



Dipartimento dei Vigili del Fuoco, del Soccorso Pubblico e della Difesa Civile
CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO

DIREZIONE REGIONALE VV.F. CAMPANIA

Uff. Prevenzione e Sicurezza Tecnica

**Seminario di Approfondimento
Comando VV.F. Caserta
30 giugno 2025**



**“NaTech da Sisma: Linee Guida UNI/TS 11816-1 (2021)
e Coordinamento art. 11 ex D.Lgs. 105-2015”**

*Ing. Armando De Rosa
Uff. Prevenzione e sicurezza tecnica
Direzione Regionale VV.F. Campania*

Allegato C - D.Lgs. 105/2015

Criteri, dati e informazioni per la redazione e la valutazione del RdS

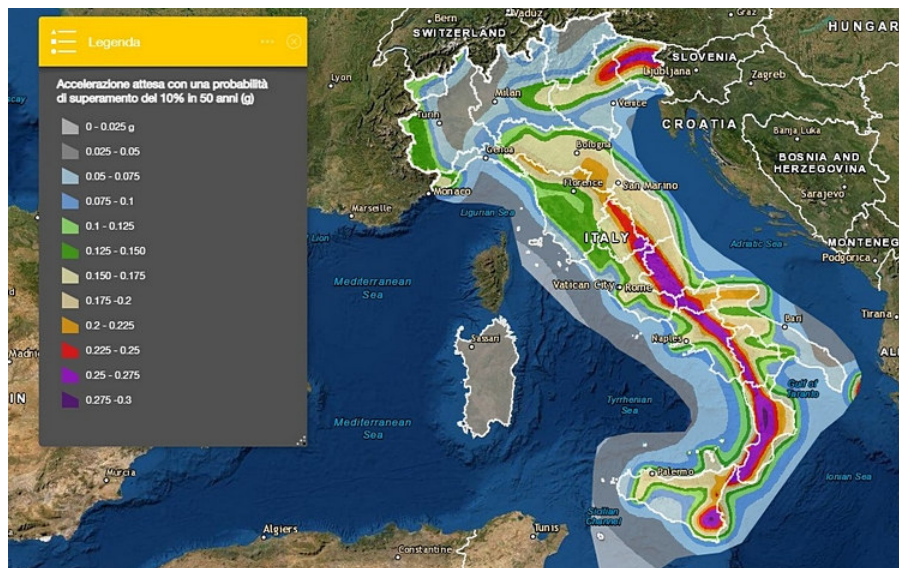
C. SICUREZZA DELLO STABILIMENTO

C.3 EVENTI METEOROLOGICI, GEOFISICI, METEOMARINI, CERAUNICI E DISSESTI IDROGEOLOGICI

.....

C.3.2 Specificare, ove disponibile, una cronologia degli eventi geofisici, meteo marini, ceraunici e dei dissesti idrogeologici del luogo, quali ad **esempio terremoti**, inondazioni, trombe d'aria, fulmini, evidenziando le eventuali ripercussioni sulla sicurezza, con riferimento **all'individuazione di eventuali scenari incidentali di cui al punto C.4.1 ovvero all'esclusione effettiva della possibilità di incidente indotto.**

C.3.2.1 Relativamente agli eventi di cui al punto precedente **fare riferimento alle classificazioni di legge vigenti, ovvero a quelle tecniche.**



Allegato C - D.Lgs. 105/2015

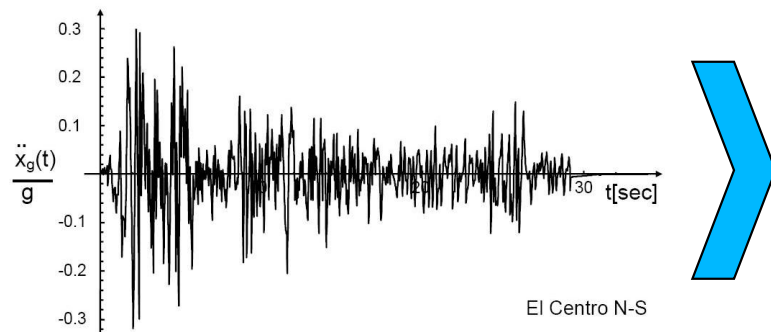
Criteri, dati e informazioni per la redazione e la valutazione del RdS

C. SICUREZZA DELLO STABILIMENTO

C.4 ANALISI DEGLI EVENTI INCIDENTALI

C.4.1 Individuare, descrivere, analizzare e caratterizzare quantitativamente le sequenze incidentali che possono generare un **incidente rilevante** e gli **scenari ragionevolmente prevedibili** che ne possono evolvere, **in termini di conseguenze e probabilità**. Ognuno degli scenari incidentali individuati dovrà essere corredato da una sintesi degli eventi che possono avere un ruolo nel loro innesco, con cause interne o esterne allo stabilimento:

- cause operative;
- cause esterne, quali quelle connesse con effetti domino o con siti di attività non rientranti nell'ambito di applicazione del presente decreto o con aree e sviluppi urbanistici/insediamenti situati in prossimità dello stesso;
- **cause naturali come terremoti o inondazioni**



Allegato C - D.Lgs. 105/2015

Criteri, dati e informazioni per la redazione e la valutazione del RdS

C. SICUREZZA DELLO STABILIMENTO

C.7 CRITERI PROGETTUALI E COSTRUTTIVI

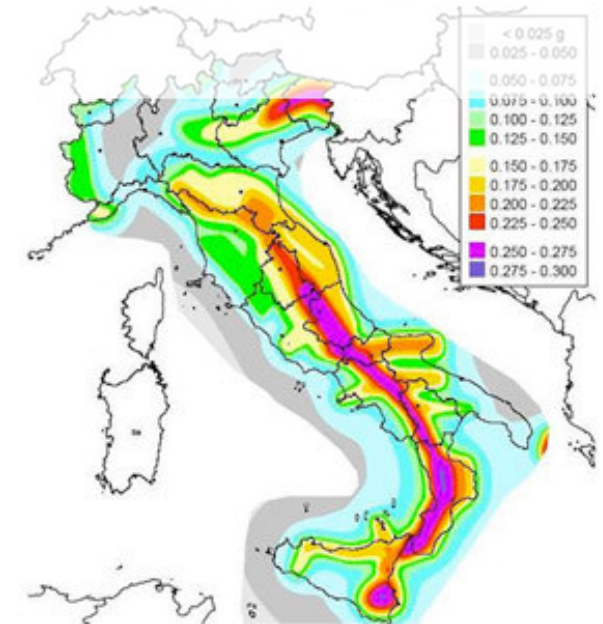
C.7.1 Descrivere le precauzioni e i coefficienti di sicurezza assunti nella progettazione delle strutture con riferimento agli eventi e alle perturbazioni descritti al precedente punto C.3 nonché i criteri di progettazione assunti per i componenti critici degli impianti e per le sale controllo per far fronte ad eventi quali esplosioni, irraggiamenti termici e rilasci tossici che, verosimilmente, possono originarsi nell'impianto in esame o in impianti ad esso limitrofi. In particolare, devono essere indicate le **prescrizioni e i coefficienti di sicurezza** adottati anche sulla **base di leggi, regolamenti o norme di buona tecnica**, riguardanti ad esempio:

- le precauzioni adottate per garantire la **sicurezza in caso di eventi sismici**;
- gli impianti di protezione dalle scariche atmosferiche;
- i rivestimenti di protezione delle strutture e delle apparecchiature ai fini dei requisiti di resistenza al fuoco;
- le sale di controllo a prova di esplosione esterna;
- le precauzioni adottate per garantire il mantenimento, in occasione degli eventi di cui al punto C.3, della funzionalità e/o messa in sicurezza delle apparecchiature critiche;
- le precauzioni adottate per resistere ad eventuali spinte idrostatiche sulle apparecchiature e sulle parti d'impianto.

