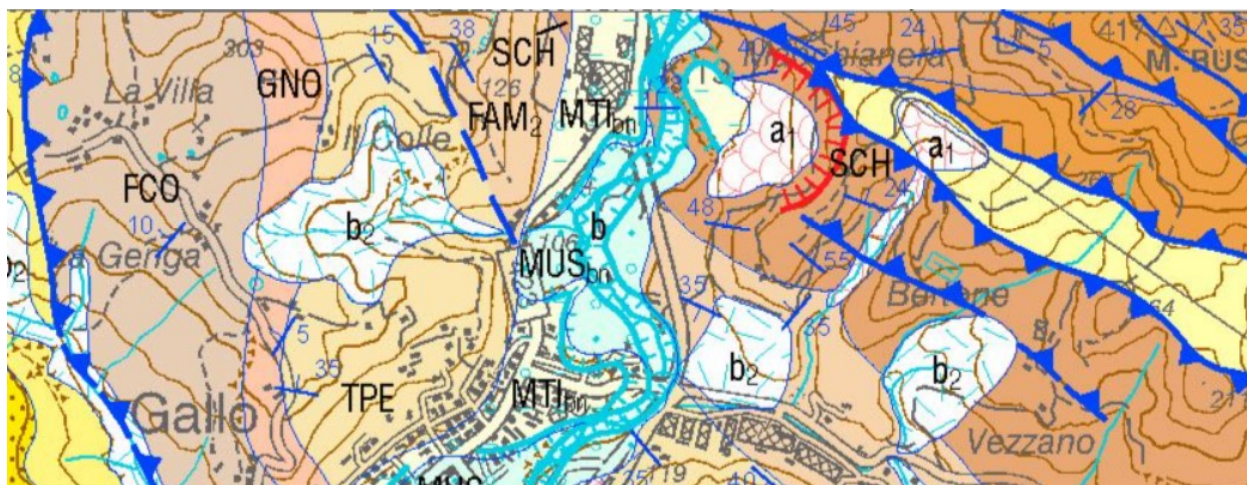




Si evidenziano:

- Fondazioni spalle in terra armata di dimensioni: 13m x 7,35m
- Fondazioni pile: plinti su pali di diametro= 1m lunghezza=27m, dimensioni plinti= 13,40m x 4,90m

➤ Contesto geologico: Carta geologica regione Marche. Foglio 280, Fossombrone. Da relazione geologica Ispra



La formazione dello Schlier (SCH) è costituita in prevalenza da marne e marne argillose e subordinatamente da marne e marne calcaree biancastre.

La formazione marnoso arenacea marchigiana (FAM) stratigraficamente superiore allo schlier, corrisponde ad un deposito di natura torbidity sedimentatosi in un ambiente di “avanfossa complessa”. Si tratta di arenarie, marne e silt frutto della rielaborazione di materiale proveniente da aree di natura continentale, mobilitati da processi gravitativi.

Il Membro di Urbino (FAM₂) della FAM è caratterizzato da un’alternanza arenaceo-pelitica. Le arenarie vanno da fini a grossolane e sono quasi sempre poco cementate, gli strati variano da sottili a spessi.

