



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti,
dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Ufficio federale dei trasporti UFT

Direttiva

Sicurezza sismica degli impianti ferroviari

Numero di riferimento: BAV-511.5-26/3/10/3

Data: 01.12.2020

Versione: V 1.1_j



Nota editoriale

| | |
|---------------------------|--|
| Editore: | Ufficio federale dei trasporti, 3003 Berna, Divisione Sicurezza, in collaborazione con l'Ufficio federale dell'ambiente, 3003 Berna, Centrale per la coordinazione della mitigazione dei sismi |
| Direzione: | Sven Heunert (UFAM, Direzione generale) Luigi d'Egidio (UFT) |
| Gruppo d'accompagnamento: | Kazim Altintac (FFS) Karl Baumann (RhB) Daniel Blaser (FFS) Herbert Friedl (FFS) Tiziano Furegati (FFS) Martin Isler (BLS) Christian Kaufmann (FFS) Daniel Trachsel (BLS) Nick Wenger (UFPP) |
| Collaboratori incaricati: | Yves Mondet (Basler & Hofmann AG) Ehrfried Kölz (Risk & Safety AG) |
| Distribuzione: | Pubblicazione sul sito Internet dell'UFT |
| Versioni linguistiche: | Tedesco (originale) Francese Italiano |

Gestione del documento all'interno dell'UFT

| | |
|------------------------------------|---|
| Livello piano Q: | Dir., pubblico |
| Connessione QM-SI: | QM Doku_Liste01.2_Fachgebiet bt_Prüfung PGV e BBw.xls |
| Campo d'applicazione processi UFT: | UFT 411 |

La presente direttiva entra in vigore il 1° dicembre 2020.

Ufficio federale dei trasporti

Ufficio federale dei trasporti

Rudolf Sperlich
Vicedirettore, Divisione Sicurezza

Fritz Ruchti
Caposezione Tecnica delle costruzioni

Edizioni / documentazione delle modifiche

| Versione | Data | Autore | Modifiche | Stato |
|----------|------------|----------------|---|-----------|
| 1.0_d | 24.06.2020 | Luigi d'Egidio | Progetto messo in consultazione | |
| 1.1_f | 01.12.2020 | Sven Heunert | Modifiche secondo l'esito della consultazione | In vigore |
| 1.1_i | 01.12.2024 | Luigi d'Egidio | Modifiche secondo l'esito della consultazione | In vigore |

^x È previsto: in elaborazione; in revisione; in vigore/con visto; sostituito

Indice

| | |
|---|-----------|
| Premessa | 4 |
| 1 Introduzione | 5 |
| 1.1 Finalità e scopo | 5 |
| 1.2 Campo di applicazione | 5 |
| 1.3 Struttura..... | 6 |
| 1.4 Elenco delle abbreviazioni | 6 |
| 2 Documentazione in materia di sicurezza sismica | 7 |
| 2.1 Convenzione d'utilizzazione | 7 |
| 2.2 Base del progetto | 8 |
| 2.3 Relazione geotecnica | 8 |
| 2.4 Calcoli statici e dinamici | 8 |
| 2.5 Rapporto di perizia | 8 |
| 3 Disposizioni specifiche per i sismi | 9 |
| 3.1 Livello di sicurezza per le nuove costruzioni | 9 |
| 3.2 Raccomandazione d'intervento e valutazione della proporzionalità per le costruzioni esistenti | 9 |
| 3.3 Determinazione della classe d'opera (CO) di costruzioni nuove ed esistenti | 10 |
| 3.4 Elementi non strutturali, impianti e dispositivi (ENID) | 14 |
| 4 Indicazioni per la determinazione della proporzionalità in caso di costruzioni esistenti .. | 16 |
| 4.1 Durata d'utilizzo rimanente d_r | 16 |
| 4.2 Occupazione di persone PB..... | 16 |
| 4.3 Valore della costruzione BW | 17 |
| 4.4 Fattore di rischio per la costruzione BRF | 17 |
| 4.5 Valore dei beni SW..... | 18 |
| 4.6 Fattore di rischio per oggetti SRF | 18 |
| 4.7 Costi d'interruzione UK..... | 19 |
| 4.8 Fattore di rischio di interruzione URF..... | 19 |
| 4.9 Valore della costruzione e dei beni direttamente interessati BSW | 19 |
| 4.10 Montante investito per la sicurezza SIC_M | 19 |
| Allegato A | 20 |
| Esempio applicativo: viadotto | 20 |
| Allegato B | 27 |
| Esempio applicativo: edificio con cabina di smistamento | 27 |
| Elenco dei documenti di riferimento | 34 |

Premessa

Gli impianti ferroviari devono essere protetti dai danni provocati dai sismi. Riconosciute come le regole dell'arte edilizia in Svizzera, le norme vigenti della Società svizzera degli ingegneri e degli architetti (SIA) costituiscono la base per la progettazione adeguata di questi impianti e per le corrispondenti verifiche statiche e costruttive. Il tema dei sismi viene trattato nella serie di norme SIA 260 e seguenti in riferimento alle nuove costruzioni, e nella serie di norme SIA 269 e seguenti in riferimento alla conservazione delle strutture esistenti.

Le valutazioni della sicurezza sismica condotte a oggi per i progetti di costruzione ferroviari nell'ambito delle procedure di approvazione dei piani (PAP) ai sensi del diritto ferroviario hanno dimostrato che le suddette norme lasciano irrisolti alcuni quesiti, in particolare per quanto riguarda le costruzioni esistenti e le analisi che si rendono necessarie in tale contesto per determinare la necessità e la proporzionalità di eventuali provvedimenti.

La presente direttiva «Sicurezza sismica degli impianti ferroviari» approfondisce l'applicazione di tali norme nell'ottica di fornire una base uniforme e un aiuto all'esecuzione non solo ai gestori dell'infrastruttura e agli autori dei progetti, ma anche all'Ufficio federale dei trasporti (UFT) nella sua veste di autorità di vigilanza e approvazione. A tal riguardo, viene dedicata particolare attenzione agli elementi che, sotto il profilo strutturale, assumono un ruolo rilevante per la sicurezza dell'esercizio ferroviario. La direttiva elenca, tra l'altro, le informazioni relative ai sismi richieste nelle documentazioni dei progetti, le disposizioni specifiche da osservare, le istruzioni per determinare la proporzionalità delle misure per le costruzioni esistenti e, infine, illustra l'attuazione concreta sulla base di due esempi applicativi.

La direttiva è stata elaborata da un gruppo di lavoro composto da rappresentanti delle autorità interessate (UFPP, UFAM, UFT), delle ferrovie (BLS, RhB, FFS) e degli studi di ingegneria incaricati dall'UFAM (Basler & Hofmann AG, Risk&Safety AG) sotto la direzione generale dell'UFAM. Cogliamo l'occasione per esprimere il nostro più sentito ringraziamento ai membri del gruppo di lavoro, come pure a chiunque abbia contribuito in un altro ruolo all'elaborazione della presente direttiva.

1 Introduzione

Un'applicazione mirata delle disposizioni legislative e normative in materia di sicurezza sismica degli impianti ferroviari è di grande importanza per garantire che tali impianti siano progettati secondo i criteri antisismici. Spetta al gestore dell'infrastruttura (GI) e ai terzi da questi incaricati seguire e rispettare le disposizioni concernenti la sicurezza sismica degli impianti ferroviari sancite in leggi, ordinanze, direttive e norme.

1.1 Finalità e scopo

La presente direttiva standardizza e semplifica l'interpretazione e l'applicazione delle disposizioni concernenti la sicurezza sismica degli impianti ferroviari. Come tale, funge da base per l'applicazione delle disposizioni legislative e normative relative alla sicurezza sismica dell'infrastruttura ferroviaria in essa menzionate. Le corrispondenti disposizioni e le esigenze normative in materia di documentazione dei progetti, obiettivi e grado di protezione (determinazione della classe d'opera), come pure la valutazione della proporzionalità dei provvedimenti di sicurezza sismica vengono precisate e illustrate con specifico riferimento al settore ferroviario. Per i progetti ferroviari, la presente direttiva si traduce in una maggiore sicurezza della pianificazione, a vantaggio dei GI e dei terzi da questi ultimi incaricati.

1.2 Campo di applicazione

Al primo posto d'importanza gerarchica, trovano applicazione i principi e le basi di cui all'articolo 2 dell'ordinanza del 23 novembre 1983 sulla costruzione e l'esercizio delle ferrovie (Oferr) [2], che devono essere considerati nella pianificazione e realizzazione delle costruzioni e degli impianti come presupposto per garantire un esercizio sicuro e una corretta manutenzione. I requisiti normativi che le opere di infrastruttura ferroviaria devono soddisfare in materia di sicurezza sismica assicurano un determinato grado di protezione non solo per le persone, ma anche per la funzione stessa dell'infrastruttura.

La presente direttiva si applica a tutti gli impianti ferroviari, indipendentemente dal fatto che la relativa realizzazione o modifica sia soggetta ad approvazione (art. 18 segg. Lferr [1]) o non lo sia (art. 1a OPA-PIF [3]). Di conseguenza, trova applicazione sia per le nuove costruzioni¹ sia per la conservazione delle costruzioni esistenti¹, delle quali tuttavia non contempla la gestione. Per quanto riguarda la prevenzione sismica sul piano costruttivo, contempla i seguenti elementi rilevanti dell'infrastruttura ferroviaria.

- Opere di genio civile e altre costruzioni
 - Ponti, opere di protezione, sottopassi
 - Opere geotecniche (p. es. terrapieni, scarpate, trincee o valli antirumore)
 - Costruzioni di sostegno
 - Accessi ai marciapiedi (p. es. sottopassaggi pedonali e passerelle, scale o rampe)
 - Pensiline, sale d'attesa sui marciapiedi e coperture dei marciapiedi
 - Tunnel e gallerie
- Edifici
 - Stazioni e stazioni sotterranee, compresi gli spazi commerciali
 - Edifici per l'infrastruttura ferroviaria (centrali di gestione del traffico, cabine di manovra)
 - Impianti di servizio / officine / edifici adibiti a uffici

L'attenzione è focalizzata su impianti o manufatti che possono subire o causare danni rilevanti in caso di evento sismico. Ciò presuppone che gli impianti in questione presentino un certo grado di vulnerabilità in caso di sisma e possano comportare potenziali ripercussioni per i beni da proteggere. Questi ultimi (persone, esercizio sicuro del sistema ferroviario ecc.) variano in base all'importanza o all'ubicazione dell'impianto interessato all'interno della rete. Di questa categoria non fanno invece parte i restanti elementi dell'infrastruttura ferroviaria, per i quali gli interventi necessari per garantire la sicurezza sismica vengono giudicati a priori sproporzionati (p. es. la sede ferroviaria, le strutture portanti delle linee di contatto e le linee di trasporto della corrente di trazione) oppure per i quali i requisiti applicabili in materia di sicurezza sismica sono sanciti in altre basi (p. es. direttiva ESTI n. 248 [6] oppure ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti [OPIR; RS 814.012]).

¹ Per il significato di questi termini si rimanda al numero 1 della norma SIA 469 [11] e al numero 1 della norma SIA 269 [10].

1.3 Struttura

Nel capitolo 2, la direttiva espone i documenti tecnici rilevanti per la documentazione della sicurezza sismica, corredandoli dei requisiti specifici che devono soddisfare in merito ai contenuti. Nel capitolo 3 vengono riportate le disposizioni volte ad assicurare la sicurezza sismica delle costruzioni nuove e di quelle già esistenti, con particolare rilievo alla valutazione della proporzionalità degli interventi di messa in sicurezza sismica, alla raccomandazione d'intervento per le costruzioni esistenti e all'attribuzione delle costruzioni a una classe d'opera. Il capitolo 4 è dedicato ai vari parametri della norma SIA 269/8 che assumono un ruolo di primo piano nel determinare la proporzionalità dei provvedimenti di sicurezza sismica. L'allegato, infine, illustra nel dettaglio l'applicazione della direttiva prendendo come esempio due elementi caratteristici dell'infrastruttura ferroviaria.

1.4 Elenco delle abbreviazioni

Presupponendo la conoscenza delle basi normative, si rinuncia in questa sede a fornire una descrizione dei termini tecnici e dei simboli. Di seguito viene riportato solo il significato delle abbreviazioni.

| | |
|-------------------|--|
| DE-Oferr | Disposizioni d'esecuzione dell'ordinanza sulle ferrovie |
| UFT | Ufficio federale dei trasporti |
| BRF | Fattore di rischio per la costruzione |
| BSW | Valore della costruzione e dei beni direttamente interessati (BW + SW) |
| BW | Valore della costruzione |
| CO | Classe d'opera |
| Oferr | Ordinanza sulla costruzione e l'esercizio delle ferrovie (Ordinanza sulle ferrovie) |
| CST | Classe sismica della tratta |
| ESTI | Ispettorato federale degli impianti a corrente forte |
| GI | Gestore dell'infrastruttura |
| PM | Pacchetto di misure |
| PB | Occupazione di persone |
| PB _{max} | Occupazione massima di persone (numero consentito in base alle prescrizioni antincendio) |
| PAP | Procedura di approvazione dei piani |
| ENID | Elementi non strutturali, impianti e dispositivi |
| SIA | Società svizzera degli ingegneri e architetti |
| SIC _M | Montante investito per la sicurezza |
| SRF | Fattore di rischio per oggetti |
| SW | Valore dei beni |
| UK | Costi d'interruzione |
| OCI-ferr | Organismi di controllo indipendenti per il settore ferroviario |
| URF | Fattore di rischio di interruzione |
| OPAPIF | Ordinanza sulla procedura d'approvazione dei piani di impianti ferroviari |

2 Documentazione in materia di sicurezza sismica

La sicurezza sismica di una struttura portante è un aspetto che deve essere considerato e documentato nelle basi di progetto nell'ambito della verifica della sicurezza strutturale. Ciò vale sia per i progetti di nuove costruzioni sia per i progetti di conservazione di opere di infrastruttura ferroviaria esistenti, e indipendentemente dal fatto che il progetto in questione sia soggetto ad approvazione (procedura ai sensi della legislazione sulle ferrovie o del diritto cantonale conformemente agli art. 18 segg. Lferr [1]) oppure no (art. 1a OPAPIF [3]). In generale, i documenti da approntare e che costituiscono infine parte integrante della documentazione dell'opera sono i seguenti:

- convenzione d'utilizzazione;
- base del progetto;
- relazione geotecnica;
- calcoli statici e dinamici con le principali dimostrazioni tecnico-costruttive.