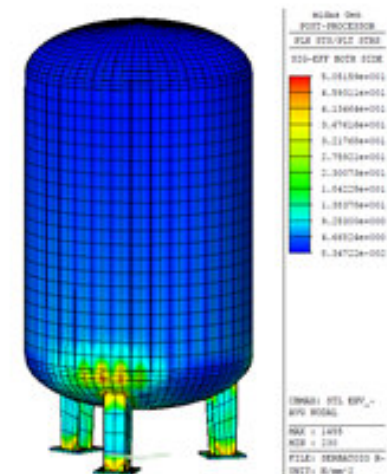
Attività dei Comitati tecnici regionali

Le emergenze sismiche che negli ultimi anni hanno interessato il nostro territorio nazionale, hanno dato evidenza di come eventi naturali quali quelli sismici, possano indurre disastri tecnologici (eventi NaTech).

L'importanza delle valutazioni sugli eventi NaTech da sisma, si afferma ulteriormente, se si considera **l'elevata sismicità** che caratterizza buona parte del territorio nazionale e **l'età media delle costruzioni industriali** presenti nel nostro paese, progettate in un'epoca in cui le conoscenze tecniche per la progettazione antisismica non erano certamente quelle attuali.



Nel caso specifico di incidenti NaTech innescati da terremoti, analisi post-incidentali hanno evidenziato che i **danni** agli impianti industriali sono principalmente a carico di **tubazioni** e **serbatoi**, con scenari incidentali più comuni quali incendi, esplosioni e contaminazioni ambientali.

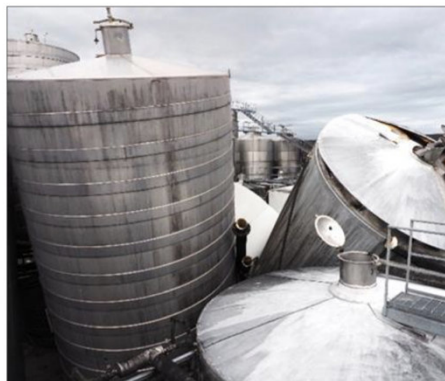


Linea Guida Natech da Sisma

L'analisi di rischio deve considerare tutti i possibili scenari incidentali ragionevolmente prevedibili e individuare quelli credibili caratterizzando quantitativamente le sequenze incidentali, derivanti dall'interazione sisma-struttura-elementi critici-sostanza pericolosa che può generare un incidente rilevante.

Fermo restando le **verifiche condotte a norma di legge secondo le NTC 2018**, da cui potranno essere desunte le probabilità di fallimento strutturale/impiantistico per la valutazione quantitativa del rischio, il gestore in riferimento al punto C.4.1 effettua:

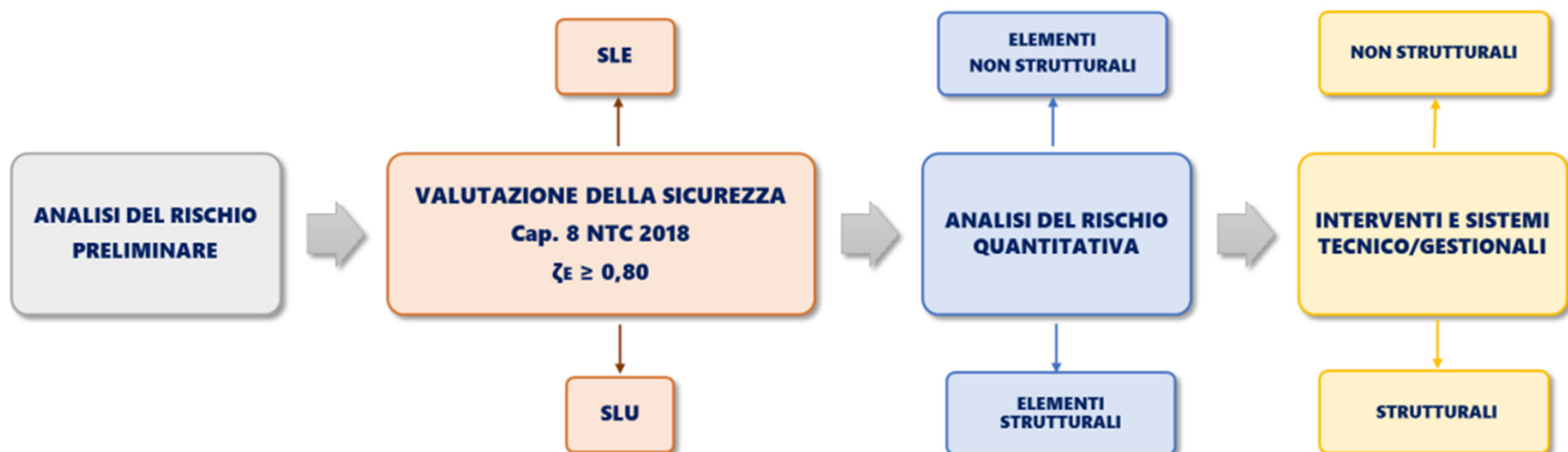
- a) **l'identificazione degli incidenti possibili e delle relative sequenze**, ivi compresi quelli conseguenti ad effetti domino, di cui al punto D.2;
- b) **la valutazione della probabilità/frequenza attesa di accadimento degli incidenti**, tenendo conto dell'affidabilità delle attrezzature e dei sistemi di controllo ed evoluzione dei relativi scenari incidentali associati ad eventualità verosimilmente prevedibili;
- c) **l'individuazione degli eventi incidentali**;
- d) **la valutazione delle conseguenze degli scenari incidentali** sull'uomo e sull'ambiente antropico e naturale.



Valutazione Rischio NaTech - Introduzione

Nella valutazione del rischio NaTech da Sisma e nella individuazione delle sequenze incidentali che possono generare un incidente rilevante deve essere adeguatamente considerato l'effetto delle **azioni sismiche sia per gli aspetti strutturali**, legati principalmente alla *stabilità delle opere e al contenimento delle sostanze pericolose* presenti nello stabilimento, che per gli **aspetti non strutturali**, come *il mancato funzionamento di dispositivi di sicurezza o di componenti critici*. Entrambi gli aspetti potrebbero contribuire a innescare pericolose sequenze incidentali, con la conseguente necessità di implementare idonee misure di gestione dell'emergenza.