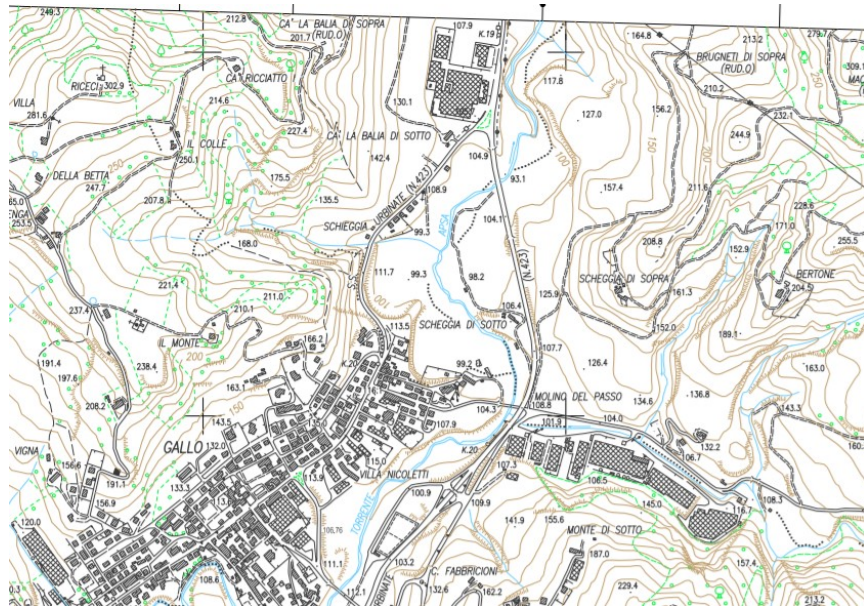
I depositi alluvionali terrazzati MTI_{bn} sono costituiti da ghiaie e ciottoli poligenici eterometrici (da decimetrici a centimetrici), a buon grado di smussamento, scarsamente arrotondati e a matrice sabbiosa abbondante. A luoghi si concentrano blocchi (20-30cm) di Scaglia Rossa e di Selce. Sono presenti lenti e livelli di sabbia e limi.

I depositi alluvionali di fondovalle attuali, sono costituiti da sedimenti eterometrici, con granulometria dalle ghiaie alle argille in rapporti variabili. Sono soggetti a rimaneggiamento durante gli eventi alluvionali principali. Spessore 0-10m.

- Uso del suolo (area potenzialmente coinvolta): vegetazione riparia, seminativo.
- Contesto geomorfologico e caratteristiche principali del dissesto:

L’opera è ubicata ai piedi della porzione terminale meridionale del più complesso rilievo che partendo dall’abitato di Montescudo (foglio 267 S. Marino), prosegue per Montefiore Conca, per terminare a S-E dell’abitato di Fontecorniale. In particolare in prossimità del ponte la morfologia del terreno si presenta piuttosto dolce e regolare caratterizzata da un andamento collinare.

Nella parte settentrionale del foglio (nella quale ricade anche l’opera) è registrato il maggior numero di eventi franosi, dove prevalgono in affioramento litotipi argilloso/siltosi (formazione marnoso-arenacea marchigiana). In questo settore i movimenti franosi riconosciuti sono generalmente di tipo: scorrimento rotazionale, colamento e movimento complesso; in molti casi sono accompagnati da marcati fenomeni di erosione concentrata, che possono essere identificati tra le cause innescanti e/o predisponenti i movimenti stessi.



- Unità fisiografica: collinare (pendenza media 15°)
- Morfologia del sito: pendio moderatamente acclive
- Confinamento alveo:

Scheda Rischio frane

- Documentazione disponibile



Fig. 8.7- Rischio Frane, Inventario I.F.F.I.

Note: l'opera si trova in prossimità di una frana cartografata nell'inventario IFFI (scheda di primo livello cod. 0410206300) ed evidenziata nell'immagine sopra. Più precisamente l'opera si trova a meno di 1km a valle del corpo di frana. Si tratta di uno scivolamento

- Stato di attività / Grado di criticità: frana potenziale critica
Sulla base dei dati acquisiti, alla frana viene attribuito un **P_c pari a 3**.

Note: Sulla base dei dati ricavati da eventi segnalati nei cataloghi di rischio frana, non si esclude che il ponte possa essere interessato parzialmente da un movimento franoso analogo a quello riscontrato nelle immediate vicinanze sullo stesso versante.

Stato di attività per le frane riconosciute o di grado di criticità per le frane potenziali

Frana riconosciuta (P _A)	Attiva al momento del rilievo o con segni di movimento in atto	Inattiva Non attiva da diversi cicli stagionali	Stabilizzata
Frana potenziale (P _C)	Altamente critica	Critica	Scarsamente critica
P _A o P _C	5	3	1

- Massima velocità attesa: Il tipo di movimento riscontrato nelle immediate vicinanze, segnalato dalla cartografia I.F.F.I. e PAI è di tipo rotazionale/traslativo. In assenza di documentazione, secondo la tabella proposta in letteratura la velocità suggerita per questo tipo di movimento risulta essere “rapido” o “molto rapido”. Per questo motivo alla frana potenziale viene attribuito un **P_v pari a 4**.