Questi documenti devono essere obbligatoriamente approntati e inoltrati all'autorità di approvazione nell'ambito di una procedura di approvazione dei piani (PAP) ai sensi della legislazione sulle ferrovie, eventualmente corredati dal rapporto di perizia di cui all'articolo 3 capoverso 2 OPAPIF [3] nei casi in cui è richiesto dalle disposizioni della direttiva OCI-ferr [5].

La convenzione d'utilizzazione deve essere approntata in base alle disposizioni del committente e in collaborazione con tutte le parti interessate (architetti, ingegneri civili e progettisti) ed essere quindi sottoposta all'approvazione del committente in una fase iniziale del progetto, nello specifico durante la fase parziale 31 «Progetto di massima» (art. 3.2 del Regolamento SIA 103 [7]). Questo documento stabilisce tra le altre cose i requisiti in materia di sicurezza sismica, gettando così le basi per una considerazione precoce, efficiente ed efficace di questo tema nel quadro del progetto. La convenzione d'utilizzazione viene utilizzata dall'ingegnere civile come riferimento per approntare la base del progetto durante la fase parziale «Progetto di massima». La convenzione d'utilizzazione e la base del progetto devono essere opportunamente aggiornate durante le fasi di progettazione, realizzazione e gestione e costituiscono una parte essenziale della documentazione dell'opera (p. es. art. 4.3.53 del Regolamento SIA 103).

Secondo il diritto ferroviario, conformemente all'articolo 18 Lferr e conformemente al numero 22.2 della direttiva OPAPIF [4], la documentazione da presentare nel contesto della PAP deve corrispondere almeno al progetto definitivo ultimato (cfr. descrizione di cui all'art. 4.3.32 del Regolamento SIA 103 [7]).

Di seguito sono illustrati i requisiti in merito ai contenuti dei suddetti documenti in relazione alla sicurezza sismica.

2.1 Convenzione d'utilizzazione

La convenzione d'utilizzazione deve soddisfare i seguenti requisiti in materia di sicurezza sismica:

- determinazione della classe d'opera (CO) con motivazione (cfr. cap. 3.3), della zona sismica (Z) e delle condizioni del terreno;
- descrizione o rappresentazione del concetto strutturale conforme alle norme sismiche (concetto strutturale pensato per garantire il trasferimento a terra dei carichi orizzontali);
- definizione degli elementi non strutturali, nonché degli impianti e dei dispositivi (ENID) rilevanti, inclusa l'indicazione delle responsabilità nel processo di progettazione e costruzione;
- in caso di assegnazione alla classe d'opera III, la determinazione dei requisiti concreti di efficienza funzionale al fine di garantire la funzionalità della struttura portante e degli ENID rilevanti dopo un sisma.

Per le costruzioni esistenti si rendono necessarie riflessioni più approfondite per definire le esigenze e stabilire le basi pertinenti conformemente alla serie di norme SIA 269 e seguenti [10] (specialmente alla norma SIA 269/8). Di conseguenza, nella convenzione d'utilizzazione vanno riportati in aggiunta i principali risultati dell'esame della sicurezza sismica (struttura portante ed ENID) ai sensi della norma SIA 269/8, ovvero nello specifico:

- fattore di conformità definito nell'ambito dell'esame α_{eff} (struttura portante ed ENID);
- fattore di conformità minimo α_{min} ;
- fattore di conformità dopo l'intervento α_{int} (struttura portante ed ENID) con l'attuazione delle misure previste (conformemente al numero 9.4 della norma SIA 269/8, va perseguito il raggiungimento di un fattore di conformità α_{int} pari a 1,0);
- beni da proteggere considerati nella valutazione della necessità degli interventi di messa in sicurezza sismica;
- decisione motivata sulle misure disposte (proporzionalità);
- descrizione degli interventi di messa in sicurezza sismica, incl. rappresentazioni semplici nei piani dell'opera (visualizzazione del concetto dell'intervento nella pianta e nelle sezioni).

Se il fattore di conformità α_{eff} è inferiore a 1,0, nella convenzione d'utilizzazione deve essere inoltre specificato che il progetto di costruzione non deve ridurre la sicurezza sismica.

2.2 Base del progetto

La base del progetto deve soddisfare i seguenti requisiti in materia di sicurezza sismica:

- indicazione dei parametri ingegneristici per il dimensionamento sismico o la verifica parasismica, quali per esempio lo spettro di dimensionamento (incl. coefficiente d'importanza e coefficiente di comportamento), le caratteristiche dinamiche della struttura portante (periodi di oscillazione) e le proprietà dei materiali degli elementi stabilizzanti;
- indicazione della procedura di calcolo impiegata e delle principali ipotesi adottate per la modellizzazione e il calcolo nel quadro della situazione di dimensionamento sismico;
- indicazione dei dettagli costruttivi relativi ai materiali da costruzione impiegati al fine di assicurare il comportamento previsto della struttura portante (duttilità e coefficiente di comportamento).

2.3 Relazione geotecnica

Nella relazione geotecnica devono essere considerati e illustrati il pericolo sismico a cui è esposto il terreno da edificare (classe di terreno, studi del sito oppure microzonazione spettrale sismica), le instabilità di versante indotte e il potenziale di liquefazione del terreno.

2.4 Calcoli statici e dinamici

I calcoli statici e dinamici devono includere le verifiche concernenti la sicurezza sismica. Sono imprescindibili al riguardo i dati relativi a masse, smorzamento e rigidità (struttura portante e fondazione). A seconda della complessità, dell'importanza e della vulnerabilità della struttura portante o degli ENID considerati, possono anche essere sufficienti analisi e calcoli semplificati (manuali) improntati alla prudenza. Nella fase di progettazione, la priorità va data allo sviluppo di un concetto costruttivo conforme alle norme sismiche per la struttura portante e gli ENID.

Per le costruzioni esistenti, qualora vi sia motivo di procedere all'esame della sicurezza sismica conformemente al numero 6.1.2 della norma SIA 269 [10], oppure che tale esame sia stato condotto per altri motivi, i calcoli statici e dinamici deve essere acclusi in aggiunta al rapporto d'esame della sicurezza sismica ai sensi della norma SIA 269/8 [10]. La verifica della sicurezza sismica deve includere sia la struttura portante sia gli ENID rilevanti (cfr. in merito il cap. 3.4). Le conclusioni della verifica devono comprendere sia il concetto dell'intervento sia le raccomandazioni per il committente. Nei casi di scarso rilievo o che non presentano particolari complessità, così come per le strutture portanti e gli ENID caratterizzati da una vulnerabilità sismica scarsa o nulla, l'esame può essere condotto ricorrendo a considerazioni di tipo qualitativo o a semplici calcoli di stima.

2.5 Rapporto di perizia

L'eventuale obbligo di presentare un rapporto di perizia nel quadro di una procedura di approvazione dei piani ai sensi del diritto ferroviario si evince dalle disposizioni della direttiva OCI-ferr [5]. Se un simile rapporto è richiesto, il perito dovrà includere al suo interno anche la valutazione della sicurezza sismica nel caso in cui siano interessati elementi dell'infrastruttura ferroviaria di cui al capitolo 1.2.

3 Disposizioni specifiche per i sismi

Il presente capitolo riporta le disposizioni di sicurezza sismica applicabili sia alle costruzioni nuove che alle **costruzioni esistenti**.

3.1 Livello di sicurezza per le nuove costruzioni

Le nuove costruzioni sono assoggettate alle disposizioni delle norme SIA relative alle strutture portanti [9]. Ciò assicura un livello di sicurezza appropriato (struttura portante ed ENID) in funzione della classe d'opera. Quest'ultima deve essere determinata secondo le modalità illustrate nel capitolo 3.3. La corretta gestione degli ENID ai sensi delle norme sismiche è illustrata nel capitolo 3.4.

3.2 Raccomandazione d'intervento e valutazione della proporzionalità per le costruzioni esistenti

Per le costruzioni esistenti, oltre alle disposizioni applicabili alle nuove costruzioni è necessario attenersi alle disposizioni delle norme SIA per la conservazione delle strutture portanti [10]. Ciò assicura un livello di sicurezza appropriato (struttura portante ed ENID) in funzione della classe d'opera. Quest'ultima deve essere determinata secondo le modalità illustrate nel capitolo 3.3. La corretta gestione degli ENID ai sensi delle norme sismiche è illustrata nel capitolo 3.4.

La raccomandazione d'intervento deve essere effettuata ai sensi della norma SIA 269/8 [10] sulla base di un esame della sicurezza sismica. All'occorrenza, a un primo esame generale basato sulle forze deve seguire un esame approfondito con analisi dettagliate (n. 6.1 della norma SIA 269 e n. 2.1.2 della norma SIA 269/8).

La raccomandazione d'intervento dipende dal fattore di conformità α_{eff} definito nell'ambito dell'esame dello stato attuale e dal fattore di conformità minimo α_{min} che varia in funzione della classe d'opera. La procedura di cui al numero 9.4 della norma SIA 269/8 [10] per determinare i provvedimenti o i pacchetti di misure (PM) che si rendono necessari è illustrata nella figura 1.

La proporzionalità dei singoli provvedimenti o dei PM deve essere valutata conformemente al numero 10 della norma SIA 269/8 [10]:

- in caso di CO I e II, nello specifico secondo i numeri da 10.2.1 a 10.2.4; inoltre, occorre tenere obbligatoriamente conto dell'Allegato E, il che significa che, oltre alle persone, nella valutazione della proporzionalità occorre includere tra i beni da proteggere anche le costruzioni, gli oggetti e l'esercizio ferroviario (cfr. in merito le note contenute nel capitolo 4);
- in caso di CO II-i e III, nello specifico secondo i numeri 10.2.1 e 10.2.5; va inoltre considerato il numero 10.4, il che significa che, oltre alle persone, nella valutazione della proporzionalità occorre includere tra i beni da proteggere anche la funzione infrastrutturale (funzionalità del manufatto dopo l'evento sismico).

Per valutare l'adeguatezza di un PM, occorre contemplare sia il criterio dell'efficacia degli interventi ($EF_M \geq 1$ o costi dei provvedimenti \leq montante massimo investibile per la sicurezza secondo i criteri di proporzionalità) di cui al numero 10.2.1 della norma SIA 269/8 [10] sia il rapporto tra i costi dei provvedimenti di sicurezza sismica e l'importo complessivo investito nella struttura. Quest'ultimo aspetto può assumere un ruolo determinante ai fini dell'attuazione di alcuni provvedimenti, anche nel caso in cui non risultino proporzionati in base alle disposizioni della norma. Il capitolo 4 contiene specifiche supplementari in relazione ai principali parametri da utilizzare per il calcolo della proporzionalità. Gli esempi contenuti negli allegati A e B mostrano inoltre come determinare e valutare la proporzionalità nella pratica.

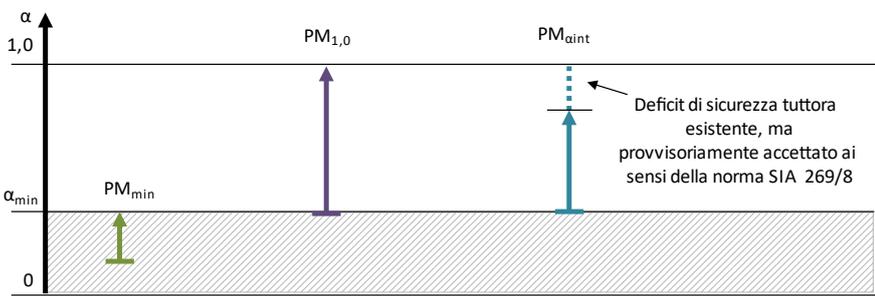
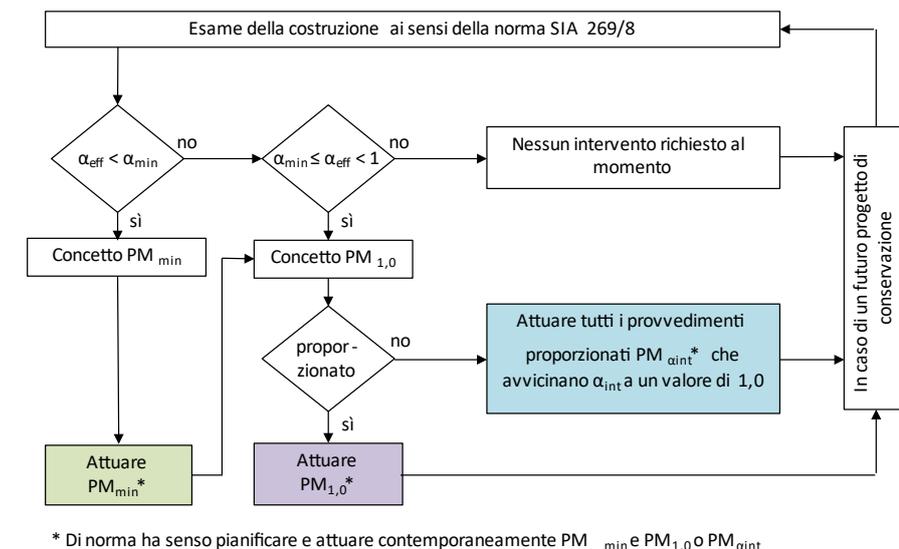


Fig. 1 Determinazione dei provvedimenti o pacchetti di misure (PM) da attuare ai sensi della norma SIA 269/8 [10]

3.3 Determinazione della classe d'opera (CO) di costruzioni nuove ed esistenti

La classe d'opera (CO) di una determinata opera di infrastruttura ferroviaria dipende dai seguenti fattori:

- Dal requisito minimo per la classe d'opera (CO_{min}) dato dall'importanza della costruzione stessa conformemente alla sezione I di seguito;
- Dalla dipendenza della disponibilità delle tratte ferroviarie dal funzionamento della costruzione in seguito a un evento sismico;
- Dall'importanza della tratta o delle tratte interessate, definita tramite la cosiddetta classe sismica della tratta (CST) conformemente alla sezione II di seguito; e
- Dalle interdipendenze con altri vettori di trasporto (p. es. una strada importante) o con altre costruzioni (p. es. una costruzione di terzi di importanza vitale).

