

Rischio NATECH e aziende a rischio di incidente rilevante: stato dell'arte e prospettive future

L'attività dei Comitati Tecnici Regionali : Rischio NaTech Sismico

SCA, 30 Novembre 2023

Presentazione a cura di:

Ing. Armando De Rosa

Ing. Ivan Procaccini

Direzione Centrale per la Prevenzione e la Sicurezza Tecnica

C.N.VV.F.



INDICE DEGLI ARGOMENTI

- ➡ **Attività istruttorie svolte dai CTR di cui all'art. 10 D.Lgs. 105/2015**
- ➡ **Casi studio Istruttorie RdS per la valutazione degli eventi NaTech da sisma**
 - Caso A (stabilimento chimico);
 - Caso B (Stabilimento farmaceutico);
 - Caso C (Nuovo impianto di produzione e stoccaggio GNL).
- ➡ **La norma UNI/TS 11816-1:2021**
 - Frequenza evento Natech;
 - Definizione azione sismica;
 - Verifica della sicurezza sismica;
 - Vulnerabilità di un asset critico.
- ➡ **Conclusioni**

Attività istruttorie dei Comitati tecnici regionali ex art. 10 D.Lgs. 105/2015

Le emergenze sismiche che negli ultimi anni hanno interessato il nostro territorio nazionale, hanno dato evidenza della necessità di svolgere approfondite valutazioni in merito alla possibilità che **eventi naturali** quali quelli sismici, possano indurre disastri tecnologici (eventi NaTech).

L'importanza di svolgere 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**.



Procedura per la valutazione del rapporto di sicurezza

Art. 17 D.Lgs. 105/2015

1. Il CTR di cui all'articolo 10 effettua le istruttorie per gli stabilimenti soggetti alla presentazione del rapporto di sicurezza ai sensi dell'articolo 15, con oneri a carico dei gestori, e adotta altresì il provvedimento conclusivo. Ove lo stabilimento sia in possesso di autorizzazioni ambientali, il CTR esprime le proprie determinazioni tenendo conto delle prescrizioni ambientali.

Art.10 D.Lgs. 105/2015

7. Il presidente del CTR designa i componenti dei gruppi di lavoro incaricati dello svolgimento delle istruttorie pari a 4.

**Componenti GdL
istruttorie RdS**



Attività istruttorie dei Comitati tecnici regionali ex art. 10 D.Lgs. 105/2015

Le istruttorie dei CTR hanno evidenziato per quanto attiene alla valutazione degli eventi NaTech disuniformità delle valutazioni svolte nell'ambito delle attività istruttorie dei RdS, essendo tale ambito di valutazione una novità rispetto al previgente quadro normativo.

Vediamo alcuni esempi



Attività istruttorie dei Comitati tecnici regionali ex art. 10 D.Lgs. 105/2015

Caso A: Stabilimento chimico

Il primo caso, riguarda uno stabilimento chimico per il quale, viene valutato il pericolo di rottura di **fusti del tipo metallico contenenti fosforo**, impilati gli uni sugli altri, per effetto dell'azione sismica. Nell'ambito degli approfondimenti svolti, viene calcolata la **frequenza di accadimento dell'evento sismico** in grado di generare il danneggiamento strutturale di un edificio non progettato per sopportare l'azione sismica, risultata essere dell'ordine di: **$f \approx 1 \times 10^{-2}$ occ./anno**. **La frequenza dell'evento incidentale "rottura fusti", viene assunta coincidente con la frequenza dell'evento sismico di riferimento.**

Atteso l'elevato valore della frequenza dell'evento incidentale, l'azienda ha ritenuto necessario progettare un sistema di ancoraggio dei contenitori metallici, al fine di rendere improbabile tale accadimento.

All' intervento di messa in sicurezza non seguono, tuttavia, valutazioni di maggior dettaglio rispetto all'**efficacia dell'opera progettata**.

Conseguentemente è stata calcolata l'area di danno collegata al danneggiamento di fusti con rilascio della sostanza pericolosa in essi contenuta.