STABILIMENTI INDUSTRIALI PIR ESISTENTI



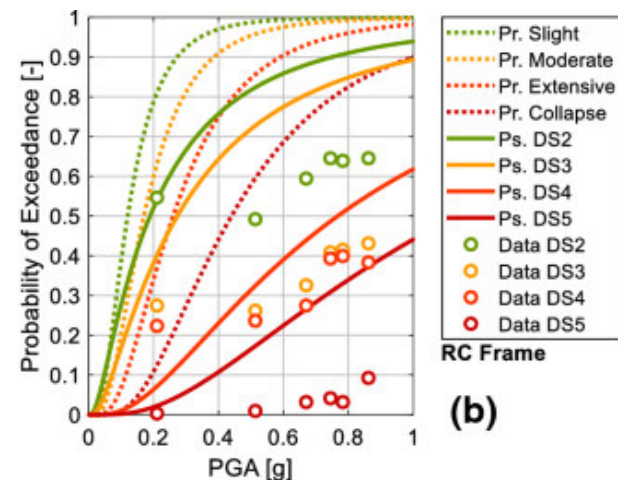
Analisi preliminare del rischio NaTech da Sisma

Gli obiettivi dell'analisi preliminare del rischio NaTech da Sisma sono quelli di **identificare tra le unità presenti all'interno dello stabilimento quelle vulnerabili all'azione sismica** e, attraverso una metodologia speditiva, creare una gerarchia delle vulnerabilità, di tipo strutturale e non strutturale, per definire un ordine di priorità di effettuazione di ulteriori analisi ed interventi. L'analisi preliminare del rischio NaTech da Sisma si articola nelle fasi di seguito riportate:

- **identificare le unità critiche**, vulnerabili al sisma, presenti all'interno dello stabilimento interessate dalla presenza di sostanze pericolose ai sensi del D.Lgs 105/15;
- **Identificare le unità**, presenti all'interno dello stabilimento, che non sono interessate dalla presenza di sostanze pericolose ai sensi del D.Lgs 105/15 il cui danneggiamento o collasso totale, dovuti al sisma, può innescare o favorire uno scenario incidentale;
- creare una gerarchia delle vulnerabilità sismiche di tipo strutturale e non strutturale.

Per l'effettuazione di tale analisi preliminare il gestore potrà avvalersi di **metodi speditivi** di riconosciuta validità tra cui il metodo basato sulle **curve di fragilità**.

Esempi di apparecchiature critiche: colonne, reattori, scambiatori, serbatoi, forni, serbatoi di stoccaggio, sistemi di tubazioni, fabbricati e magazzini di stoccaggio, impianti antincendio, ecc.



Seismic vulnerability of natural gas pipelines

Giovanni Lanzano^a, Ernesto Salzano^{b,*}, Filippo Santucci de Magistris^a, Giovanni Fabbrocino^a

^a Dipartimento di Bioscienze e Territorio, StreGa Laboratory, Università del Molise, Termoli, CB (IT), Italy

^b Istituto di Ricerche sulla Combustione, CNR, Via Diocleziano 328, 80124 Napoli (IT), Italy

Pipeline: ferro, acciaio e materiale plastico, come polivinilcloruro, polietilene (HDPE) e polimeri rinforzati con fibre di vetro

Condotte continue (CP)

Condotte con giunti (SP)

Sulla base dell'esperienza e dei dati raccolti durante i terremoti passati, gli **effetti dinamici geotecnici** correlati ai danni alle condotte possono essere suddivisi in due categorie.

Forte scuotimento del terreno (SGS): deformazione del terreno che circonda la condotta, senza rotture o rotture nel terreno, a seconda dell'intensità del terremoto.

Rottura del terreno (GF): il terreno circostante è interessato da fenomeni di rottura causati dal terremoto, come il movimento di faglia attiva (GF1), la liquefazione (GF2) e le frane indotte dallo scuotimento (GF3).

Table 4
Structural damage states (DS) for NG pipelines.

States	Damage	Patterns
DS0	Slight	Investigated sections with no damage; slight pipe buckling; damage to the supports of aboveground pipelines without damage to the pipeline
DS1	Significant	Significant pipe buckling; longitudinal and circumferential cracks; compression joint break
DS2	Severe	Tension cracks for continuous pipelines; joint loosening in the segmented pipelines

Table 5
Risk states (RS) for NG pipelines.

States	Risk	Release of containment
RS0	Null	No loss of fluid from damaged pipeline
RS1	Low	Limited, time-distributed loss of hazardous substance
RS2	High	Large loss of hazardous substance (e.g. entire tube surface)

G. Lanzano et al. / Reliability Engineering and System Safety 117 (2013) 73–80

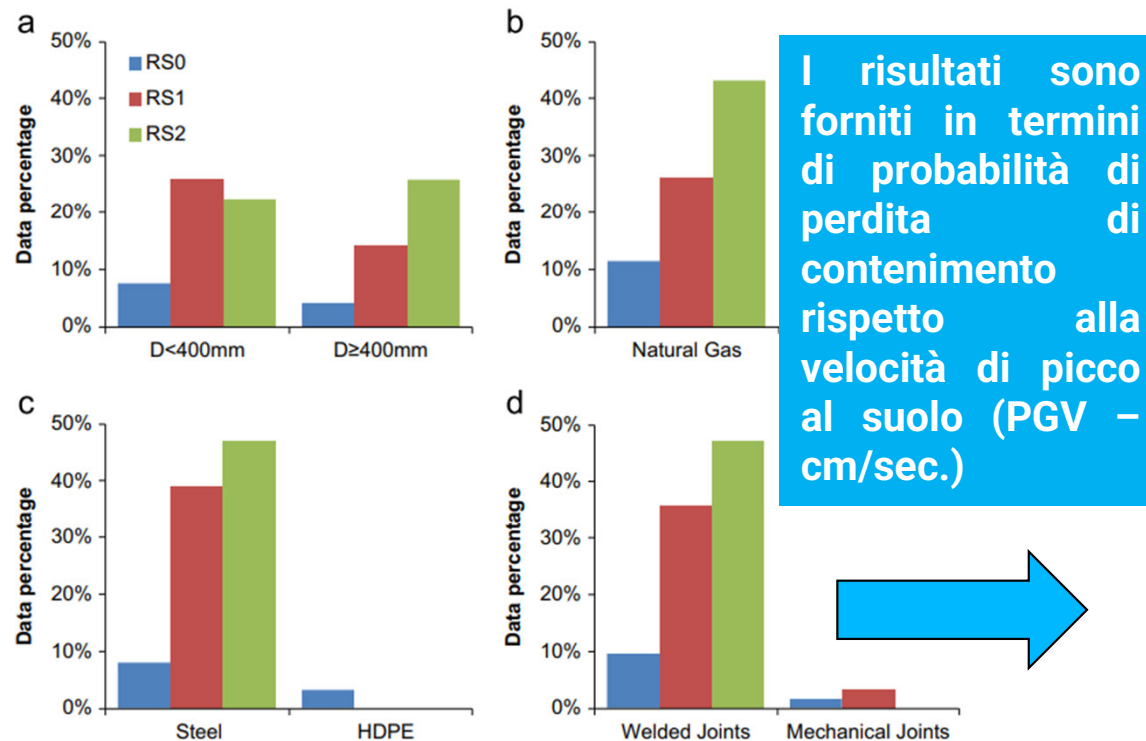


Fig. 2. Percent amount of damage cases depending on: (a) nominal diameter; (b) fluid; (c) material; and (d) joint type of the pipeline.