Tabella B.2 – Scala di intensità delle frane basata sulla velocità e sul danno prodotto (Cruden e Varnes, 1996)

Classe	Descrizione	Danni osservabili	Velocità	(m/s)
7	<i>Estremamente rapido</i>	Catastrofe di eccezionale violenza. Edifici distrutti per l'impatto del materiale spostato. Molti morti. Fuga impossibile.	5 m/s	5
6	<i>Molto rapido</i>	Perdita di alcune vite umane. Velocità troppo elevata per permettere l'evacuazione delle persone.	3 m/min	5 · 10 ⁻²
5	<i>Rapido</i>	Evacuazione possibile. Distruzione di strutture, immobili ed installazioni permanenti.	1,8 m/h	5 · 10 ⁻⁴
4	<i>Moderato</i>	Alcune strutture temporanee o poco danneggiabili possono essere mantenute.	13 m/mese	5 · 10 ⁻⁶
3	<i>Lento</i>	Possibilità di intraprendere lavori di rinforzo e restauro durante il movimento. Le strutture meno danneggiabili possono essere mantenute con frequenti lavori di rinforzo se il movimento totale non è troppo grande durante una particolare fase di accelerazione.	1,6 m/anno	5 · 10 ⁻⁸
2	<i>Molto lento</i>	Alcune strutture permanenti possono non essere danneggiate dal movimento.	16 mm/anno	5 · 10 ⁻¹⁰
1	<i>Estremamente lento</i>	Impercettibile senza strumenti di monitoraggio. Costruzione di edifici possibile con precauzioni.	-	-

Tipologia	Crollo	Scivolamento					Colamento		
Materiale	roccia	roccia		detrito	terra		roccia	detrito	terra
Stato di attività	-	N	R		N	R	-	-	-
Classe di velocità	6 - 7	5-6	1-5	1-6	5-6	1-5	1-2	1-7	1-4

Massima velocità attesa in funzione della tipologia di frana in atto o potenziale

	> 3 m/min	3 m/min – 1,8 m/h	1,8 m/h – 13 m/mese	13 m/mese – 1,6 m/anno	< 1,6 m /anno
	<i>Estremamente/molto rapida</i>	<i>Rapida</i>	<i>Moderata</i>	<i>Lenta</i>	<i>Estremamente/molto lenta</i>
<i>P_V</i>	5	4	3	2	1

- Magnitudo: Il valore della magnitudo su base volumetrica è di difficile determinazione, in quanto il volume della massa che è potenzialmente instabile è a noi sconosciuto. Si ipotizza che la frana di tipo rotazionale/traslato verificatasi in prossimità dell'opera e poi stabilizzata si possa riattivare con un volume maggiore e che interessi l'intero ponte. La superficie di scivolamento è ignota dunque ci è impossibile determinare l'entità del volume. Si assume in via cautelativa una magnitudo estremamente grande attribuendo in questo modo al parametro **P_M un valore di 15.**

Magnitudo attesa su base volumetrica in metri cubi

	> 10 ⁶	2,5 · 10 ⁵ - 10 ⁶	2,5 · 10 ⁵ - 10 ⁴	10 ² - 10 ⁴	< 5 · 10 ²
	<i>Estremamente/molto grande</i>	<i>Grande</i>	<i>Media</i>	<i>Piccola</i>	<i>Molto piccola</i>
<i>P_M</i>	15	12	9	6	3

Instabilità di versante: come indicato nelle LLGG, la valutazione del livello di instabilità è data dalla sommatoria dei valori associati ai tre parametri ovvero $P = P_C(3) + P_V(4) + P_M(15) = 22$, da cui si deduce che l'instabilità di versante è Alta.