Il diagramma di flusso riportato nella sezione III di seguito (figura 2) può essere utilizzato come ausilio per assegnare una costruzione a una classe d'opera tenendo conto degli aspetti sopra elencati.

I. Requisito minimo per ogni classe d'opera

Il requisito minimo richiesto per ogni classe d'opera CO_{min} degli elementi di infrastruttura ferroviaria (cfr. cap. 1.2) è definito nella tabella 1 per la categoria «Opere di genio civile e altre costruzioni» e nella tabella 2 per la categoria «Edifici». Sono considerati in primo luogo gli elementi di rilievo ai fini della sicurezza dell'esercizio ferroviario. Per gli edifici, il requisito minimo determinante per la classe d'opera CO_{min} corrisponde alla classe d'opera massima che può essere attribuita alla costruzione in funzione dei quattro criteri seguenti: occupazione di persone, valore dei beni, ambiente e funzione infrastrutturale. Per far fronte a interessi specifici, il GI ha comunque la facoltà di prevedere requisiti più elevati rispetto a quelli indicati nelle tabelle 1 e 2.

In linea di principio, a nessun elemento dell'infrastruttura ferroviaria viene attribuita la classe d'opera III, in quanto alla funzione dell'infrastruttura ferroviaria non viene assegnato un ruolo d'importanza vitale («lifeline»). Tuttavia, in presenza di interessi propri specifici, per un GI può essere opportuno assegnare alla classe d'opera III un determinato elemento che risulta di estrema importanza ai fini dell'esercizio o per la gestione dei sinistri. Nell'ambito della convenzione d'utilizzazione devono pertanto essere definiti e attuati i corrispondenti requisiti per la struttura portante e gli ENID rilevanti. Possibili esempi includono: centri d'intervento, centrali operative, edifici con tecnica ferroviaria di grande importanza o ripari/depositi con materiale di soccorso o ausiliario (treni di spegnimento, ponti provvisori ecc.).

| Requisito minimo per la classe d'opera CO_{min} di opere di genio civile e altre costruzioni | | |
|---|--|-------------------------|
| Elemento | Caratteristica | CO_{min} |
| Ponte, opera di protezione | | CO II ¹⁾ |
| Sottopasso | | CO I |
| Opera geotecnica ²⁾ | Terrapieno, scarpata | CO II ¹⁾ |
| | Trincea, valle antirumore | CO I |
| Costruzione di sostegno ²⁾ | | CO II ¹⁾ |
| Accesso ai marciapiedi, pensilina, copertura di marciapiedi e sala d'attesa sui marciapiedi | Stazione ferroviaria di medie e grandi dimensioni ³⁾ | CO II |
| | Stazione ferroviaria di piccole dimensioni / fermata ³⁾ | CO I |
| Galleria ferroviaria, paravalanghe, galleria speciale (cunicolo di | | CO II ¹⁾ |

Tab. 1 Requisito minimo per la classe d'opera CO_{min} di opere di genio civile e altre costruzioni

¹⁾ CO I se di importanza secondaria dopo un sisma (cfr. esempi nella tabella 25 della norma SIA 260 [9])

²⁾ Cfr. anche la documentazione USTRA [13] e [14]

³⁾ Cfr. anche tabella 2

| Requisito minimo per la classe d'opera CO _{min} di edifici | | |
|---|--|---|
| | CO I | CO II |
| Persone | <input type="checkbox"/> Occupazione di persone PB ≤ 50 per edifici abitativi: fino a 100 stanze per edifici adibiti a uffici: fino a 2000 m ² di superficie netta fino a 200 posti di lavoro per edifici commerciali: fino a 500 m ² di superficie di vendita lorda per officine: fino a 200 posti di lavoro (esercizio in 1 singolo turno) <input type="checkbox"/> stazione di piccole dimensioni / fermata occupazione massima di persone PB _{max} ≤ 500 persone (numero consentito in base alle prescrizioni antincendio) | <input type="checkbox"/> Occupazione di persone PB > 50 per edifici abitativi: più di 100 stanze per edifici adibiti a uffici: più di 2000 m ² di superficie netta più di 200 posti di lavoro per edifici commerciali: più di 500 m ² di superficie di vendita lorda per officine: più di 200 posti di lavoro (esercizio in 1 singolo turno) <input type="checkbox"/> stazione di medie o grandi dimensioni occupazione massima di persone PB _{max} > 500 persone (numero consentito in base alle prescrizioni antincendio) (p. es. eventi, manifestazioni ecc.) |
| Valore dei beni | <input type="checkbox"/> Beni e installazioni senza alcun particolare valore | <input type="checkbox"/> Beni e installazioni di particolare valore |
| Ambiente | <input type="checkbox"/> Danni per l'ambiente esclusi | <input type="checkbox"/> Danni per l'ambiente possibili |
| | CO I | Nuovo: CO II Esistente: CO II-i |
| Funzione infrastrutturale | <input type="checkbox"/> Il mancato funzionamento della costruzione ha ripercussioni limitate o solo di breve termine sull'esercizio ferroviario, in quanto riveste un'importanza secondaria oppure, dopo un sisma, la sua funzione può essere presa in carico da un'altra costruzione (p. es. tramite una deviazione). | <input type="checkbox"/> Il mancato funzionamento della costruzione ha ripercussioni rilevanti o di medio-lungo termine sull'esercizio ferroviario. |

Tab. 2 Requisito minimo per la classe d'opera CO_{min} di edifici

II. Classe sismica della tratta CST

Per definire la classe d'opera di una costruzione, è determinante l'importanza rivestita dalla tratta o dalle tratte interessate lungo o in prossimità della quale o delle quali è situata tale costruzione. L'importanza di una tratta può essere stabilita tramite la sua assegnazione ad una classe sismica della tratta (CST). In base alla sua importanza per il traffico ferroviario, il GI può assegnare una tratta a una delle quattro classi sismiche (da CST 0 a CST III) conformemente alle disposizioni di cui alla tabella 3. La determinazione delle classi sismiche delle tratte è di competenza del GI.

Nell'assegnare una tratta a una classe CST, occorre considerare gli effetti di un eventuale mancato funzionamento a livello sociale, economico e statale, privilegiando al riguardo gli interessi a livello regionale (Cantoni come entità statali locali/federate) rispetto a quelli a livello nazionale (stato federale). Devono essere considerate le conseguenze di un'interruzione del traffico ferroviario giornaliero («Quali ripercussioni avrebbe per il Comune o la regione il mancato funzionamento della tratta che serve il Comune o la regione in questione?»).

| Classe sismica della tratta | Funzione infrastrutturale della tratta ferroviaria |
|-----------------------------|--|
| CST 0 | Di importanza secondaria Eventuali interruzioni della tratta non comportano conseguenze rilevanti. |
| CST I | Normale Eventuali interruzioni della tratta comportano ripercussioni di modesta entità a livello locale per la società, l'economia e lo stato. Sono presenti sufficienti possibilità in termini di ridondanze e compensazioni. |
| CST II | Importante Dopo un sisma, la tratta assume un ruolo importante ma non vitale. Eventuali danni comportano ripercussioni significative per la società, l'economia e lo stato. La ridondanza è insufficiente e l'organizzazione di una compensazione pone notevoli difficoltà. |
| CST III | Di importanza vitale Dopo un sisma, la tratta assume una funzione di importanza vitale nelle fasi di soccorso e risposta (di grande importanza per l'accessibilità di determinate costruzioni o di un'area dopo un sisma). Non esistono ridondanze né possibilità di compensazione. Eventuali danni comportano gravi ripercussioni per la società, l'economia e lo stato. |

Tab. 3 Classi sismiche delle tratte CST in base all'importanza della tratta

III. Assegnazione a una classe d'opera con l'ausilio di un diagramma di flusso

Considerate le interdipendenze e le prescrizioni applicabili, la definizione della classe d'opera di una determinata opera di infrastruttura ferroviaria avviene secondo il seguente schema di flusso (fig. 2).

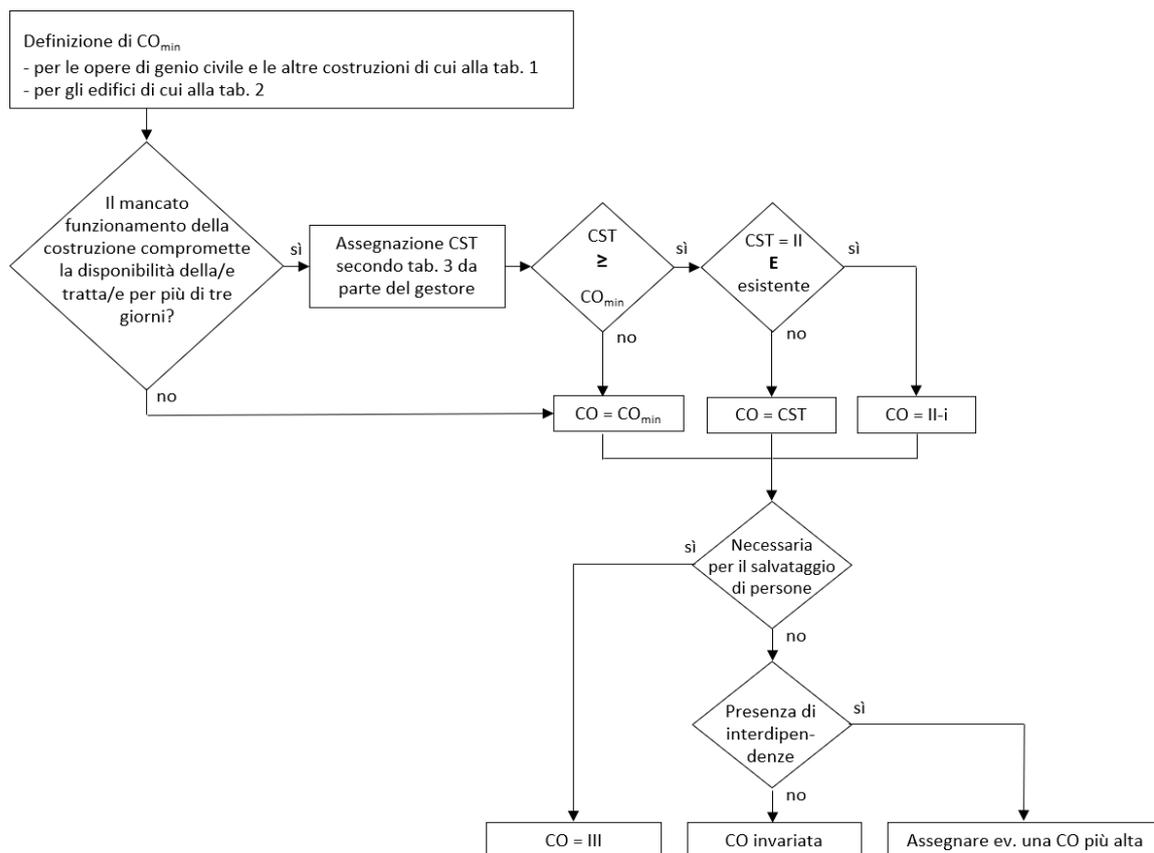


Fig. 2 Diagramma di flusso per la determinazione della classe d'opera

Un esempio di installazioni necessarie per le operazioni di salvataggio/recupero di persone è rappresentato dai centri d'intervento con i treni di spegnimento e salvataggio solitamente ospitati in questo tipo di strutture.

Le eventuali interdipendenze, che devono essere chiarite con gli stati maggiori di crisi dei Cantoni, possono comportare l'assegnazione di una classe d'opera superiore, come per esempio nel caso di:

- un ponte ferroviario che passa sopra una strada con una classe sismica superiore (p. es. sopra un asse di salvataggio con classe CST III);
- un muro di sostegno il cui cedimento mette a rischio anche una costruzione di terzi con una classe d'opera superiore (p. es. caserma dei vigili del fuoco o strada con una classe CST superiore).