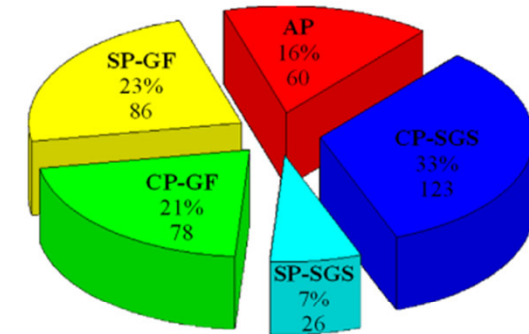
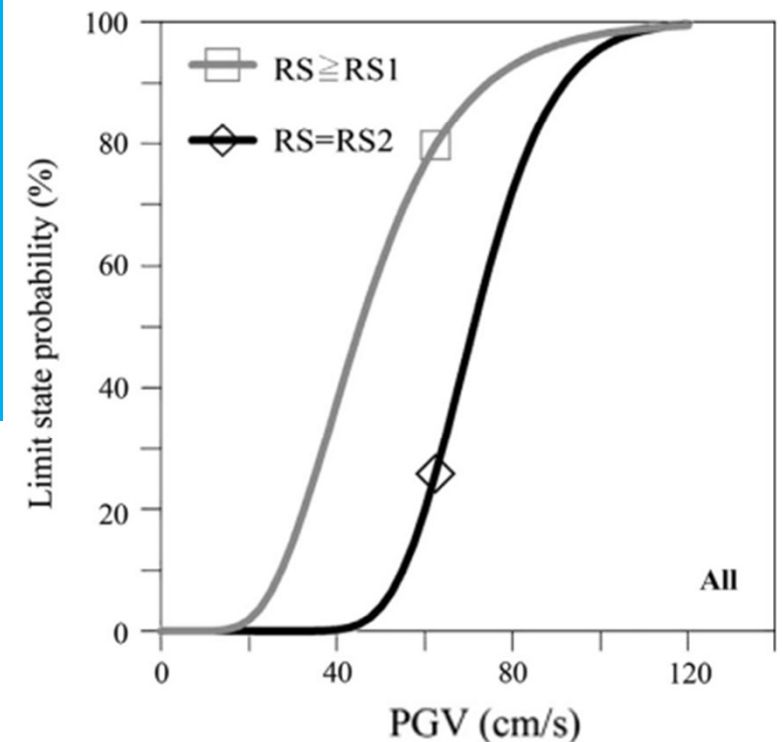


Fig. 1. Chart for the seismic damages to pipelines, for each database class, expressed as number of cases and percentage over the total number of observations. CP: continuous pipelines; SP: segmented pipelines; AP: aboveground pipelines; SGS: strong ground shaking; GF: ground failure.



Esempio di Curve di fragilità – Stati di danno di serbatoi in pressione

[Login](#) | [ECAS Logout](#) | [About this site](#) | [Links](#) | [Help](#) | [Legal Notice](#) | [Privacy Statement](#) | [Search](#) English (en)



RAPID-N

Rapid Natech Risk Assessment Tool

[European Commission](#) > [JRC](#) > [RAPID-N](#)

Damage Classification

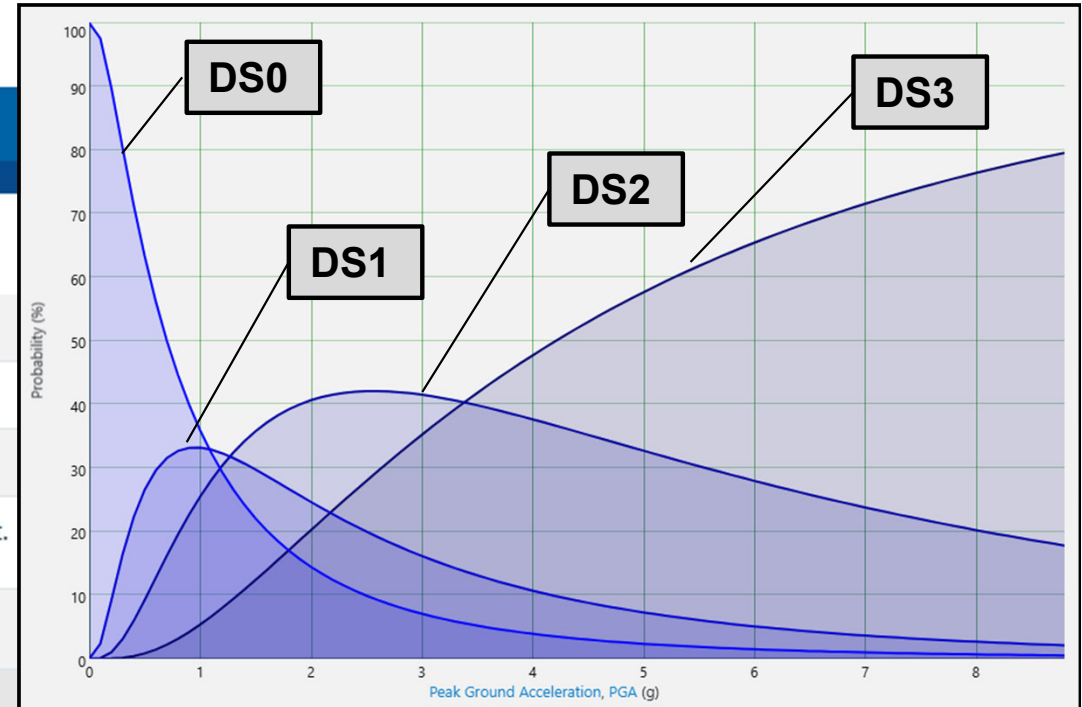
Name	Campadel et al. (2008)
Hazard Type	Earthquake
Plant Unit Type	All
Description	Damage states for pressurized equipment.

States

No	Code	Name	Description
1.	DS0	None	No damage
2.	DS1	Minor	Minor structural damage.
3.	DS2	Slight	Relevant structural damage.
4.	DS3	Extensive	Total collapse of the structure.