Attività istruttorie dei Comitati tecnici regionali ex art. 10 D.Lgs. 105/2015

Caso A: Stabilimento chimico

Intervento di messa in sicurezza dei fusti metallici



Attività istruttorie dei Comitati tecnici regionali ex art. 10 D.Lgs. 105/2015

Caso B: Stabilimento farmaceutico

Il secondo caso, riguarda uno stabilimento farmaceutico le cui verifiche di vulnerabilità sismica hanno interessato edifici, impianti e apparecchiature suscettibili di dar luogo ad un evento incidentale.

Le verifiche sono state condotte con riferimento alle NTC 2018 assumendo i seguenti parametri: $V_N = 50$ anni; Classe d'uso IV con coeff. $C_u = 2.0$. E' stata definita l'accelerazione orizzontale massima al sito per gli stati limite di esercizio (SLO ed SLD) e per gli stati limite ultimi (SLV e SLC) nonché sono stati calcolati i rispettivi periodi di ritorno del sisma T_R e conseguentemente la frequenza media annua di ricorrenza dell'evento sismico ($\lambda = 1/T_R$). Frequenze risultate essere dell'ordine 10^{-3} occ./anno.

Le strutture preesistenti, in assenza di documentazione tecnica esaustiva sono state oggetto di una campagna d'indagini geometriche e di prove sui materiali finalizzata alla definizione degli schemi strutturali e delle caratteristiche di resistenza meccanica.



Le verifiche sismiche svolte hanno consentito la definizione del livello di sicurezza ζ_E (rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dall'opera in esame e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto della stessa opera ex novo) che per alcune strutture, quali un capannone ed un impianto, ζ_E è risultato inferiore all'unità e compreso nell'intervallo **$0,6 \div 0,8$** .

Attività istruttorie dei Comitati tecnici regionali ex art. 10 D.Lgs. 105/2015

Caso B: Stabilimento farmaceutico

È stato poi eseguito il calcolo della probabilità di danneggiamento delle apparecchiature critiche presenti nello stabilimento per cui il livello di sicurezza ζ_E è risultato $<0,8$, con riferimento alle curve di fragilità “Hazard-MH Earthquake Model 2010-RAPID-N”. Questa è risultata essere per entrambi gli asset critici dell'ordine di 10^{-2} .

A questo punto, la probabilità di un evento NaTech è stata calcolata moltiplicando la frequenza media annua di ricorrenza dell'evento sismico (10^{-3}) per la probabilità di danneggiamento delle apparecchiature critiche (10^{-2}) ottenendo così una stima pari a 10^{-5} occ./anno.

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

La probabilità di innesco dei vapori generati dal rilascio del liquido, con riferimento allo studio di Browning 1969, è pari a 10^{-2} , pertanto, la stima della probabilità di accadimento dell'evento “incendio” è risultata essere pari a **10^{-7} occ./anno che ha consentito di ritenere l'evento non credibile.**

Attività istruttorie dei Comitati tecnici regionali ex art. 10 D.Lgs. 105/2015

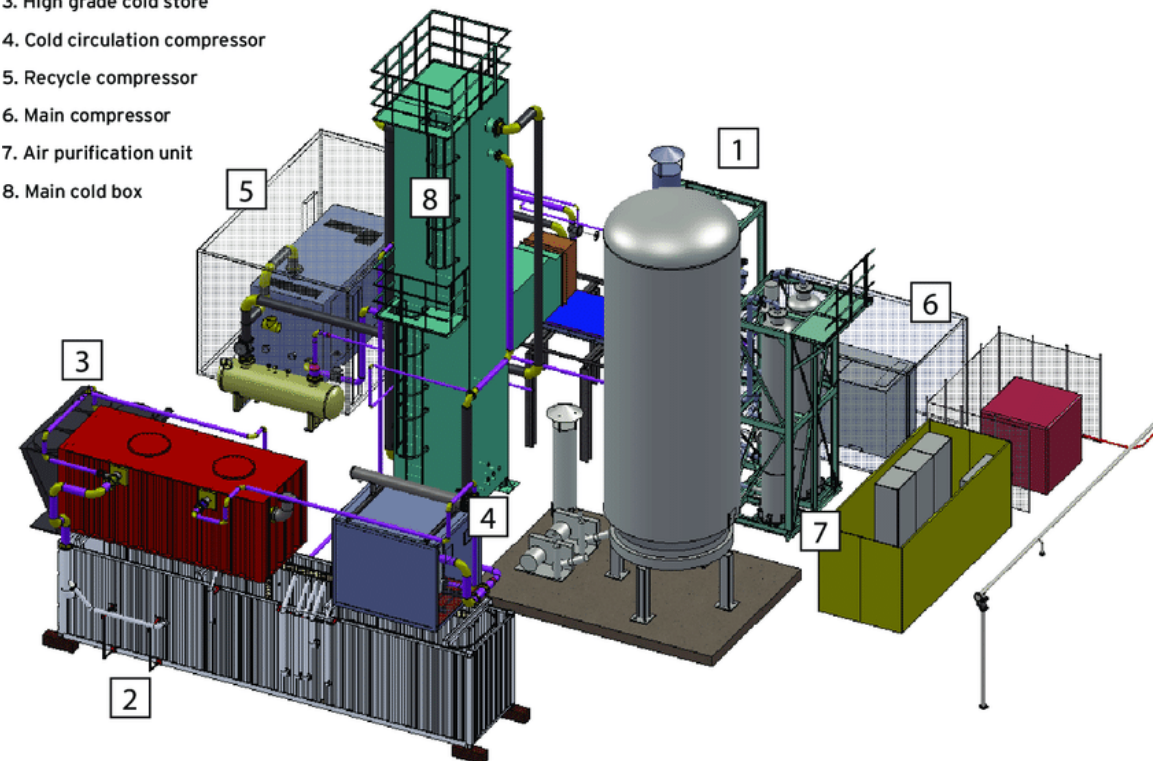
Caso C: Nuovo stabilimento per la produzione e stoccaggio di GNL