Il GI può optare per una classe d'opera diversa da quella risultante dal diagramma di flusso della figura 2, a condizione che le interdipendenze per le classi d'opera descritte nell'introduzione al capitolo 3.3 siano state adeguatamente considerate e che venga fornita una motivazione chiara e logica per l'assegnazione alla classe d'opera differente. Anche in questo caso (cfr. primo paragrafo della sezione I nel cap. 3.3), il GI ha la facoltà di stabilire requisiti più rigorosi sulla base di interessi specifici, ovvero di assegnare una classe d'opera superiore rispetto a quella risultante dal diagramma di flusso.

3.4 Elementi non strutturali, impianti e dispositivi (ENID)

Una costruzione è generalmente costituita da una struttura portante e da una serie di elementi non strutturali (o elementi secondari), impianti e dispositivi:

- elementi non strutturali elementi architettonici in generale, tra cui p. es. scale, pareti divisorie, controsoffitti, parapetti;
- impianti p. es. tecnica ferroviaria, impiantistica, ascensori;
- dispositivi fissi altri elementi presenti nella costruzione, tra cui p. es. sistemi/elementi informatici, armadi e scaffali.

La figura 3 fornisce un riepilogo della gestione conforme alle norme sismiche degli ENID sia nelle nuove costruzioni che in quelle esistenti. Per informazioni dettagliate in merito si rimanda alla pubblicazione dell'UFAM sulla sicurezza sismica degli ENID [12].

Conformemente al numero 46.3.3 della direttiva OPAPIF [4], per gli impianti di distribuzione della corrente di trazione il GI è tenuto a confermare, nell'ambito della PAP ai sensi del diritto ferroviario, l'adempimento delle corrispondenti disposizioni di prevenzione sismica secondo la direttiva ESTI numero 248 [6]. La gestione degli ENID negli impianti di produzione di energia (centrali elettriche e convertitori) è specificata al numero 4.5 della direttiva ESTI numero 248.

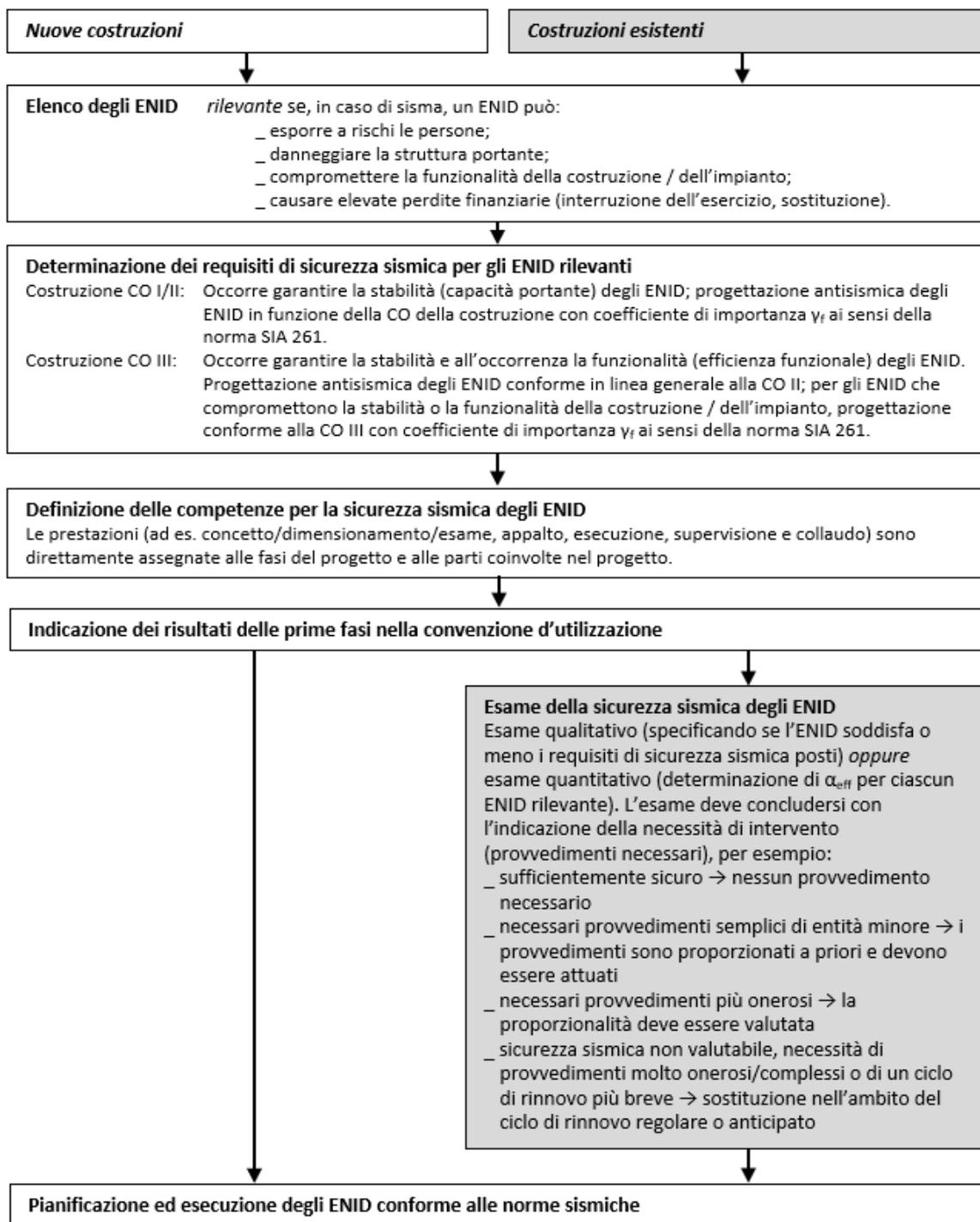


Fig. 3 Gestione conforme alle norme sismiche degli ENID

4 Indicazioni per la determinazione della proporzionalità in caso di costruzioni esistenti

Diversi parametri della norma SIA 269/8 [10] assumono un ruolo importante nel determinare la proporzionalità. Per alcuni di essi, si rende necessario chiarire il margine di manovra deliberatamente concesso dalla norma, mentre per altri sono opportune precisazioni a livello di interpretazione. Di seguito si provvederà a esaminare i parametri interessati specificando di volta in volta i valori da utilizzare per gli impianti ferroviari.

4.1 Durata d'utilizzo rimanente d_r

Ai sensi della norma SIA 269/8 [10], si ammette di regola una durata d'utilizzo rimanente d_r pari a minimo 30 anni. Per gli impianti ferroviari vengono stabiliti i seguenti valori indicativi:

| Elementi dell'infrastruttura ferroviaria | Valore indicativo della durata d'utilizzo rimanente |
|--|---|
| Edifici | 50 anni |
| Opere di genio civile | 80 anni |
| Altre costruzioni ¹⁾ | 50 o 80 anni |

Tab. 4 Valori indicativi della durata d'utilizzo rimanente d_r

¹⁾ A seconda se le rispettive caratteristiche li accomunino maggiormente a un edificio o a un'opera di genio civile.

Per le costruzioni che sono sottoposte a regolare manutenzione e rimangono di fatto in esercizio a tempo indeterminato, è senz'altro ipotizzabile una durata d'utilizzo rimanente ancora più lunga. Eventuali durate d'utilizzo rimanente inferiori rispetto a quelle indicate sopra devono essere adeguatamente motivate. In particolare, è richiesta una motivazione valida nel caso in cui la durata d'utilizzo rimanente sia inferiore a 30 anni.

4.2 Occupazione di persone PB

Le basi per la determinazione dell'occupazione di persone PB negli edifici sono sancite al paragrafo 10.3 della norma SIA 269/8 [10]. Nella tabella 5 sono ricapitolati i dati necessari per determinare o stimare l'occupazione di persone per determinati elementi dell'infrastruttura ferroviaria. Per gli elementi situati lungo la tratta (p. es. ponte, muro di sostegno, paravalanghe ecc.), nella tabella 6 vengono forniti in aggiunta dei valori indicativi per la probabilità che il cedimento di un elemento coinvolga una persona.

| Utilizzo / Categoria | Determinazione o stima dell'occupazione di persone |
|-------------------------------------|--|
| Utilizzazione mista | <ul style="list-style-type: none"> _ Determinazione dell'occupazione di persone esposte al pericolo per ciascun locale, per esempio uffici, locali tecnici, locali di soggiorno e dormitori, mensa ecc. _ Somma totale delle persone che normalmente risiedono nella struttura e che sono esposte al pericolo |
| Elementi della tratta ¹⁾ | <ul style="list-style-type: none"> _ Determinazione del numero di treni passeggeri che circolano ogni giorno sulla tratta o sui binari interessati dal cedimento dell'opera (N_z)²⁾ _ Determinazione dell'occupazione media dei treni passeggeri (B) _ Determinazione del numero di persone esposte al rischio ($N_P = N_z \times B$) _ Determinazione della probabilità P che una persona sia interessata dal cedimento dell'opera (i valori indicativi per la probabilità P sono specificati nella tab. 6) _ Determinazione del numero di persone esposte al pericolo ($PB = P \times N_P$) |
| Zone dei marciapiedi | <ul style="list-style-type: none"> _ Determinazione del numero giornaliero di viaggiatori che salgono, scendono o cambiano treno²⁾ _ Viene ipotizzata una permanenza media di 10 minuti per i viaggiatori che salgono a bordo e di 3 minuti per quelli che scendono da un treno (i valori devono essere adattati in funzione della situazione effettiva della stazione / del marciapiede e, in base alla configurazione dei marciapiedi, può essere ipotizzata una situazione di pericolo anche a bordo del treno; una stazione terminale si differenzia da una stazione di transito) _ Determinazione del numero di persone esposte al pericolo moltiplicando il numero di viaggiatori che salgono, scendono o cambiano treno per i tempi medi di permanenza di cui sopra e dividendo il valore ottenuto per 1440 (24 h x 60 min/h) |
| Sottopassi e passerelle | <ul style="list-style-type: none"> _ Determinazione del numero totale di persone che utilizzano ogni giorno il sottopasso o la passerella²⁾ _ Determinazione del tempo medio di transito di una singola persona, tenendo conto della lunghezza del sottopasso, di eventuali fenomeni di congestione e della durata potenziale di permanenza _ Determinazione del numero di persone esposte al pericolo moltiplicando il numero totale di persone per il tempo medio di transito e dividendo il valore ottenuto per 1440 (24 h x 60 min/h) |

Tab. 5 Informazioni sulla determinazione o stima dell'occupazione di persone PB

¹⁾ Per esempio ponti, muri di sostegno e paravalanghe ²⁾ Prendere in considerazione il periodo di previsione noto

| Velocità del treno | Lunghezza della costruzione ¹⁾ | | | | |
|--------------------|---|------|-------|-------|-------|
| | 20 m | 50 m | 100 m | 200 m | 500 m |
| 20 km/h | 1E-4 | 2E-4 | 3E-4 | 5E-4 | 10E-4 |
| 50 km/h | 2E-4 | 2E-4 | 3E-4 | 3E-4 | 6E-4 |
| 100 km/h | 3E-4 | 3E-4 | 3E-4 | 4E-4 | 5E-4 |
| 150 km/h | 4E-4 | 5E-4 | 5E-4 | 5E-4 | 6E-4 |
| 200 km/h | 6E-4 | 6E-4 | 6E-4 | 6E-4 | 7E-4 |

Tab. 6 Valori indicativi per la probabilità (P) che una persona sia messa in pericolo dal cedimento di un elemento della tratta

¹⁾ Lunghezza della costruzione: corrisponde p. es. alla lunghezza del ponte, del muro di sostegno o del paravalanghe.

Nella tabella 6 sono riportati i valori indicativi per la probabilità (P) che una persona sia messa in pericolo dal cedimento di un elemento della tratta in funzione della velocità del treno e della lunghezza della costruzione. Al riguardo, la velocità del treno esercita due effetti contrapposti: una velocità inferiore accresce le probabilità di trovarsi nella zona a rischio al momento del cedimento dell'opera (p. es. ponte che crolla); con l'aumentare della velocità del treno, tuttavia, a causa della maggiore distanza di frenatura crescono le probabilità che un treno che si sta avvicinando a una zona pericolosa non riesca ad arrestare la corsa in tempo. La probabilità di trovarsi nella zona minacciata aumenta anche di pari passo con la lunghezza dell'elemento di una tratta che può subire un danno.

4.3 Valore della costruzione BW

Soprattutto nel caso degli edifici, oltre al valore della struttura portante, il valore della costruzione (BW) include anche il valore dei singoli elementi architettonici (p. es. finiture dei soffitti, pareti, rivestimenti, sistemi di costruzione per facciate, parapetti e ringhiere, scale, porte, finestre, coperture) e degli elementi di impiantistica (p. es. illuminazione, ascensori, tubazioni, elementi per la climatizzazione) conformemente alla raccomandazione dell'UFAM in materia di sicurezza sismica degli ENID [12]. La funzionalità degli elementi architettonici o di impiantistica può venir compromessa in modo diretto dall'eventuale danneggiamento della struttura portante. In caso di serio danneggiamento della struttura portante essi possono subire un danno totale.

Come valore della costruzione (BW) va impiegato il valore per la sostituzione della costruzione, ovvero il costo che bisognerebbe sostenere per realizzare nuovamente la stessa costruzione con le medesime caratteristiche (p. es. per quanto riguarda i materiali). All'occorrenza, il valore per la sostituzione della costruzione può essere stimato sulla base dei costi che dovrebbero essere sostenuti per sostituire una costruzione distrutta con una costruzione equivalente che, per esempio, assolve alla stessa funzione ma differisca nella struttura da quella esistente.