References

Michela Campedel, Valerio Cozzani, Anita Garcia-Agreda, and Ernesto Salzano, "Extending the Quantitative Assessment of Industrial Risks to Earthquake Effects", 2008



https://rapidn.jrc.ec.europa.eu/damage_classification/10

Analisi preliminare del rischio NaTech da Sisma

Quadro di sintesi degli elementi d'impianto e dei relativi danni possibili in seguito ad evento sismico, che può essere di ausilio per il gestore per operare una **selezione preliminare dei componenti critici** che in caso di evento ed in seguito, per esempio, di una perdita di contenimento, possono determinare incidenti con conseguenze significative.

Prospetto D.1 **Quadro di sintesi degli elementi d'impianto e dei relativi danni per sisma**

Classe di componenti	Elementi	Danni possibili per sisma
Contenitori snelli (apparecchiature di forma cilindrica, con un rapporto altezza/diametro piuttosto grande - tra 5 e 20 - ed anche più)	- contenitori verticali ancorati direttamente alla fondazione e liberi lungo l'altezza (colonne, torri e molti reattori). La massa è ben distribuita). - contenitori verticali vincolati, oltre che alla base, lungo l'altezza (colonne molto snelle, es. le torce). La loro massa è dovuta interamente alla struttura, poiché contengono gas. - contenitori cilindrici orizzontali, sostenuti da due o più selle poggiate sulle fondazioni (molti serbatoi sotto pressione e scambiatori di calore).	- cedimenti differenziali alla base delle apparecchiature di medio peso - inclinazioni delle strutture alte - snervamento o sfilamento dal calcestruzzo di bulloni di ancoraggio. - Fessure ed espulsioni del calcestruzzo - scorrimenti nelle strutture non ancorate con conseguente rottura tubazioni - crolli di ciminiere con distruzione/danneggiamento di unità limitrofe
Apparecchiature tozze poste sulle fondazioni (dimensioni analoghe nelle tre direzioni e caratterizzate da masse elevate)	- grandi serbatoi per il contenimento dei liquidi a pressione atmosferica, di forma cilindrica con un rapporto altezza diametro da 2 a 0.2. (fondo circolare poggiante direttamente sulle fondazioni) - serbatoi snelli (rapporto elevato altezza/diametro) e serbatoi tozzi.(rapporto non elevato altezza/diametro) - grandi macchine di processo, come filtri e decantatori, o apparati dinamici, quali pompe e compressori.	- oscillazione della massa di liquido (forze elevate sulle pareti del serbatoio, onda di "sloshing" nella parte superiore con versamento) - danno alla base, per cedimento della saldatura tra il fondo e le pareti - instabilità elasto-plastica delle pareti alla base (con c.d. "elephants foot") - danneggiamento tetti a cono per depressione interna (rapido svuotamento, non compensato dalle valvole) - danni alle tubazioni uscenti dai serbatoi per cedimenti del terreno - incendio di vapori per attrito tra il tetto galleggiante e parete (per danneggiamento guarnizioni)

Analisi preliminare del rischio NaTech da Sisma

apparecchiature tozze, poggianti su pilastri	– serbatoi sferici (con sostanze gassose liquefatte sotto pressione) in genere sollevati rispetto al suolo, sostenuti da un certo numero di sostegni circonferenziali, collegati alla sfera a livello dell'equatore ed irrigiditi con controventi diagonali – serbatoi cilindrici per gas liquefatti a bassa temperatura; le pareti sono formate con un guscio doppio, con un'intercapedine di materiale isolante, distanziati dal suolo da corti piedistalli – forni di processo e generatori di vapore. (sollevati da terra mediante due o più linee di pilastri, per la manutenzione e per il passaggio delle tubazioni)	– danni serbatoi sferici a seguito collasso pilastrini basamento – danni ai forni a cattedrale per collasso ciminiera – il collasso catastrofico dei forni può causare il danneggiamento o la distruzione di altre apparecchiature o linee di tubazioni – perdita di appoggio delle tubazioni interne (coils) che potrebbero collassare all'interno del forno causando la fuoriuscita di sostanze infiammabili – distacco del refrattario che potrebbe lasciare parti del mantello d'acciaio non protette, con possibile forte aumento localizzato della temperatura e conseguente perdita delle caratteristiche meccaniche. – danni alle giunzioni flangiate delle tubazioni esterne in ingresso e in uscita dai forni – comportamento soft-storey al piede della struttura, con possibile collasso per flessione e taglio dei pilastri di supporto
Colonne (massa strutturale assai bassa rispetto alle capacità strutturali – sollecitazioni prodotte dalle azioni sismiche in genere modeste)	– colonne di distillazione costituite da contenitori cilindrici verticali in acciaio posti su pilastri e fondazioni in cemento armato	– collasso della fondazione spesso costituita da una platea di piccole dimensioni (generazione di elevati momenti ribaltanti dovuti alla loro notevole altezza)
Tubi e sistemi di tubazioni (collegano tutti gli apparati coinvolti nel processo trasportando le sostanze liquide trattate attraverso l'impianto)	– tubi di ogni specie, prevalentemente in metallo, ma anche in ceramica, vetro, calcestruzzo, ecc., per eventuali richieste di resistenza alla corrosione	– spostamenti differenziali di strutture diverse, o di parti della stessa struttura da essi collegate – danneggiamento a seguito del collasso di qualche struttura di sostegno – danni conseguenti alle deformazioni del terreno nelle tubazioni interrate.

Analisi preliminare del rischio NaTech da Sisma

Effetti su impianti e apparecchiature elettriche	– rete elettrica – trasformatori di alimentazione – quadri di manovra – motori elettrici – batterie per l'alimentazione di continuità – lampade pesanti	– fuori uso dei servizi essenziali; – pericoli per le persone dovuti a contatti diretti ed indiretti; – ostacoli per i soccorsi dovuti alla caduta di armadi, quadri, – condotti o centri luminosi; – arresto degli ascensori – danni ai trasformatori ed ai motori se non ancorati (elevata massa) – danni ai quadri di manovra se non ancorati alle strutture portanti o se ancorati a pannelli non strutturali – danni alle cose per incendi; – esplosioni
Impianti antincendio	– impianti antincendio (idrico, sprinkler a umido e a secco, fisso con estinguenti gassosi), – rivelatori di incendio – ascensori antincendio e di soccorso – gruppi elettrogeni – impianti di pompaggio/adduzione di fluidi infiammabili, combustibili, comburenti	– mancanza di alimentazione elettrica – rottura ancoraggio serbatoi alimentazione idrica – rottura serbatoi alimentazione idrica – rottura serbatoi – rottura tubazione collegamento – rottura ancoraggio basamento gruppi pompaggio – rottura tubazioni di collegamento – rottura alimentazioni combustibili gruppi elettrogeni – rottura/perdita di tenuta da tubazioni interrato e fuori terra
Edifici strategici	– sale controllo, edifici sede di gestione dell'emergenza, rimesse – antincendio, infermeria – (connessioni ed ancoraggi, sono stati spesso cruciali nel determinare i danni alle strutture)	– perdita dell'appoggio, con conseguente caduta/scivolamento laterale delle travi (di piano e di copertura) – danni ai pilastri – collasso dei pannelli di tamponatura esterni – instabilità delle scaffalature in acciaio (magazzini intensivi)

Frequenza di un evento NaTech

Rispetto ai casi illustrati, un primo fondamentale chiarimento contenuto nella norma UNI/TS 11816-1, è la definizione di vulnerabilità di un'apparecchiatura critica come «probabilità di danneggiamento in conseguenza della sollecitazione correlata alla frequenza di riferimento dell'evento naturale», frequenza quest'ultima che «può essere ricavata dalle banche dati e/o normative disponibili».