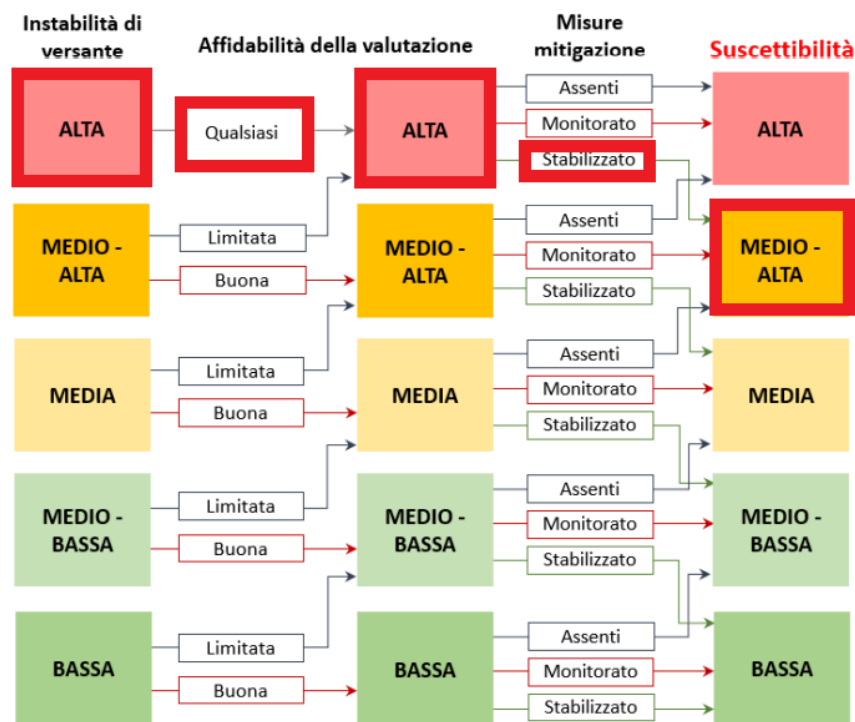
$P = P_A + P_M + P_V$ (frana riconosciuta) $P = P_C + P_M + P_V$ (frana potenziale)	Instabilità di versante
20 – 25	ALTA
16 – 19	MEDIO – ALTA
12 – 15	MEDIA
8 – 11	MEDIO – BASSA
5 – 7	BASSA

Al fine di giungere ad una corretta valutazione della suscettibilità dell'opera si valutano i parametri secondari che sono:

- 1) Incertezza di modello: nelle schede riportato come *Affidabilità complessiva della valutazione*
- 2) *Misure di Mitigazione*

Nello specifico i valori assegnati per il ponte in oggetto sono:

- Affidabilità complessiva della valutazione: limitata
- Misure di mitigazione: stabilizzato



Sulla base di questi valori la classe di suscettibilità è **Medio-Alta**.

8.2.2 Vulnerabilità

La vulnerabilità dipende dalla *tipologia strutturale*, dalla *tipologia di fondazione* e dall'*estensione dell'interferenza*.

I parametri primari per la valutazione della vulnerabilità sono:

1) tipologia/robustezza del ponte, che a sua volta dipende da: **a)** schema statico, luce e materiale distinguendo schemi iperstatici e schemi isostatici e luci medio-piccole e elevate; **b)** numero di campate, distinguendo ponti a singola campata da ponti multi-campate. Per il ponte Ca' Balia risulta: schema isostatico, luce di campata= 33m, materiale= c.a.

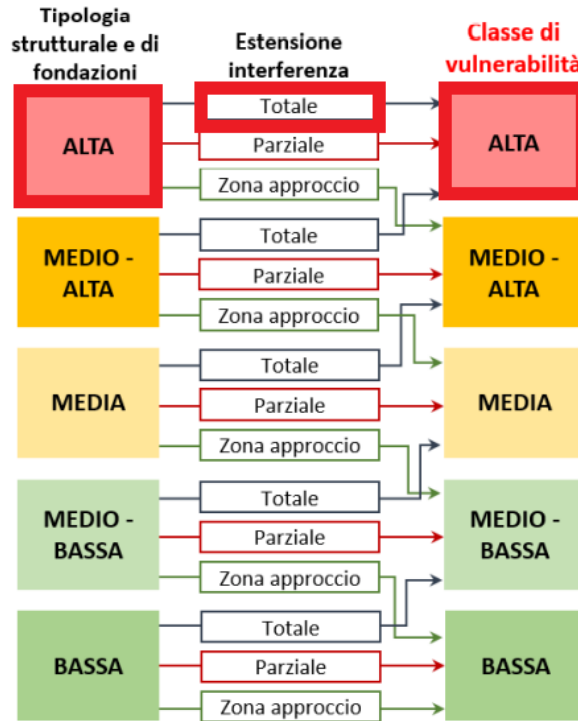
2) tipologia di fondazioni di spalle e pile, specialmente in relazione alla loro capacità di resistere alle azioni orizzontali. Per tale ragione, nel caso in cui ci sia evidenza, dalla documentazione originaria disponibile e/o dalle ispezioni visivi effettuate, di presenza di fondazioni superficiali o comunque non progettate per resistere alle azioni orizzontali, occorre aumentare di un livello la classe definita in Tabella 4.13 delle LLGG. Per il ponte Ca' Balia risulta:

- Per le pile: plinti su pali, diametro= 1m, lunghezza= 27m
- Per le spalle: terra armata, plinti su pali diametro=1m, lunghezza=27m

		Schema isostatico		Schema iperstatico	
		L medio-piccola	L elevata	L medio-piccola	L elevata
C.A.	Singola campata	Media	Medio-alta	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
C.A.P.	Singola campata	Media	Medio-alta	-	-
	Multi-campata	Medio-alta	Alta	Medio-bassa	Media
Muratura	Singola campata	-	-	Bassa	Medio-bassa
	Multi-campata	-	-	Medio-bassa	Media
Acciaio	Singola campata	Medio-bassa	Medio-bassa	Bassa	Bassa
	Multi-campata	Media	Media	Medio-bassa	Medio-bassa

Anche in questo caso la classe è Alta.

- Estensione dell'interferenza: totale.



La classe definitiva di vulnerabilità è **Alta**.

8.2.3 Esposizione

L'esposizione dipende da *TGM*, *luce media campata*, *presenza di alternative stradali*, *ente scavalcato*, *strategicità del ponte*. Queste informazioni sono processate secondo quanto disposto nelle LLGG. L'esposizione legato al rischio frane si valuta prescindendo dal parametro "trasporto merci pericolose".

Livello di TGM e Luce media campata

Risulta:

- TGM = 16019 veicoli/giorno
- luce media campata = 33 m = grande luce

Alta	Media	Bassa
≥ 25000 veicoli/giorno	$10000 < \text{veicoli/giorno} < 25000$	≤ 10000 veicoli/giorno

Luce media della campata	Livello di TGM		
	Alta	Media	Bassa
Grande luce	Alta	Medio-Alta	Media
Media luce	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa
Piccola luce	Media	Medio-Bassa	Bassa

La classe di esposizione risulta Medio-Alta.

- Presenza di alternative stradali:

Alternative stradali

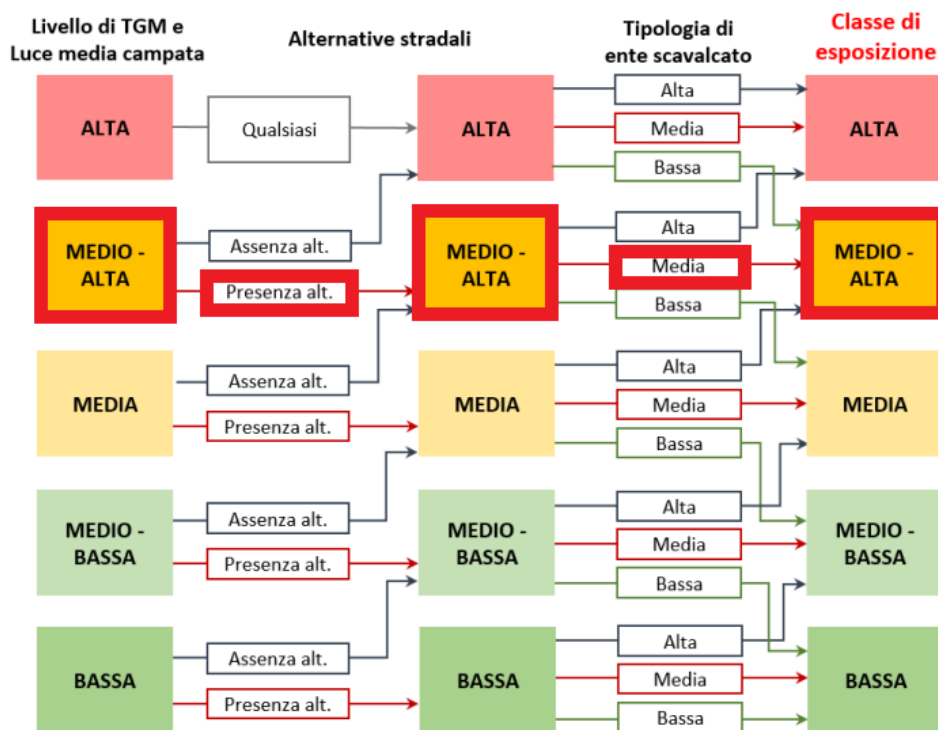
La possibile chiusura o le limitazioni di traffico sul ponte causano inevitabili disagi alle economie locali. Tali disagi sono contenuti nel caso siano individuati itinerari stradali adeguati su cui eventualmente deviare i flussi di traffico. È pertanto considerata la presenza e l'adeguatezza, in termini di costi, tempo e distanze, delle alternative stradali percorribili in caso di chiusura del ponte. La classe identificata sulla base di livello di TGM e luce media della campata, quindi, aumenta se non sono presenti alternative stradali adeguate (vedi *Figura 4.3*), in quanto il ponte acquisisce una maggiore importanza strategica per il corretto funzionamento del sistema viario ed è pertanto necessario preservarne l'efficienza ed evitare quanto più possibile crolli o perdite di funzionalità. Le informazioni necessarie per valutare tale fattore sono deducibili da studi trasportistici specifici, qualora disponibili, inclusi nel censimento di Livello 0. Nel caso in cui non siano disponibili dati sufficienti, si considera il caso di "assenza di alternative" per procedere in via cautelativa.

Si assume la presenza di alternative stradali.

- Tipologia di ente scavalcato:

ALTA	Ente scavalcato il cui uso preveda affollamenti significativi e/o con funzioni pubbliche e sociali essenziali e/o la cui interruzione provochi situazioni di emergenza e/o enti di elevato valore naturalistico, economico e sociale (Ferrovia, zona edificata/antropizzata, strade a viabilità primaria, etc.)
MEDIA	Ente scavalcato il cui uso preveda normali affollamenti, senza funzioni pubbliche e sociali essenziali, la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza e/o enti con limitato valore naturalistico, economico e sociale (strade a viabilità secondaria, corsi d'acqua, laghi, specchi d'acqua marini, etc.)
BASSA	Ente scavalcato con presenza occasionale di persone e privi di valore naturalistico, economico e sociale (discontinuità naturali, depressioni del terreno, etc.)

Il ponte passa sopra il torrente Apsa, dunque viene attribuita una classe Media.



La classe di esposizione risulta essere Medio-alta.

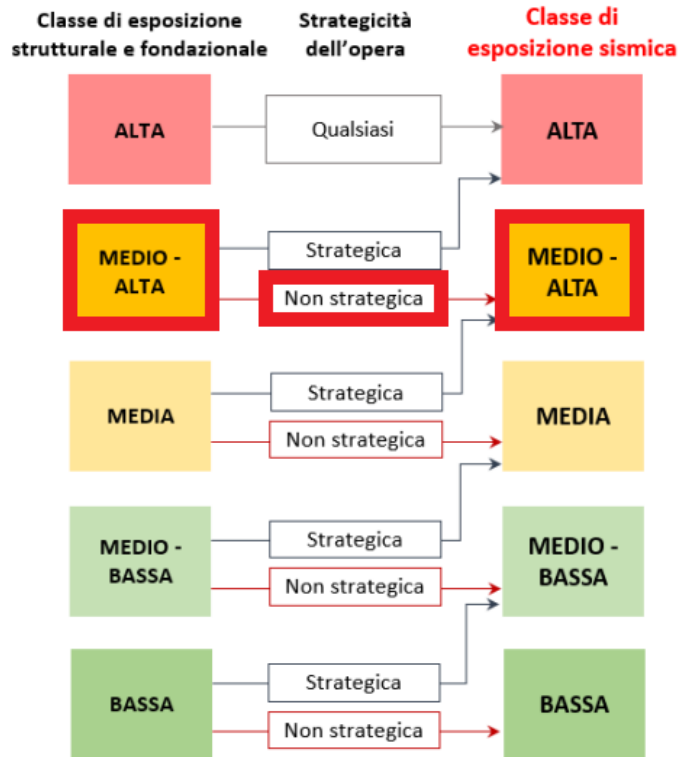
- Strategicità dell'opera:

Strategicità dell'opera

Le opere considerate di interesse strategico, la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, devono avere una più elevata priorità, in quanto è necessario garantirne l'efficienza in caso di emergenza.