4.4 Fattore di rischio per la costruzione BRF

Per determinare il fattore di rischio per la costruzione BRF per gli edifici con una quota usuale di elementi architettonici e di impiantistica, occorre utilizzare la curva superiore (linea continua) della figura 16 della norma SIA 269/8 [10]. Per tutti gli altri tipi di costruzioni, invece, di regola bisogna utilizzare la curva inferiore (linea tratteggiata). Nella tabella 7 vengono fornite indicazioni sulla scelta del fattore di rischio per la costruzione.

| Fattore di rischio per la costruzione | Caratterizzazione | Esempi |
|---------------------------------------|---|--|
| Curva superiore (linea continua) | _ Quota rilevante di elementi architettonici e di impiantistica come pareti divisorie, scale, controsoffitti, pavimenti tecnici, tubazioni ecc. | _ cabina di smistamento, stazioni, edifici amministrativi ecc. |
| Curva inferiore (linea tratteggiata) | _ Praticamente solo la struttura portante | _ Ponti, muri di sostegno, semplice tunnel ecc. |

Tab. 7 Indicazioni per la scelta del fattore di rischio per la costruzione BRF in riferimento alla figura 16 della norma SIA 269/8 [10]

4.5 Valore dei beni SW

Con la norma SIA 269/8 [10], viene coperto il rischio di danni agli oggetti di valore causati da un comportamento sfavorevole della struttura portante, come il crollo, oppure deformazioni rilevanti o grandi accelerazioni della stessa. Per esempio, è possibile che degli oggetti subiscano danni perché schiacciati nel crollo della struttura portante o di ENID, oppure perché subiscono un ribaltamento, deformazioni o spostamenti di notevole entità, ma anche per effetto del considerevole sviluppo di polvere nel caso di oggetti ad essa sensibili. La tabella 8 contiene indicazioni sugli oggetti di valore da prendere in considerazione di norma per la determinazione del valore dei beni (SW).

| Elementi dell'infrastruttura ferroviaria | Oggetti di valore da considerare |
|--|--|
| Edifici | Attrezzature d'ufficio, apparati centrali, infrastruttura informatica, materiale rotabile, macchinari, strumenti, impianti tecnico-ferroviari e altri impianti d'esercizio |
| Opere di genio civile | Impianti tecnico-ferroviari, materiale rotabile ecc. |
| Altre costruzioni ¹⁾ | Cfr. Edifici e Opere di genio civile |

Tab. 8 Oggetti potenzialmente di valore negli elementi dell'infrastruttura ferroviaria

¹⁾ A seconda che le rispettive caratteristiche li accomunino maggiormente agli edifici o alle opere di genio civile

Come valore dei beni deve essere utilizzato e considerato il valore per la sostituzione se quest'ultimo corrisponde allo stesso ordine di grandezza del valore della costruzione. Per le eccezioni a tale criterio si rimanda al capitolo 4.9.

4.6 Fattore di rischio per oggetti SRF

La tabella 9 fornisce alcuni orientamenti utili per scegliere il fattore di rischio per oggetti SRF. È consigliabile non optare per valori intermedi.

| Fattore di rischio per oggetti | Indicazioni |
|--------------------------------|---|
| 0,05 | <ul style="list-style-type: none"> _ Gli oggetti subiscono danni solo in caso di crollo totale della struttura portante o di elementi secondari. _ Gli oggetti si trovano principalmente in aree che si presume non saranno interessate da un eventuale crollo (p. es. oggetti situati nel piano interrato). |
| 0,2 | <ul style="list-style-type: none"> _ Gli oggetti subiscono danni non appena la struttura portante viene sottoposta a deformazioni importanti. _ Gli oggetti si trovano principalmente in aree che possono essere interessate da un crollo della struttura portante o di elementi secondari. _ Gli oggetti subiscono danni in caso di cedimenti a livello locale (p. es. rottura degli appoggi o deragliamento di un treno). _ Gli oggetti subiscono danni in caso di formazione di polvere. |

Tab. 9 Indicazioni per la scelta del fattore di rischio per oggetti SRF

4.7 Costi d'interruzione UK

I costi d'interruzione (UK) del servizio fornito sono da considerare laddove rappresentino più del 20 per cento del valore della costruzione.

Se il mancato funzionamento di una costruzione in seguito ai danni subiti comporta l'interruzione dell'esercizio ferroviario, devono essere fissati come costi d'interruzione (UK) i costi necessari per il mantenimento dell'esercizio (servizio sostitutivo, ponte d'emergenza ecc.). Qualora a seguito del mancato funzionamento di una costruzione si incorra in perdite di profitto, nei costi d'interruzione deve essere computato il cosiddetto profitto minacciato, che si ottiene sottraendo dalla cifra d'affari i costi variabili che vengono meno nel breve e medio termine a causa del mancato funzionamento. Poiché l'entità dei costi variabili tende a essere piuttosto marginale, come approssimazione di massima dell'importo dei costi d'interruzione è possibile basarsi sul fatturato che viene a mancare con l'interruzione dell'esercizio.

L'importo dei costi d'interruzione può essere determinato come segue:

- stima del tempo (p. es. in numero di mesi) necessario per ripristinare in gran parte (> 90 %) la funzione;
- determinazione dei costi d'interruzione in caso di danno totale (crollo o danneggiamento che comporta la demolizione) della costruzione in esame per unità di tempo (p. es. franchi/mese);
- determinazione dei costi d'interruzione moltiplicando la durata dell'interruzione per i costi per unità di tempo.

4.8 Fattore di rischio di interruzione URF

Il fattore di rischio di interruzione (URF) indicato al numero E.4.6 della norma SIA 269/8 [10] è pari a 0,5. Questo fattore deve essere utilizzato senza variazioni quando i costi d'interruzione vengono calcolati secondo la procedura descritta sopra. Come menzionato al paragrafo E.4.6 della norma SIA 269/8, un adattamento del fattore di rischio di interruzione in funzione della durata del mancato funzionamento si rende necessario solo quando i costi di interruzione vengono calcolati su base standardizzata per la durata di un anno.

4.9 Valore della costruzione e dei beni direttamente interessati BSW

Conformemente ai paragrafi 10.2.5 e 10.4 della norma SIA 269/8 [10], per le infrastrutture aventi ruolo vitale o ruolo importante (CO III o CO II-i), va considerata la disponibilità a investire non solo per la riduzione del rischio per le persone, ma anche per salvaguardare la funzione infrastrutturale. Al riguardo, il valore della costruzione e dei beni direttamente interessati BSW da utilizzare è composto sempre dalla somma dei due valori BW e SW. Ciò significa che il valore dei beni direttamente interessati SW va considerato in questo caso anche se non corrisponde allo stesso ordine di grandezza del valore della costruzione.

4.10 Montante investito per la sicurezza SIC_M

Il montante investito per la sicurezza (SIC_M) include almeno i costi di costruzione e i costi di progettazione. A seconda che gli interventi di messa in sicurezza sismica vengano pianificati nel quadro più generale di un progetto di manutenzione comprendente anche la struttura portante oppure che siano realizzati in maniera autonoma, senza alcun legame con un altro progetto, possono insorgere costi aggiuntivi per gli interventi di smantellamento e ripristino e la relativa progettazione (p. es. di superfici o elementi tecnico-ferroviari). Se questi costi aggiuntivi non vengono calcolati separatamente, per l'importo complessivo del montante investito nella sicurezza è possibile stimare un importo equivalente a 1–3 volte il costo di costruzione.

Allegato A

Esempio applicativo: viadotto

A.1 Sintesi

Il viadotto è assegnato alla classe d'opera CO II con un fattore di conformità minimo α_{\min} di 0,25. In seguito alla verifica della sicurezza sismica, il viadotto presenta un fattore di conformità $\alpha_{\text{eff}} = 0,15$. Pertanto il fattore di conformità minimo non è rispettato.

Ai sensi della norma SIA 269/8, occorre realizzare almeno degli interventi volti a raggiungere α_{\min} . A tal fine viene elaborato il pacchetto di misure PM_{\min} , che prevede l'aumento della resistenza del terreno di fondazione. I costi del PM_{\min} sono stimati a 250 000 franchi.

Altri pacchetti di misure volti al raggiungimento di fattori di conformità pari a 1,0 ($PM_{1,0}$) e 0,7 ($PM_{0,7}$) sono sottoposti a verifica per valutarne la proporzionalità. Quest'ultima viene confermata per il $PM_{0,7}$, mentre il $PM_{1,0}$ risulta sproporzionato, seppure di strettissima misura. Il $PM_{1,0}$, che include il rafforzamento delle sommità dei piloni, della fondazione, delle spalle e degli appoggi, viene attuato comunque alla luce dell'elevato guadagno in termini di sicurezza e dell'efficacia degli interventi EF_M , che arriva a sfiorare il valore di 1,0. I costi del $PM_{1,0}$ sono stimati a 260 000 franchi.

L'obiettivo perseguito di $\alpha_{\text{int}} \geq 1,0$ (n. 9.4.1 della norma SIA 269/8) viene pertanto raggiunto. Ciò significa che dopo l'attuazione dei pacchetti di misure PM_{\min} e $PM_{1,0}$ non sussiste più alcun deficit di sicurezza.

A.2 Costruzione, utilizzo, occupazione di persone e valori

| Aspetto | Descrizione | Spiegazione |
|---|---|---|
| Struttura portante | Viadotto lungo con breve ponte in costruzione mista. Il breve ponte che attraversa il fiume poggia sui piloni del viadotto. | |
| Dimensioni L x l | 330 m x 12,5 m / 70 m x 12,5 m | |
| Concetto strutturale | Trave continua / trave semplice | Viadotto in pietra di cava e muratura a strati. Ponte con soletta di copertura in calcestruzzo e struttura a traliccio in acciaio |
| Controventatura | Longitudinale: spalle fisse o mobili. Trasversale: mensola con piloni fondati nel terreno | |
| Utilizzo | Trasporto ferroviario di passeggeri e di merci | |
| Traffico | 86 treni al giorno | - 2 treni passeggeri per direzione all'ora (76 = 4 x 19 h) con una occupazione media di 100 persone. - 5 treni merci per direzione al giorno su media settimanale Velocità della tratta corrispondente: 150 km/h. |
| Persone esposte al pericolo (valore medio delle persone potenzialmente minacciate sulla durata di utilizzo) | PB = 4 | Ogni giorno transitano sul ponte circa 7600 persone (76 treni con in media 100 persone per treno). Probabilità che una persona sia coinvolta dal cedimento del viadotto: $P = 5E-4$ (tab. 6). $PB = 7600 \times 5E-4 = 3,8$ persone. |
| Valore della costruzione | BW = fr. 40 milioni | Valore per la sostituzione di 8000^1 fr./m ² (8000 x 400 m x 12,5 m). Parte irrilevante di ENID. |
| Valori dei beni | SW = fr. 13 milioni | Ogni giorno transitano sul ponte 86 composizioni di treni per un valore di 30 milioni di franchi. Probabilità calcolata in maniera analoga al valore dell'occupazione di persone. Valori dei beni = $5E-4 \times 86 \times 30$ milioni = fr. 1,3 milioni. |
| Costi d'interruzione | UK = fr. 6 milioni | I costi d'interruzione sono stimati a 100 000 franchi al giorno per 2 mesi. Tuttavia, ai sensi della norma SIA 269/8 (E.4.1), i costi d'interruzione non devono essere considerati in quanto inferiori al 20 % del valore della costruzione. |
| Durata d'utilizzo rimanente | $d_r = 100$ anni | Secondo il capitolo 4.1 della presente direttiva, la durata d'utilizzo rimanente minima è di 80 anni. Il GI ha fissato la durata d'utilizzo rimanente a 100 anni. |

Tab. A.1 Informazioni rilevanti sulla struttura portante e sul suo utilizzo

¹⁾ Questi costi di sostituzione sono specificati dal gestore e possono variare considerevolmente. Per esempio, alcuni GI stimano il valore per la sostituzione a 11 000 fr./m².

A.3 Classe d'opera

La classe d'opera del viadotto è determinata secondo la procedura di cui al capitolo 3.3 della presente direttiva. Come riportato nella tabella 1, il requisito minimo per la classe d'opera CO_{min} è pari a CO II per i ponti. Il ponte è situato su una tratta d'importanza normale, con classe sismica CST I. La costruzione è pertanto assegnata alla classe d'opera CO II (cfr. fig. A.1).