La linea guida, definisce la frequenza di un evento NaTech come il «**prodotto tra la frequenza dell'evento naturale e la probabilità di danneggiamento**» dell'Asset critico.

Es. Calcolo probabilità di un evento Natech da sisma

La probabilità di un evento NaTech viene calcolata moltiplicando la frequenza media annua di ricorrenza dell'evento sismico (Ad es. 10^{-3}) per la probabilità di danneggiamento di una apparecchiature critica (Ad es. 10^{-2}) calcolata con riferimento ad esempio ad una curva di fragilità dell'asset critico per cui si sta procedendo al calcolo della probabilità di danneggiamento, ottenendo così una stima pari (nell'es. a 10^{-5} occ./anno):

Esempio di calcolo della frequenza danneggiamento Asset

$$f = \lambda_{\text{sisma}} (1/T_R) \cdot \text{Probabilità}_{\text{danno}} \cong 10^{-3} \cdot 10^{-2} \cong \mathbf{10^{-5} \text{ occ./anno}}$$

Definizione dell'azione sismica

Definizione dell'azione sismica

Al punto 2.4.3 le NTC 2018 indicano che per le costruzioni a servizio di attività RIR si adotteranno **valori di C_U** anche superiori a 2, in relazione alle conseguenze sull'ambiente e sulla pubblica incolumità determinate dal raggiungimento degli stati limite. La **Circolare C.S.LL.PP. 21 gennaio 2019, n.7**, richiamata all'appendice H delle linee guida, suggerisce ai gestori, in attesa di specifiche indicazioni normative, di assumere nelle verifiche cautelativamente **$C_U=2,5$ nel caso di presenza di scenari incidentali con impatto all'esterno.**

Tali parametri consentono di **definire, le forme spettrali, e quindi le sollecitazioni**, per ciascuna delle probabilità di superamento PVR (Tab. 3.2.I NTC 2018) nel periodo di riferimento V_R ($V_R = V_N \cdot C_U$ – paragrafo 2.4 NTC 2018).

Per ciascuno stato limite e relativa probabilità di eccedenza PVR nel **periodo di riferimento V_R** si ricava il periodo di ritorno T_R della sollecitazione sismica di progetto utilizzando la relazione:

$$T_R = - V_R / \ln (1- PVR) = - (C_U \cdot V_N) / \ln (1- PVR)$$

Da cui deriva il calcolo della **frequenza media annua** di ricorrenza dell'evento sismico:

$$\lambda_{\text{sisma}} = 1/T_R \text{ (dove } T_R \text{ periodo medio di ritorno del sisma in anni)}$$

Nel caso delle apparecchiature di processo, si assume una vita nominale V_N con valore minimo di 50 anni.

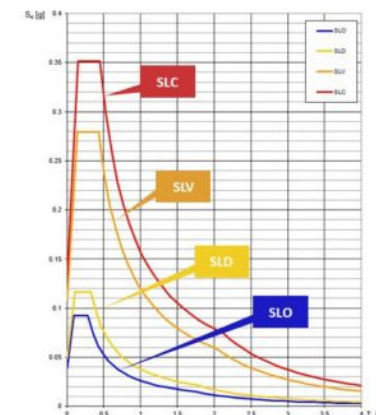
Definizione dell'azione sismica

Ai fini della determinazione **dell'azione sismica**, si deve far riferimento alla metodologia indicata dalle **NTC 2018**, che si basa sulla stima della pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale indicata nelle ordinanze **OPCM 3274 del 2003** e **OPCM 3519 del 2006**, e relativi aggiornamenti.

La pericolosità sismica è definita in termini di **accelerazione orizzontale massima attesa a_g** con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR come definite nel § 3.2.1, nel **periodo di riferimento V_R** , come definito nel § 2.4.

Stati limite	P _{VR} : probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite d'esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Tab. 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} in funzione dello stato limite considerato



La valutazione della sicurezza dovrà essere eseguita con riferimento sia agli stati limite ultimi (SLU) che agli stati limite di esercizio (SLE) come indicato al § 7.3.6 delle NTC2018, Tab.7.3.III, in considerazione del fatto che gli **impianti industriali** rientrano in classe d'uso (CU) IV.

STATI LIMITE		C _U I	C _U II			C _U III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT			DUT		

Elementi strutturali (ST)	Impianti (IM)
Verifiche di rigidezza (RIG)	Verifiche di funzionamento (FUN)
Verifiche di resistenza (RES)	Verifiche di stabilità (STA)
Verifiche di duttilità (DUT)	Elementi non strutturali (NS)
Verifiche di stabilità (STA)	Verifiche di stabilità (STA)

Tab. 7.3 III _ Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

Verifica della sicurezza sismica

Definito il livello di sicurezza ζ_E di una struttura:

$$\zeta_E = \frac{\text{azione sismica massima sopportabile dall'opera esistente}}{\text{azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di un'opera ex novo sul medesimo sito e con le medesime caratteristiche}}$$

La verifica non è soddisfatta qualora $\zeta_E < 1$.

In tal caso gli obiettivi di sicurezza della norma potranno essere raggiunti con interventi di adeguamento sismico volti ad incrementare il livello di sicurezza ζ_E a valori pari o superiori a 0,80.

Nel caso in cui non sia possibile da un punto di vista tecnico/economico raggiungere il livello di sicurezza $\zeta_E \geq 0,80$, sono ammessi **interventi di miglioramento sismico** che consentono di incrementare il livello di sicurezza $\zeta_E \geq 0,60$, a condizione che il gestore preveda e dimostri l'utilizzo di sistemi tecnici e gestionali per la mitigazione delle conseguenze legate ad un evento sismico.

Verifica della sicurezza sismica

Nel caso di inadeguatezza nei confronti delle azioni sismiche e non sismiche (statiche) per quanto attiene alla necessità e relativa **programmazione degli interventi** occorre fare riferimento a quanto riportato nel Paragrafo 8.3 della **Circolare 21.01.2019 n.7 C.S.LL.PP.** “Istruzioni per l'applicazione delle NTC 2018”:

“Attesa l'aleatorietà dell'azione, nel caso in cui l'inadeguatezza di un'opera si manifesti nei confronti delle azioni sismiche, le condizioni d'uso, la necessità e la conseguente programmazione dell'intervento sono stabiliti (n.d.r. dal gestore) sulla base di una pluralità di fattori, quali: la gravità dell'inadeguatezza e le conseguenze che questa comporterebbe anche in termini di pubblica incolumità, le disponibilità economiche, etc.