L'ultimo caso è invece relativo ad un impianto di nuova realizzazione per la produzione e lo stoccaggio di gas naturale liquefatto. L'impianto viene progettato secondo le NTC 2018 assumendo una vita nominale $V_N = 50$ anni; **Classe d'uso IV** con **Coeff. $C_u = 2.0$** .

Vengono preliminarmente individuate tra le apparecchiature critiche dell'impianto, serbatoi atmosferici, serbatoi in pressione, colonne e scambiatori.

Come per il caso precedente, viene calcolata la frequenza dell'evento sismico ma con la differenza che, tale frequenza, è stata definita per terremoti con probabilità di eccedenza pari al 5% e 4% (software Spettri-NT del CLLPP) e quindi inferiore a quella di progetto. La frequenza di tali eventi sismici è risultata essere rispettivamente pari a $5 \cdot 10^{-4}$ e $4 \cdot 10^{-4}$ (occ./anno).

1. Cryogen storage
2. Power recovery (40 ft container)
3. High grade cold store
4. Cold circulation compressor
5. Recycle compressor
6. Main compressor
7. Air purification unit
8. Main cold box



Attività istruttorie dei Comitati tecnici regionali ex art. 10 D.Lgs. 105/2015

Caso C: Nuovo stabilimento per la produzione e stoccaggio di GNL

L'identificazione del possibile stato di danno delle apparecchiature critiche, è stato determinato con l'uso delle curve di fragilità di *"Campdel et al. 2008 – Effects Horizontal pressurized storage tanks"* che descrivono n. 4 possibili stati di danno, determinando la probabilità di accadimento per ciascun livello di danneggiamento, riferiti ai valori della PGA con probabilità di eccedenza del 5% e 4%.