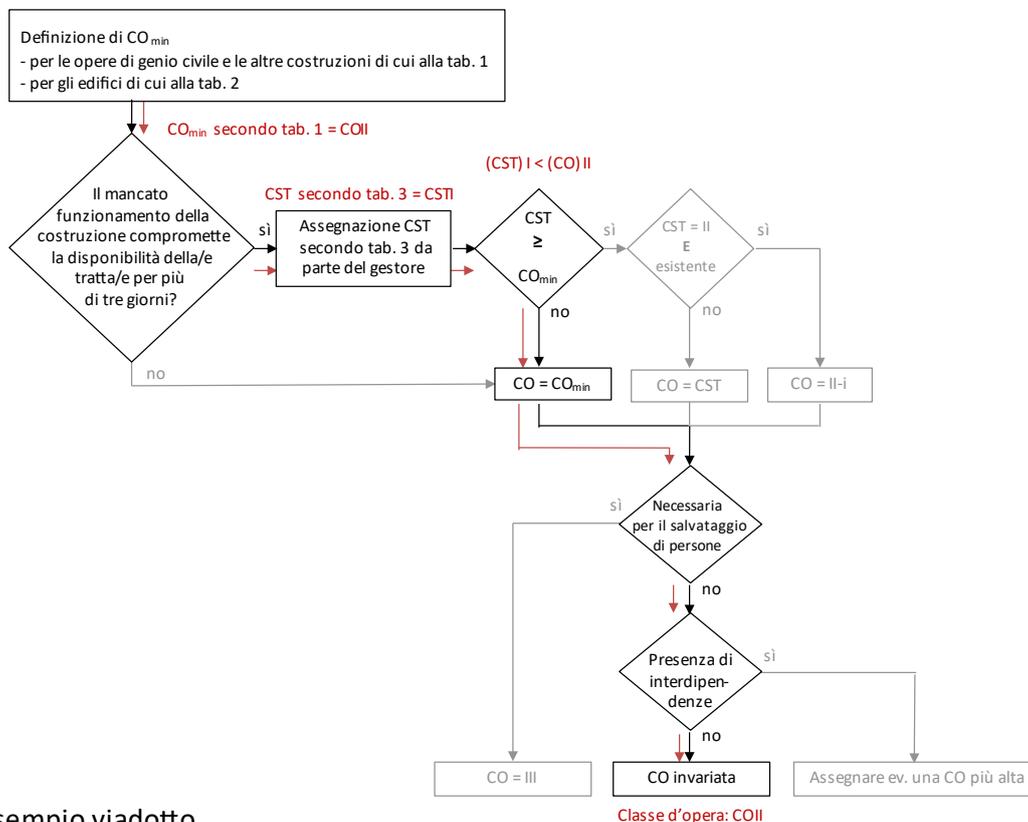


Fig. A.1 Diagramma di flusso per la determinazione della classe d'opera

A.4 Valutazione della sicurezza sismica

La valutazione della sicurezza sismica evidenzia per il viadotto un fattore di conformità $\alpha_{eff} = 0,15$. Tale fattore si basa sui punti critici rilevati, riportati qui di seguito.

| Punto critico | Fattore di conformità α_{eff} | Valutazione della sicurezza sismica |
|--|--------------------------------------|---|
| 1) Fondazione del viadotto, introduzione di forze nel terreno di fondazione in corrispondenza dei piloni di riva C e D | 0,15 | Provvedimenti necessari, in quanto α_{eff} è inferiore a $\alpha_{min} = 0,25$ |
| 2) Struttura portante del viadotto, resistenza in senso trasversale: sommità dei piloni A e B | 0,25 | Provvedimenti necessari, nella misura in cui proporzionati |
| 3) Fondazione del viadotto, introduzione di forze nel terreno di fondazione in corrispondenza dei piloni A, B ed E | 0,7 | Provvedimenti necessari, nella misura in cui proporzionati |
| 4) Dispositivi di appoggio in corrispondenza dei piloni C e D, senso trasversale | 0,4 | Provvedimenti necessari, nella misura in cui proporzionati |
| Fattore di conformità determinante | 0,15 | |

Tab. A.2 Tabella riepilogativa dei fattori di conformità α_{eff}

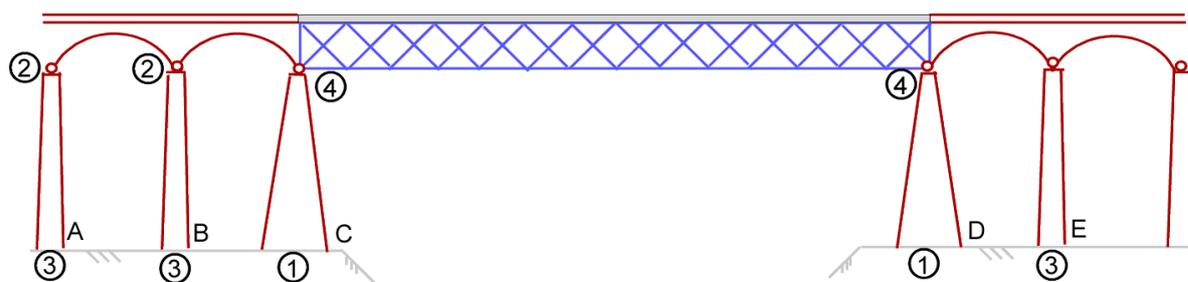


Fig. A.2 Visualizzazione dei punti critici

Il viadotto presenta in totale poco meno di 30 archi. In questo esempio si presuppone che i punti critici di cui nella figura A.2 interessino solo il segmento rappresentato (piloni A–E), situato in prossimità del fiume, e che gli altri archi non presentino invece i punti critici 2–4.

A.5 Raccomandazione d'intervento

A.5.1 Misure volte a eliminare i punti critici

| Misura | Descrizione | Costo totale | Fattore di conformità locale |
|--------|---|---------------|---|
| a) | Aumento della resistenza del terreno di fondazione in corrispondenza dei piloni di riva C e D (punto critico 1) | fr. 250 000.– | localmente $\alpha_{eff} = 0,15 \rightarrow \alpha_{int} = 1,0$ |
| b) | Rafforzamento della sommità dei piloni A e B (punto critico 2) | fr. 120 000.– | localmente $\alpha_{eff} = 0,25 \rightarrow \alpha_{int} = 1,0$ |
| c) | Rafforzamento delle fondazioni dei piloni A, B ed E (punto critico 3) | fr. 60 000.– | localmente $\alpha_{eff} = 0,7 \rightarrow \alpha_{int} = 1,0$ |
| d) | Rafforzamento dei dispositivi di appoggio dei piloni C e D (punto critico 4) | fr. 80 000.– | localmente $\alpha_{eff} = 0,4 \rightarrow \alpha_{int} = 1,0$ |

Tab. A.3 Misure volte a eliminare i punti critici

Per migliorare la sicurezza sismica della costruzione, le singole misure vengono raggruppate in appositi pacchetti. Nella tabella A.4 viene fornita una ricapitolazione dei pacchetti di misure e dei rispettivi costi.

1. PM_{min} (per raggiungere α_{min})
2. $PM_{1,0}$ (per raggiungere il livello di sicurezza previsto ai sensi delle norme per le nuove costruzioni, ossia $\alpha_{int} = 1,0$)
3. $PM_{0,7}$ (per la misura parziale $\alpha_{int} = 0,7$)

La figura A.3 mostra la variazione della sicurezza sismica in funzione di ciascun pacchetto di misure.

Spiegazioni

I pacchetti di misure vanno creati in modo da raggruppare innanzitutto in un pacchetto di misure PM_{min} i provvedimenti che si rendono necessari per raggiungere α_{min} . La fase successiva consiste nell'elaborare un pacchetto di misure $PM_{1,0}$ che includa gli ulteriori provvedimenti necessari per raggiungere il fattore di conformità $\alpha_{int} = 1,0$ e nel verificarne la proporzionalità. Nel caso in cui questo secondo pacchetto di misure non risulti proporzionato, andranno sottoposti a valutazione altri pacchetti con fattori di conformità che si riducono progressivamente (p. es. $PM_{0,5}$, $MP_{0,4}$ ecc.) fino al raggiungimento della proporzionalità. La procedura è illustrata nella figura 1 della direttiva.

| Pacchetto | Misure | Costo del pacchetto ¹⁾ | Fattore di conformità globale |
|--------------------------|--------------|-----------------------------------|--|
| PM_{min} ²⁾ | a) | fr. 250 000.– | $\alpha_{eff} = 0,15 \rightarrow \alpha_{int,PMmin} = 0,25$ |
| $PM_{1,0}$ | b) + c) + d) | fr. 260 000.– | $\alpha_{int,PMmin} = 0,25 \rightarrow \alpha_{int,PM1,0} = 1,0$ |
| $PM_{0,7}$ | b) + d) | fr. 200 000.– | $\alpha_{int,PMmin} = 0,25 \rightarrow \alpha_{int,PM0,5} = 0,7$ |

Tab. A.4 Possibili pacchetti di misure per un aumento globale del fattore di conformità

¹⁾ I costi corrispondono al montante investito per la sicurezza SIC_M ai sensi del numero 10.7.4 della norma SIA 269/8.

²⁾ Il PM_{min} deve essere obbligatoriamente attuato indipendentemente dal costo. In questa fase si presuppone che non esistano misure più convenienti per raggiungere il fattore di conformità minimo.

Poiché la misura a) volta a eliminare il punto critico 1 garantisce il fattore di conformità minimo, questo pacchetto di misure è denominato PM_{min} . Sebbene la misura a) generi un aumento locale del fattore di conformità, che viene portato a 1,0, il fattore di conformità globale rimane 0,25 a causa del punto critico 2).

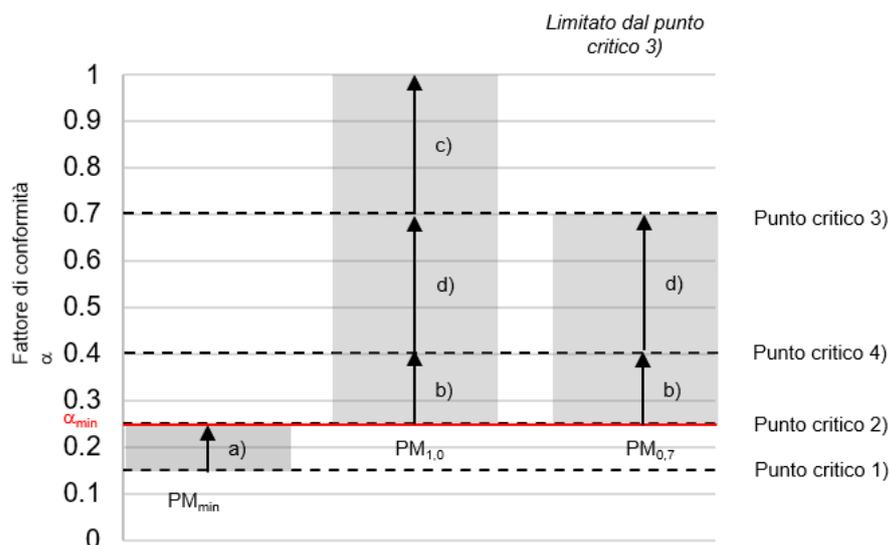


Fig. A.3 Visualizzazione dei punti critici, delle misure e dei pacchetti di misure

A.5.2 Valutazione della proporzionalità

Le basi per la valutazione della proporzionalità dei pacchetti di misure sono elencate nella tabella A.5, che riporta anche dei rimandi ai capitoli corrispondenti della norma SIA 269/8 oppure a specifiche sezioni di questo esempio o a contenuti della presente direttiva.

| Designazione | Formula e valore | Riferimento |
|------------------------------------|---|---|
| Durata d'utilizzo rimanente | $d_r = 100 \text{ anni}$ | Tab. A.1 |
| Fattore di deprezzamento | $DF = \frac{i_d \cdot (1 + i_d)^{d_r}}{(1 + i_d)^{d_r} - 1} = \frac{0,02 \cdot (1 + 0,02)^{100a}}{(1 + 0,02)^{100a} - 1} \cong 2,3\%$ | N. 10.7.2, SIA 269/8 con $i_d = 2\%$ |
| Persone esposte al pericolo | $PB = 4$ | Tab. A.1 |
| Limite dei costi | $GK = 10 \cdot 10^6 \text{ fr.}$ | N. 10.3.9, SIA 269/8 |
| Valore della costruzione | $BW = 40 \cdot 10^6 \text{ fr.}$ | Tab. A.1 |
| Valore dei beni ¹⁾ | $SW = 1,3 \cdot 10^6 \text{ fr.}$ | Tab. A.1 |
| Fattore di rischio per gli oggetti | $SRF = 0,2$ | N. E.3.4, SIA 269/8 |
| Costi d'interruzione ²⁾ | $UK = 6 \cdot 10^6 \text{ fr.}$ | Tab. A.1 |
| Fattore di rischio di interruzione | $URF = 0,5 \cdot 1 \text{ } a = 0,5$ | N. E.4.6, SIA 269/8 |

Tab. A.5 Parametri per il calcolo della proporzionalità

¹⁾ Non considerato ai sensi del numero E.3.1 della norma SIA 269/8 in quanto il valore non corrisponde allo stesso ordine di grandezza del valore della costruzione.