*Nel caso in cui l'inadeguatezza di un'opera si manifesti nei confronti delle azioni non sismicheomissis.... è necessario adottare gli opportuni provvedimenti, quali ad **esempio limitazioni ai carichi consentiti, restrizioni all'uso e/o esecuzione di interventi volti ad aumentare la sicurezza**, che consentano l'uso della costruzione con i livelli di sicurezza richiesti dalle NTC”.*

Verifica della sicurezza sismica

Il gestore dello stabilimento, per individuare un **ordine di priorità di intervento**, ferma restando la necessità di intervenire in caso di inadeguatezza della valutazione della sicurezza e tenendo conto anche delle risultanze dell'analisi del rischio preliminare, può classificare il **livello di esposizione E**, conseguente alle criticità nei confronti delle azioni sismiche dell'elemento oggetto di analisi, attribuendogli un valore come segue:

- Esposizione elevata = 4
- Esposizione media = 3
- Esposizione bassa = 2
- Esposizione minima = 1

Tale livello di esposizione dovrà essere associato all'inadeguatezza risultante dalle verifiche ottenendo così un **indicatore delle priorità di intervento (IPI)**, che tiene conto sia del livello di inadeguatezza che del livello di esposizione, attraverso il rapporto:

$$I_{PI} = E / \zeta_E$$

Verifica della sicurezza sismica

Indicatore delle priorità di intervento (IPI), che tiene conto sia del livello di inadeguatezza che del livello di esposizione $I_{PI} = E / Z_{SE}$

		Livello di Esposizione			
		1	2	3	4
ζ_E	0,8	1,25	2,50	3,75	5,00
	0,7	1,43	2,86	4,29	5,71
	0,6	1,67	3,33	5,00	6,67
	0,5	2,00	4,00	6,00	8,00
	0,4	2,50	5,00	7,50	10,00
	0,3	3,33	6,67	10,00	13,33
	0,2	5,00	10,00	15,00	20,00
	0,1	10,00	20,00	30,00	40,00

I_{PI} è un indice che tiene conto del grado di inadeguatezza sismica (ζ_E) e della corrispondente gravità dello scenario incidentale associato (E)

Tale metodologia può supportare i gruppi di lavoro delle attività istruttorie ed ispettive nelle valutazioni relative alle **priorità degli interventi** sia nella fase di programmazione che in quella di realizzazione.

[illegible]

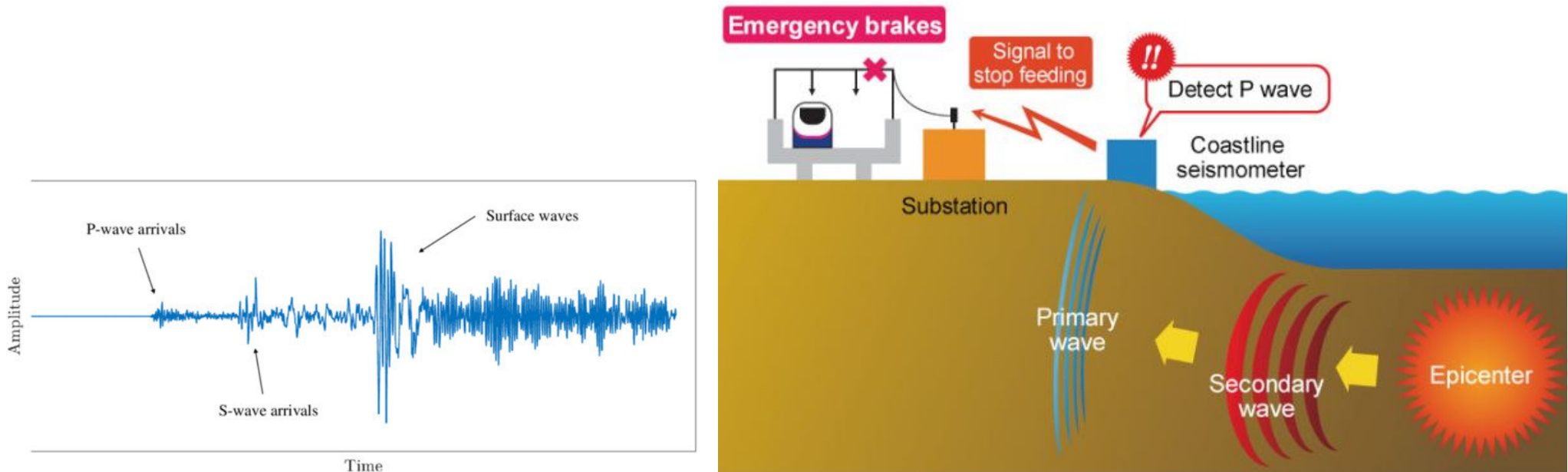
Interventi di miglioramento e di adeguamento, su strutture ed elementi di impianto critici: tradizionali o innovativi

In funzione dell'inadeguatezza delle verifiche sismiche e delle analisi di rischio precedentemente illustrate, il gestore dovrà **valutare la necessità di realizzare interventi di miglioramento e di adeguamento**, su strutture ed elementi di impianto critici, di tipo tradizionale (interventi volti ad incrementare la rigidezza e la resistenza della struttura) o innovativi (isolamento sismico e dissipazione di energia) per aumentare il livello di sicurezza degli elementi/componenti ed apparecchiature critici presenti nello stabilimento.

Danni ai sistemi di ancoraggio, quali snervamento o sfilamento dal calcestruzzo delle barre di ancoraggio, o rottura in corrispondenza della saldatura dei piatti	• Rifacimento dei sistemi di ancoraggio per incremento della lunghezza di ancoraggio e/o dell'aderenza delle barre di ancoraggio • Rinforzo/rifacimento delle saldature
Scorrimento delle strutture non ancorate a terra e possibile rottura delle connessioni con le tubazioni	• Introduzione di sistemi di ancoraggio a terra • Introduzione di giunti flessibili • Introduzione di sistemi innovativi di protezione sismica passiva (es.: isolamento alla base, dissipatori di energia)
Collasso per schiacciamento o a taglio dei pilastri in c.a. a sostegno di componenti di stoccaggio e di processo	• Cerchiatura di pilastri in c.a. • Realizzazione di nuovi pilastri

Sensori e dispositivi di allerta precoce (Early Warning)

Il gestore può anche predisporre adeguate misure di mitigazione del rischio per contenere i danni derivanti dall'evento sismico sull'uomo e sull'ambiente, adottando sistemi tecnici/gestionali mediante il posizionamento e l'installazione di sensori e dispositivi di allerta precoce, come i sistemi di Early Warning Sismico (Regionali e Locali) e i sistemi di Early Warning Impiantistico, mediante sensori per il rilevamento di spostamenti e deformazioni, della accelerazione, delle temperature e del rilascio di sostanze pericolose. Tali sensori possono consentire l'attivazione tempestiva di allarmi e, mediante attuatori, di sistemi di protezione attiva come ad esempio i sistemi antincendio automatici, migliorando così le condizioni di sicurezza dell'impianto.