A tal fine, la classe identificata secondo gli altri parametri aumenta, come riportato in *Figura 4.6*, nel caso in cui il ponte rientri tra le opere ritenute di interesse strategico per le emergenze a seguito di un evento sismico (con riferimento alle Condizioni Limite di Emergenza) o, in altre parole, se rientra nelle classi d'uso III o IV. Tali opere sono espressamente indicate dalla protezione civile o dall'ente amministrativo competente.

L'opera si considera non strategica anche per la presenza di alternative stradali che giungono alle aree collegate dall'opera.



La classe di esposizione definitiva risulta essere **Medio-Alta**.

8.2.4 Determinazione della Classe di Attenzione Frane

Classe di suscettibilità MEDIO-ALTA

		Classe di esposizione				
		Alta	Medio-Alta	Media	Medio-Bassa	Bassa
Classe di vulnerabilità	Alta	Alta	Medio-Alta			
	Medio-Alta	Medio-Alta			Media	
	Media	Medio-Alta			Media	
	Medio-Bassa	Medio-Alta			Media	
	Bassa	Medio-Alta	Media			

La classe di attenzione definitiva è **Medio-Alta**.

9. Conclusioni

Questo studio ha cercato di rispondere alla domanda: “come è determinato il rischio idrogeologico nel nuovo approccio normativo per la valutazione della sicurezza dei ponti stradali?”. A tal fine è stato condotto uno studio che analizzasse gli aspetti influenti al rilevamento di un movimento franoso, attingendo i dati necessari dalla cartografia e dagli archivi.

Sono state poste in luce le discordanze inerenti ai parametri utilizzati per la valutazione della suscettibilità del ponte agli spostamenti e quelli presenti in letteratura utilizzati per lo studio generale delle frane. In particolare nei casi di frane potenziali, o nei casi di documentazione assente, questa imprecisione porta ad una sovrastima dei parametri con conseguente innalzamento della CdA frane.

Gli esempi di applicazione hanno evidenziato le criticità dovute alla mancanza di informazioni. La valutazione della CdA frane svolta, in assenza di sopralluogo, è naturalmente affetta da molte incertezze, ma il procedimento è servito a mostrare il peso sostanziale che ha la ricerca dei dati sull'opera.

Il presente studio ha voluto essere uno strumento di supporto vista l'importanza della valutazione del rischio e sottolineare l'importanza delle banche dati, per rendere almeno per il futuro, questa procedura efficiente ed utile.

10. Bibliografia/sitografia

- 1- PON GOVERNANCE 2014-2020 RISCHIO SISMICO E VULCANICO
Attività A2.1 Definizione di metodi di studio delle instabilità cosismiche e delle situazioni geologiche complesse: frane sismoindotte in terra e di crollo
- 2- *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico, Allegati Norme*
- 3- <https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/marche.html>, *Carta geologica Marche*
- 4- https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note_illustrative/280_Fossombrone.pdf, *Note illustrative della carta geologica d'Italia scala 1:50000, foglio 280 Fossombrone*
- 5- https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/note_illustrative/279_Urbino.pdf, *Note illustrative della carta geologica d'Italia scala 1:50000, foglio 279 Urbino*
- 6- <https://idrogeo.isprambiente.it/app/>, *Inventario frane I.F.F.I.*
- 7- http://webgispcn.autoritabacino.marche.it/mapserverPCFS/viewer.php?BBOX=-1&winwidth=1536&winheight=722&sysrif=&service=../maps/rit_PAI-AGG2016-ssmm, *Autorità di bacino Marche, rischio PAI.*
- 8- *Faciorusso, Pendii cap.18*