²⁾ Non considerati ai sensi del numero E.4.1 della norma SIA 269/8 in quanto rappresentano meno del 20% del valore della costruzione

Il calcolo della proporzionalità e dell'efficacia degli interventi è ricapitolato di seguito per i possibili pacchetti di misure.

| Designazione | Formula | PM _{1,0} | PM _{0,7} | Riferimento |
|---|--|--|--|----------------------|
| Fattore di conformità prima dell'intervento | α_{eff} | 0,25 | 0,25 | Tab. A.4 |
| Fattore di conformità dopo l'intervento | α_{int} | 1,0 | 0,7 | Tab. A.4 |
| Differenza fattore di rischio per le persone | $\Delta PRF_M(\Delta\alpha)$ | $9 \cdot 10^{-6}$ | $8 \cdot 10^{-6}$ | Fig. 7, SIA 269/8 |
| Riduzione rischi per le persone [fr./anno] | $\Delta RP_M = \Delta PRF_M \cdot PB \cdot GK$ | 340 | 307 | N. 10.3.1, SIA 269/8 |
| Differenza del fattore di rischio per la costruzione | $\Delta BRF_M(\Delta\alpha)$ | $1,4 \cdot 10^{-4}$ | $1,3 \cdot 10^{-4}$ | Fig. 16, SIA 269/8 |
| Riduzione del rischio per la costruzione [fr./anno] | $\Delta RB_M = \Delta BRF_M \cdot BW$ | 5 475 | 4 991 | N. E.2.2, SIA 269/8 |
| Riduzione del rischio per gli oggetti ¹⁾ [fr./anno] | $\Delta RS_M = SRF \cdot \Delta BRF_M \cdot SW$ | 0 | 0 | N. E.3.2, SIA 269/8 |
| Riduzione del rischio derivante dall'interruzione dell'esercizio ¹⁾ [fr./anno] | $\Delta RU_M = URF \cdot \Delta BRF_M \cdot UK$ | 0 | 0 | N. E.4.5, SIA 269/8 |
| Riduzione del rischio [fr.] | $\Delta R_M = \Delta RP_M + \Delta RB_M + \Delta RS_M + \Delta RU_M$ | 5 815 | 5 297 | N. E.1.2, SIA 269/8 |
| Montante investito per la sicurezza [fr.] | SIC_M | 260 000 | 200 000 | Tab. A.4 |
| Costi per garantire la sicurezza [fr./anno] | $SC_M = DF \cdot SIC_M$ | 6 033 | 4 641 | N. 10.7.1, SIA 269/8 |
| Efficacia degli interventi | $EF_M = \frac{\Delta R_M}{SC_M}$ | 0,96 | 1,14 | N. 10.2.2, SIA 269/8 |
| Montante massimo proporzionato investito per la sicurezza [fr.] | $SIC_{EF=1} = \frac{\Delta R_M}{DF}$ | $\cong 251\ 000$ < 260 000 per PM _{1,0} | $\cong 228\ 000$ > 200 000 per PM _{0,5} | |

Tab. A.6 Calcolo dell'efficacia degli interventi dei pacchetti di misure PM

¹⁾ La rappresentazione di ΔRS_M e ΔRU_M è a scopo puramente informativo.

| Pacchetto di misure | Valutazione | Spiegazione |
|---------------------|---------------|---|
| PM _{min} | Obbligatorio | L'intervento deve essere eseguito in ogni caso. |
| PM _{1,0} | Proporzionato | Benché secondo i calcoli si attesti di poco al di sotto della soglia prevista per la proporzionalità, il pacchetto viene attuato comunque alla luce dell'elevato guadagno in termini di sicurezza e dell'efficacia degli interventi EF _M , che si avvicina al valore di 1,0. |
| PM _{0,7} | Proporzionato | Il PM _{1,0} raggiunge un grado di sicurezza più elevato e viene attuato. |

Tab. A.7 Valutazione della proporzionalità

Per il viadotto preso in esame, i calcoli mettono in evidenza la mancata proporzionalità (seppure di stretta misura) del pacchetto di misure PM_{1,0} che garantisce lo stato di $\alpha_{int} \geq 1,0$. Tuttavia, tale pacchetto viene comunque attuato alla luce dell'elevato guadagno in termini di sicurezza e dell'efficacia degli interventi EF_M, che arriva a sfiorare il valore di 1,0. Queste misure consentono di raggiungere il fattore di conformità perseguito, ossia $\alpha_{int} \geq 1,0$ (n. 9.4.1 della norma SIA 269/8).

Spiegazioni

Oltre all'identificazione dei punti critici e alla definizione di misure volte alla loro eliminazione, è fondamentale conoscere il montante disponibile per raggiungere un determinato fattore di conformità α_{int} . In questo esempio, secondo la tabella A.6 risulta proporzionato investire circa 0,25 milioni di franchi per raggiungere uno stato di $\alpha_{int} = 1,0$, a prescindere da come vengono configurati alla fine i singoli pacchetti di misure. Se non è possibile raggiungere l'obiettivo di $\alpha_{int} > 1,0$ con il montante massimo proporzionato investito, occorre rimuovere dai pacchetti di misure i provvedimenti con la minore utilità.

Se si tratta di un progetto di costruzione di ampia portata, che prevede per esempio il ripristino completo di un'opera, la proporzionalità deve essere valutata anche in riferimento agli obiettivi e ai costi del progetto.

Allegato B

Esempio applicativo: edificio con cabina di smistamento

B.1 Sintesi

La cabina di smistamento è assegnata alla classe d'opera CO II-i con un fattore di conformità minimo α_{\min} pari a 0,4. In seguito alla verifica della sicurezza sismica, l'edificio della cabina di smistamento presenta un fattore di conformità $\alpha_{\text{eff}} = 0,25$. Pertanto il fattore di conformità minimo non è rispettato.

Ai sensi della norma SIA 269/8, occorre realizzare almeno degli interventi volti a raggiungere α_{\min} . A tal fine viene elaborato il pacchetto di misure PM_{\min} , che prevede la sostituzione dei muri interni con apposite pareti divisorie leggere. I costi del PM_{\min} sono stimati a 100 000 franchi.

Altri pacchetti di misure volti al raggiungimento di fattori di conformità pari a 1,0 ($\text{PM}_{1,0}$) e 0,75 ($\text{PM}_{0,75}$) sono sottoposti a verifica per valutarne la proporzionalità. Solo il $\text{PM}_{0,75}$, volto a migliorare l'introduzione delle forze nella fondazione, a rafforzare gli elementi stabilizzatori e a sostituire le pareti, risulta proporzionato, motivo per cui gli interventi previsti da questo pacchetto vanno realizzati. I costi del $\text{PM}_{0,75}$ sono stimati a 600 000 franchi.

Poiché l'obiettivo di base perseguito $\alpha_{\text{int}} \geq 1,0$ (n. 9.4.1 della norma SIA 269/8) non è raggiunto, ne consegue che, dopo l'attuazione dei pacchetti di misure PM_{\min} e $\text{PM}_{0,75}$, continuerà a sussistere un deficit di sicurezza accettato ai sensi della norma SIA 269/8.

B.2 Costruzione, utilizzo, occupazione di persone e valori

| Aspetto | Descrizione | Spiegazione |
|--|--|---|
| Edificio | 2 piani interrati, 1 piano terra e 5 piani superiori. Altezza ca. 23,5 m fuori terra (escluse le sovrastrutture del tetto). | |
| Dimensioni L x l x h | 34 m x 12,5 m x 23,5 m | |
| Concetto strutturale | Piani interrati prevalentemente in cemento armato. Trasferimento verticale dei carichi attraverso pilastri prefabbricati in cemento armato e muri in cemento armato. | |
| Controventatura | Gli elementi che garantiscono la stabilità dell'edificio a partire dal piano terra sono composti principalmente da muratura e cemento armato. I nuclei dell'edificio sono realizzati perlopiù in cemento armato e disposti in modo asimmetrico in pianta. Diversi elementi irrigiditi sono discontinui in altezza. | |
| Utilizzo | Cabina di smistamento con uffici e locali di soggiorno (per il personale di manovra e i macchinisti) nonché un'officina e una mensa che può ospitare ulteriori 50 persone situata al piano superiore. | |
| Occupazione di persone (valore medio delle persone potenzialmente minacciate sulla durata di utilizzo) | PB = 13 | Cfr. tab. B.2 |
| Valore della costruzione | BW = fr. 6 milioni | Parte rilevante ¹⁾ di ENID |
| Valori dei beni | SW = fr. 20 milioni | |
| Costi d'interruzione ¹⁾ | UK = fr. 300 milioni | Da considerare ai sensi del numero E.4.1 della norma SIA 269/8 in quanto rappresentano oltre il 20 % del valore della costruzione |
| Durata d'utilizzo rimanente | d _r = 50 anni | Conformemente al capitolo 4.1 della presente direttiva |

Tab. B.1 Informazioni pertinenti sulla struttura portante e sul suo utilizzo

¹⁾ Pertinente solo in combinazione con l'applicazione dell'allegato E della norma SIA 269/8

| Occupazione | Numero | Ore/giorno | Giorni/settimana | Settimane/anno | Occupazione |
|-------------------------|------------------|------------|------------------|----------------|---|
| Tecnici | 15 | 8 | 5 | 52 | $PB_1 = 3,5 \cong \frac{15 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 52}{8736}$ |
| Macchinisti/manovratori | 25 | 8 | 5 | 52 | $PB_2 = 6 \cong \frac{25 \cdot 8 \cdot 5 \cdot 52}{8736}$ |
| Mensa | 50 ¹⁾ | 2 | 5 | 52 | $PB_3 = 3 \cong \frac{50 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 52}{8736}$ |
| | | | | | $PB = \sum PB_i = 12,5$ |

Tab. B.2 Calcolo dell'occupazione di persone PB

¹⁾ I tecnici e i macchinisti che si trovano in mensa non devono essere considerati in quanto sono già conteggiati nell'occupazione di 8 ore. 50 persone aggiuntive provengono dall'esterno.

B.3 Classe d'opera

La classe d'opera della cabina di smistamento è determinata secondo la procedura di cui al capitolo 3.3 della presente direttiva. Il requisito minimo per la classe d'opera CO_{min} viene calcolato sulla base dei dati riportati nella tabella 2. Considerati il suo utilizzo e la sua importanza, la cabina di smistamento viene assegnata alla classe d'opera CO II-i. Inoltre fa parte dell'infrastruttura di una tratta con classe sismica CST II e incide in misura significativa sulla disponibilità di tale tratta. Di conseguenza, alla costruzione viene assegnata la classe d'opera CO II-i (cfr. fig. B.1).

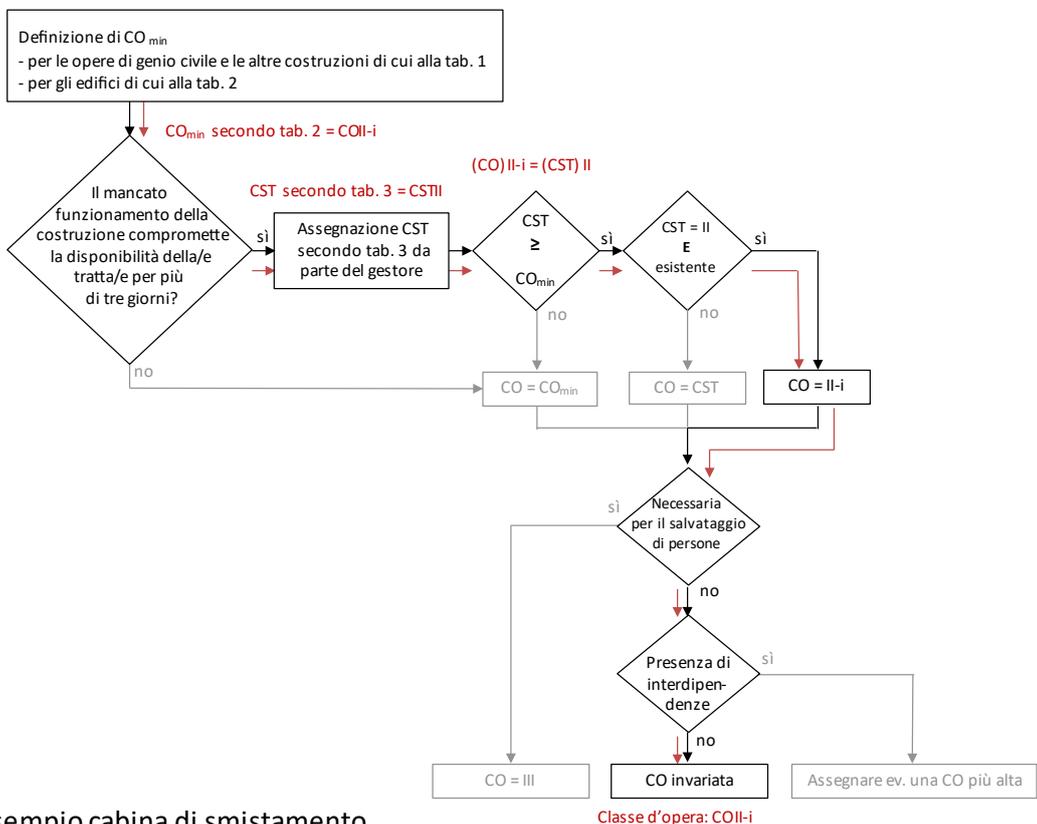


Fig. B.1 Diagramma di flusso per la determinazione della classe d'opera

B.4 Valutazione della sicurezza sismica

La valutazione della sicurezza sismica evidenzia per la cabina di smistamento un fattore di conformità $\alpha_{eff} = 0,25$. Tale fattore si basa sui punti critici rilevati, riportati qui di seguito.

| Punto critico | Fattore di conformità α_{eff} | Valutazione della sicurezza sismica |
|---|--------------------------------------|--|
| 1) Struttura portante, senso longitudinale, introduzione delle forze a livello di fondazione e resistenza del piano terra e dei piani superiori | 0,45 | Provvedimenti necessari, nella misura in cui proporzionati |
| 2) Struttura portante, senso trasversale, introduzione delle forze nei piani superiori | 0,75 | Provvedimenti necessari, nella misura in cui proporzionati |
| 3) Struttura portante, senso trasversale, nucleo nel piano interrato e nel piano terra | 0,5 | Provvedimenti necessari, nella misura in cui proporzionati |
| 4) ENID, varie pareti interne fuori piano | 0,25 | Provvedimenti necessari, in quanto α_{eff} è inferiore a $\alpha_{min} = 0,4$ |
| Fattore di conformità determinante struttura portante | 0,45 | |
| Fattore di conformità determinante ENID | 0,25 | |

Tab. B.3 Tabella riepilogativa dei fattori di conformità α_{eff}

B.5 Raccomandazione d'intervento

B.5.1 Misure volte a eliminare i punti critici

| Misura | Descrizione | Costo totale | Fattore di conformità locale |
|--------|--|----------------|---|
| a) | Miglioramento all'introduzione delle forze nella platea di fondazione e rafforzamento longitudinale delle pareti esistenti o sostituzione con nuove pareti (punto critico 1) | fr. 400 000.– | localmente $\alpha_{eff} = 0,45 \rightarrow \alpha_{int} = 1,0$ |
| b) | Rafforzamento all'introduzione delle forze dai piani superiori nelle pareti in senso trasversale (punto critico 2) | fr. 300 000. – | localmente $\alpha_{eff} = 0,75 \rightarrow \alpha_{int} = 1,0$ |
| c) | Miglioramento della resistenza del nucleo alla forza di taglio nel piano interrato e nel piano terra, in senso trasversale (punto critico 3) | fr. 200 000. – | localmente $\alpha_{eff} = 0,5 \rightarrow \alpha_{int} = 1,0$ |
| d) | ENID, pareti interne fuori piano: sostituzione dei muri interni con apposite pareti divisorie leggere (punto critico 4) | fr. 100 000. – | localmente $\alpha_{eff} = 0,25 \rightarrow \alpha_{int} = 1,0$ |

Tab. B.4 Misure volte a eliminare i punti critici

Per migliorare la sicurezza sismica della costruzione, le singole misure vengono raggruppate in appositi pacchetti. Nella tabella B.5 viene fornita una ricapitolazione dei pacchetti di misure e dei rispettivi costi.