Categoria Strutturale	Apparecchiatura	Sensori	Posizione	Misura	Azione
Recipienti snelli poggiati direttamente sulla fondazione	Colonne	Trasduttori di spostamento e/o inclinometri wireless	Giunti flangiati colonna-tubazioni/tirafondi fondazione	Rotazione e spostamento assiale relativo tra le piastre della flangia/rotazione relativa flangia di base	Attivazione di valvole di chiusura a valle o a monte del giunto
		Strain-gauges o fibre ottiche	Gomiti delle tubazioni	Deformazione locale della tubazione	
	Serbatoi Orizzontali e Separatori	Trasduttori di spostamento e inclinometri wireless	Giunti flangiati serbatoio-tubazioni tirafondi fondazione	Rotazione e spostamento assiale relativo tra le piastre della flangia /rotazione rigida sella	Attivazione di valvole di chiusura a valle o a monte del giunto
		Strain-gauges o fibre ottiche	Gomiti delle tubazioni	Deformazione locale della tubazione	
Apparecchiature tozze poggiate direttamente sulla fondazione	Grandi Serbatoi Atmosferici non ancorati	Trasduttori di spostamento e inclinometri wireless	Giunti flangiati serbatoio-tubazioni o piastra di base del serbatoio	Rotazione e spostamento assiale relativo tra le piastre della flangia/spostamenti orizzontali e verticali della piastra di base	Attivazione di valvole di chiusura a valle o a monte del giunto
		Strain-gauges wireless o fibre ottiche	Gomiti delle tubazioni	Deformazione locale della tubazione	Attivazione di valvole di chiusura a valle o a monte del giunto

Gestione dell'emergenza in caso di evento sismico

I risultati ottenuti dall'Analisi del Rischio NaTech da Sisma possono comportare una eventuale modifica degli scenari incidentali da tenere in considerazione nella redazione del **PEI** e nelle informazioni che il gestore deve trasmettere all'Autorità Competente per la predisposizione del **PEE**.

Tra i principali fattori da considerare nel corso dell'emergenza NaTech vi sono:

- **sostanze pericolose presenti**: individuazione delle aree dello stabilimento in cui sono presenti sostanze pericolose; loro natura e caratteristiche di pericolosità; principali elementi critici di impianto da cui possono originare perdite di contenimento (LOC) e relative tipologie e quantità rilasciate; conoscenza delle appropriate procedure di primo soccorso e di pulizia e delle misure di protezione per gli operatori di emergenza (squadre di stabilimento e dei vigili del fuoco ed altre Autorità) e loro livello di preparazione;
- **risorse umane**: numero degli operatori di emergenza potenzialmente disponibili; loro livello di abilità e competenze nella gestione di attività nell'ambito di uno scenario NaTech;

Gestione dell'emergenza in caso di evento sismico

Tra i principali fattori da considerare nel corso dell'emergenza NaTech vi sono:

- **comunicazione**: sistemi di allerta e per l'attivazione delle procedure di emergenza; mezzi di comunicazione quali telefoni, radiotrasmittenti, cercapersone e sistemi di allarme;
- **servizi antincendi e gestione rilasci**: rilevazione ed estinzione incendi e/o rilevazione rilasci sostanze pericolose; eventuali indisponibilità dei sistemi antincendio; mobilitazione di personale, attrezzature e forniture di supporto per lo smaltimento dei detriti, l'evacuazione e le operazioni di ricerca e salvataggio;
- **pronto soccorso medico**: adeguato trattamento e trasporto dei feriti/persone esposte e interesse per lo stato di salute, a fronte di rilascio di sostanze pericolose.



Conclusioni

Gli approcci metodologici seguiti per l'analisi dei rischi di incidenti connessi a cause naturali, quali i terremoti, risultano talvolta molto diversi nell'ambito delle attività istruttorie dei RdS e delle visite ispettive SGS-PIR.

L'emanazione delle recenti linee guida è stata quanto mai indispensabile per fissare alcuni punti fermi:

1. Intanto le linee guida **richiamano il quadro normativo di riferimento** con particolare riguardo alle NTC 2018, ricordando che **l'obbligo delle verifiche sismiche** nel caso di stabilimenti industriali **viene introdotto dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003** (comma 3 dell'art. 2):

«l'obbligo di procedere a verifica, da effettuarsi a cura dei proprietari sia degli edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli eventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile sia degli edifici e delle opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso».

2. È definito un chiaro **approccio metodologico** che parte dall'**individuazione preliminare delle apparecchiature critiche**, ossia quelle che in caso di sisma, possono dar luogo ad un disastro tecnologico. Tali Asset possono essere individuati mediante analisi storica degli eventi incidentali verificatisi nel passato e attraverso una verifica preliminare dello stabilimento mediante ispezioni.

Conclusioni

3. **richiamato il quadro normativo di riferimento normativo** rispetto alle verifiche sismiche (SLE e SLU) in relazione alla tipologia degli elementi da verificare con i relativi coefficienti di calcolo secondo le NTC 2018;
4. richiamato il concetto di **grado di inadeguatezza di un asset critico**;
5. chiarito il concetto di **frequenza di un evento NaTech**;
6. richiamate le modalità di valutazione speditiva della **probabilità di danneggiamento di apparecchiature critiche** con lo strumento delle **curve di fragilità**;
7. richiamata la necessità di procedere alla **valutazione quantitativa del rischio** ai sensi dell'allegato C del D.Lgs. 105/2015 per gli scenari NaTech;
8. definita una metodologia per l'elaborazione di **cronoprogrammi d'intervento** sugli asset critici in relazione ad un indice di priorità.



Conclusioni

Inoltre, si ricorda che la valutazione della sicurezza deve effettuarsi quando ricorra anche una sola delle situazioni, secondo quanto prescritto al § 8.3 delle NTC 2018:

- riduzione evidente della capacità resistente e/o deformativa della struttura o di alcune sue parti dovuta a: **significativo degrado** e **decadimento delle caratteristiche meccaniche dei materiali**, **deformazioni significative** conseguenti anche a problemi in fondazione; **danneggiamenti prodotti da azioni ambientali** (sisma, vento, neve e temperatura), da azioni eccezionali (urti, incendi, esplosioni) o da situazioni di funzionamento ed uso anomali;
- **provati gravi errori di progetto o di costruzione**;
- **cambio della destinazione d'uso** della costruzione o di parti di essa, con **variazione significativa dei carichi variabili** e/o passaggio ad una classe d'uso superiore;
- esecuzione di interventi non dichiaratamente strutturali, qualora essi interagiscano, anche solo in parte, con elementi aventi funzione strutturale e, in modo consistente, ne riducano la capacità e/o ne modifichino la rigidezza;
- ogni qualvolta si eseguano gli **interventi strutturali** di cui al § 8.4;
- opere realizzate in **assenza o difformità dal titolo abitativo**, ove necessario al momento della costruzione, o in difformità alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al momento della costruzione.

Grazie per l'attenzione!

**Ing. Armando De Rosa
Direzione Regionale VV.F. Campania
Ufficio Prevenzione Incendi**

armando.derosa@vigilfuoco.it