4. PM_{min} (per raggiungere α_{min})
5. $PM_{1,0}$ (per raggiungere il livello di sicurezza previsto ai sensi delle norme per le nuove costruzioni, ossia $\alpha_{int} = 1,0$)
6. $PM_{0,75}$ (per la misura parziale $\alpha_{int} = 0,75$)

La figura B.2 mostra la variazione della sicurezza sismica in funzione di ciascun pacchetto di misure.

Spiegazioni

I pacchetti di misure vanno creati in modo da raggruppare innanzitutto in un pacchetto di misure PM_{min} i provvedimenti che si rendono necessari per raggiungere α_{min} . La fase successiva consiste nell'elaborare un pacchetto di misure $PM_{1,0}$ che includa gli ulteriori provvedimenti necessari per raggiungere il fattore di conformità $\alpha_{int} = 1,0$ e nel verificarne la proporzionalità. Nel caso in cui questo secondo pacchetto di misure non risulti proporzionato, andranno sottoposti a valutazione altri pacchetti con fattori di conformità che si riducono progressivamente (p. es. $PM_{0,7}$, $MP_{0,5}$ ecc.) fino al raggiungimento della proporzionalità. La procedura è illustrata nella figura 1.

| Pacchetto | Misure | Costo del pacchetto ¹⁾ | Fattore di conformità globale |
|-----------------|-------------|-----------------------------------|--|
| $PM_{min}^{2)}$ | d) | fr. 100 000.– | $\alpha_{eff} = 0,25 \rightarrow \alpha_{int,PMmin} = 0,45$ |
| $PM_{1,0}$ | a) +b) + c) | fr. 900 000. – | $\alpha_{int,PMmin} = 0,45 \rightarrow \alpha_{int,PM1,0} = 1,0$ |
| $PM_{0,75}$ | a) + c) | fr. 600 000. – | $\alpha_{int,PMmin} = 0,45 \rightarrow \alpha_{int,PM0,75} = 0,75$ |

Tab. B.5 Possibili pacchetti di misure per un aumento globale del fattore di conformità

¹⁾ I costi corrispondono al montante investito per la sicurezza SIC_M ai sensi del numero 10.7.4 della norma SIA 269/8.

²⁾ Il PM_{min} deve essere obbligatoriamente attuato indipendentemente dal costo. In questa fase si presuppone che non esistano misure più convenienti per raggiungere il fattore di conformità minimo.

Poiché la misura d) volta a eliminare il punto critico 4 garantisce il fattore di conformità minimo, questo pacchetto di misure è denominato PM_{min} . Sebbene la misura d) generi un aumento locale del fattore di conformità, che viene portato a 1,0, il fattore di conformità globale rimane 0,45 a causa del punto critico 1).

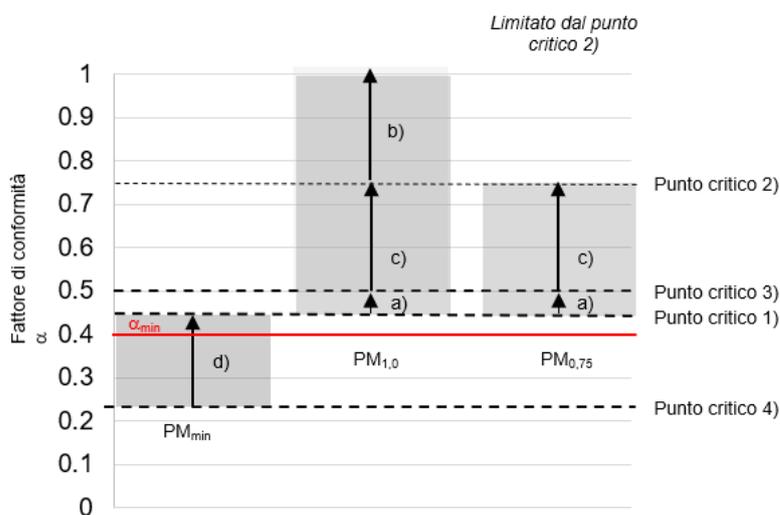


Fig. B.2 Visualizzazione dei punti critici, delle misure e dei pacchetti di misure

B.5.2 Valutazione della proporzionalità

Le basi per la valutazione della proporzionalità dei pacchetti di misure sono elencate nella tabella B.6, che riporta anche dei rimandi ai capitoli corrispondenti della norma SIA 269/8 oppure a specifiche sezioni di questo esempio o a contenuti della presente direttiva.

| Designazione | Formula e valore | Riferimento |
|-----------------------------|---|---|
| Durata d'utilizzo rimanente | $d_r = 50 \text{ anni}$ | Tab. B.1 |
| Fattore di deprezzamento | $DF = \frac{i_d \cdot (1 + i_d)^{d_r}}{(1 + i_d)^{d_r} - 1} = \frac{0,02 \cdot (1 + 0,02)^{50a}}{(1 + 0,02)^{50a} - 1} \cong 3,2\%$ | N. 10.7.2, SIA 269/8 con $i_d = 2\%$ |
| Occupazione di persone | $PB = 13$ | Tab. B.1 |
| Limite dei costi | $GK = 10 \cdot 10^6 \text{ fr.}$ | N. 10.3.9, SIA 269/8 |
| Valore della costruzione | $BW = 6 \cdot 10^6 \text{ fr.}$ | Tab. B.1 |
| Valore dei beni | $SW = 20 \cdot 10^6 \text{ fr.}$ | Tab. B.1 |

Tab. B.6 Parametri per il calcolo della proporzionalità

Il calcolo della proporzionalità e dell'efficacia degli interventi è ricapitolato di seguito per i possibili pacchetti di misure.

| Designazione | Formula | PM _{1,0} | PM _{0,75} | Riferimento |
|---|--|---|---|----------------------|
| Fattore di conformità prima dell'intervento | α_{eff} | 0,45 | 0,45 | Tab. B.5 |
| Fattore di conformità dopo l'intervento | α_{int} | 1,0 | 0,75 | Tab. B.5 |
| Differenza del fattore di rischio per le persone | $\Delta PRF_M(\Delta\alpha)$ | $3 \cdot 10^{-6}$ | $2,3 \cdot 10^{-6}$ | Fig. 7, SIA 269/8 |
| Riduzione dei rischi per le persone [fr./anno] | $\Delta RP_M = \Delta PRF_M \cdot PB \cdot GK$ | 372 | 290 | N. 10.3.1, SIA 269/8 |
| Differenza dei tassi d'infrastruttura | $\Delta IS(\Delta\alpha)$ | 0,09 % | 0,09 % | Fig. 8, SIA 269/8 |
| Disponibilità a investire per la funzione infrastrutturale [fr./anno] | $\Delta ZI_M = \Delta IS \cdot \left(\frac{BW + SW}{BSW} \right)$ | 22 533 | 22 533 | N. 10.4.6, SIA 269/8 |
| Riduzione del rischio [fr.] | $\Delta R_M = \Delta RP_M + \Delta ZI_M$ | 22 905 | 22 823 | N. 10.2.5, SIA 269/8 |
| Montante investito per la sicurezza [fr.] | SIC_M | 900 000 | 600 000 | Tab. B.5 |
| Costi per garantire la sicurezza [fr./anno] | $SC_M = DF \cdot SIC_M$ | 28 641 | 19 094 | N. 10.7.1, SIA 269/8 |
| Efficacia degli interventi | $EF_M = \frac{\Delta RP_M + \Delta ZI_M}{SC_M}$ | 0,80 | 1,20 | N. 10.2.5, SIA 269/8 |
| Montante massimo proporzionato investito per la sicurezza [fr.] | $SIC_{EF=1} = \frac{\Delta R_M}{DF}$ | $\cong 720\,000$ $< 900\,000$ per PM _{1,0} | $\cong 717\,000 >$ 600 000 per PM _{0,75} | |

Tab. B.7 Calcolo dell'efficacia degli interventi dei pacchetti di misure PM

| Pacchetto di misure | Valutazione | Spiegazione |
|---------------------|-------------------|---|
| PM _{min} | Obbligatorio | L'intervento deve essere eseguito in ogni caso. |
| PM _{1,0} | Non proporzionato | Il pacchetto di misure non è proporzionato in quanto la misura b) comporta dei costi elevati rispetto all'utilità generata. |
| PM _{0,75} | Proporzionato | Il fattore di conformità globale di 0,75 non può essere ulteriormente incrementato senza la misura b). |

Tab. B.8 Valutazione della proporzionalità

Per la cabina di smistamento presa in esame, il pacchetto di misure PM_{1,0}, che garantisce lo stato di $\alpha_{int} \geq 1,0$, non è proporzionato e non va per il momento attuato. Il pacchetto di misure PM_{0,75}, invece, risulta proporzionato e permette di raggiungere un fattore di conformità globale di $\alpha_{int} = 0,75$. Tuttavia, questa «misura parziale» non consente di raggiungere il fattore di conformità che viene in genere auspicato, ossia $\alpha_{int} \geq 1,0$ (n. 9.4.1 della norma SIA 269/8).

Spiegazioni

Oltre all'identificazione dei punti critici e alla definizione di misure volte alla loro eliminazione, è fondamentale conoscere il montante disponibile per raggiungere un determinato fattore di conformità α_{int} . In questo esempio, secondo la tabella B.9 risulta proporzionato investire circa 0,72 milioni di franchi per raggiungere uno stato di $\alpha_{int} = 1,0$, a prescindere da come vengono configurati alla fine i singoli pacchetti di misure. Se non è possibile raggiungere l'obiettivo di $\alpha_{int} > 1,0$ con il montante massimo proporzionato investito, occorre rimuovere dai pacchetti di misure i provvedimenti con la minore utilità.

Se si tratta di un progetto di costruzione di ampia portata, che prevede per esempio il ripristino completo di un'opera, la proporzionalità deve essere valutata anche in riferimento agli obiettivi e ai costi del progetto.

Elenco dei documenti di riferimento

La direttiva rimanda alle leggi, ordinanze, direttive, norme e pubblicazioni di seguito riportate, che si applicano integralmente o parzialmente secondo quanto specificato di volta in volta nel rinvio al corrispondente documento. Fa fede l'ultima edizione di ciascun documento (incluse tutte le modifiche).

- [1] Legge federale del 20 dicembre 1957 sulle ferrovie (Lferr; RS 742.101)
- [2] Ordinanza del 23 novembre 1983 sulla costruzione e l'esercizio delle ferrovie (Ordinanza sulle ferrovie, Oferr; RS 742.141.1)
- [3] Ordinanza del 2 febbraio 2000 sulla procedura d'approvazione dei piani di impianti ferroviari (OPAPIF; RS 742.142.1)
- [4] Direttiva UFT relativa all'articolo 3 OPAPIF (Dir. OPAPIF), Requisiti concernenti le domande d'approvazione dei piani, Ufficio federale dei trasporti (UFT), Infrastruttura e Sicurezza
- [5] Direttiva UFT Organismi di controllo indipendenti per il settore ferroviario (Dir. OCI-ferr), Ricorso a organismi indipendenti per la valutazione della conformità e della sicurezza durante le procedure di autorizzazione per il settore ferroviario, Ufficio federale dei trasporti (UFT), Infrastruttura e Sicurezza
- [6] Direttiva ESTI n. 248, Protezione parasismica della rete di distribuzione di energia elettrica in Svizzera, Ispettorato federale degli impianti a corrente forte (ESTI), Ufficio federale dei trasporti (UFT)
- [7] Regolamento SIA 103 per le prestazioni e gli onorari nell'ingegneria civile
- [8] Norma utile alla comprensione SIA 112, Modello di prestazioni di progettazione
- [9] Norme SIA 260–267, Norme sulle strutture portanti (nuove costruzioni)
- [10] Norme SIA 269 segg. (in particolare SIA 269/8), Conservazione delle strutture portanti (strutture esistenti)
- [11] Norma SIA 469, Conservazione delle costruzioni
- [12] Sécurité sismique des éléments non structuraux et autres installations et équipements Recommandations et précisions pour la pratique, Ufficio federale dell'ambiente (UFAM), Connaissance de l'environnement n. 1643, 2016
- [13] Documentazione USTRA 82017, Erdbebensicherheit von Erd- und Stützbauwerken – Bemessung und Überprüfung, Ufficio federale delle strade (USTRA), 2019
- [14] Documentazione USTRA 82018, Erdbebensicherheit von Erd- und Stützbauwerken – Fallbeispiele, Ufficio federale delle strade (USTRA), 2019.