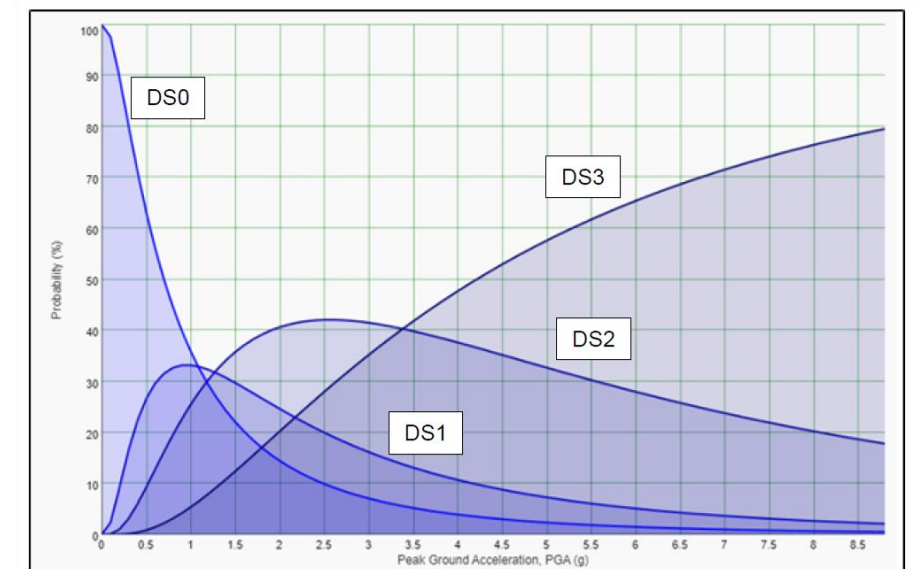
Stato di danno (DS)	Probabilità di danno del serbatoio di stoccaggio GNL causato da un terremoto	
	PGA (probabilità di eccedenza: 5%)	PGA (probabilità di eccedenza: 4%)
0 (nessun danno)	≈ 1	≈ 1
1 (danno strutturale minore)	$\approx 7 \cdot 10^{-2}$	$\approx 8 \cdot 10^{-2}$
2 (danno strutturale moderato)	$\approx 7 \cdot 10^{-3}$	$\approx 9 \cdot 10^{-3}$
3 (danno strutturale grave/rilascio catastrofico)	$\approx 2 \cdot 10^{-4}$	$\approx 2 \cdot 10^{-4}$

Attività istruttorie dei Comitati tecnici regionali ex art. 10 D.Lgs. 105/2015

Caso C: Nuovo stabilimento per la produzione e stoccaggio di GNL

Dal prodotto delle frequenze attese degli eventi sismici di riferimento con le probabilità di danno associate ai 4 stati di danno (DS), sono state determinate le frequenze di rilascio di sostanze infiammabili associate al sisma di riferimento.

Stato di danno (DS)	Frequenza di rilascio associata allo stato di danno causato da un terremoto	
	PGA (probabilità di eccedenza: 5%)	PGA (probabilità di eccedenza: 4%)
0 (nessun danno)	$\approx 5 \cdot 10^{-4}$	$\approx 4 \cdot 10^{-4}$
1 (danno strutturale minore)	$\approx 3,5 \cdot 10^{-5}$	$\approx 3,2 \cdot 10^{-5}$
2 (danno strutturale moderato)	$\approx 3,5 \cdot 10^{-6}$	$\approx 3 \cdot 10^{-6}$
3 (danno strutturale grave/rilascio catastrofico)	$\approx 1 \cdot 10^{-7}$	$\approx 1 \cdot 10^{-7}$



Ritenendo credibili scenari incidentali con frequenze di accadimento superiori a $1 \cdot 10^{-6}$, sono stati analizzati gli scenari incidentali relativi agli stati di danno minore “DS1”. La valutazione in termini di distanze di danno, associate agli scenari relativi agli stati di danno DS1 (diametro di rottura del foro $\frac{1}{4}$ ”), è stata ricondotta a quella dell’analisi quantitativa del rischio per l’individuazione dei top event dello stabilimento.

La norma UNI/TS 11816-1:2021

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.

Definizione dell'azione sismica

l'analisi della pericolosità sismica, deve essere svolta con riferimento alle NTC 2018, tenendo altresì conto dei possibili effetti locali e di sito (es. liquefazione).

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

$$V_R = V_N \cdot C_U \text{ (paragrafo 2.4 NTC 2018)}$$

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 norma UNI/TS 11816-1:2021

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 P_{VR} (Tab. 3.2.I NTC 2018) nel periodo di riferimento V_R ($V_R = V_N \cdot C_U$ – Cfr paragrafo 2.4 NTC 2018).

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

$$T_R = - V_R / \ln (1- P_{VR}) = - (C_U \cdot V_N) / \ln (1- P_{VR})$$

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

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

La norma UNI/TS 11816-1:2021

Verifica della sicurezza sismica

Definito il livello di sicurezza ζ_E di una struttura:

$$\zeta_E = (\text{azione sismica massima sopportabile dall'opera esistente}) / (\text{azione sismica massima di progetto di una nuova costruzione sul medesimo sito e con le medesime caratteristiche})$$

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 $\geq 0,80$.

La norma UNI/TS 11816-1:2021 specifica che 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.

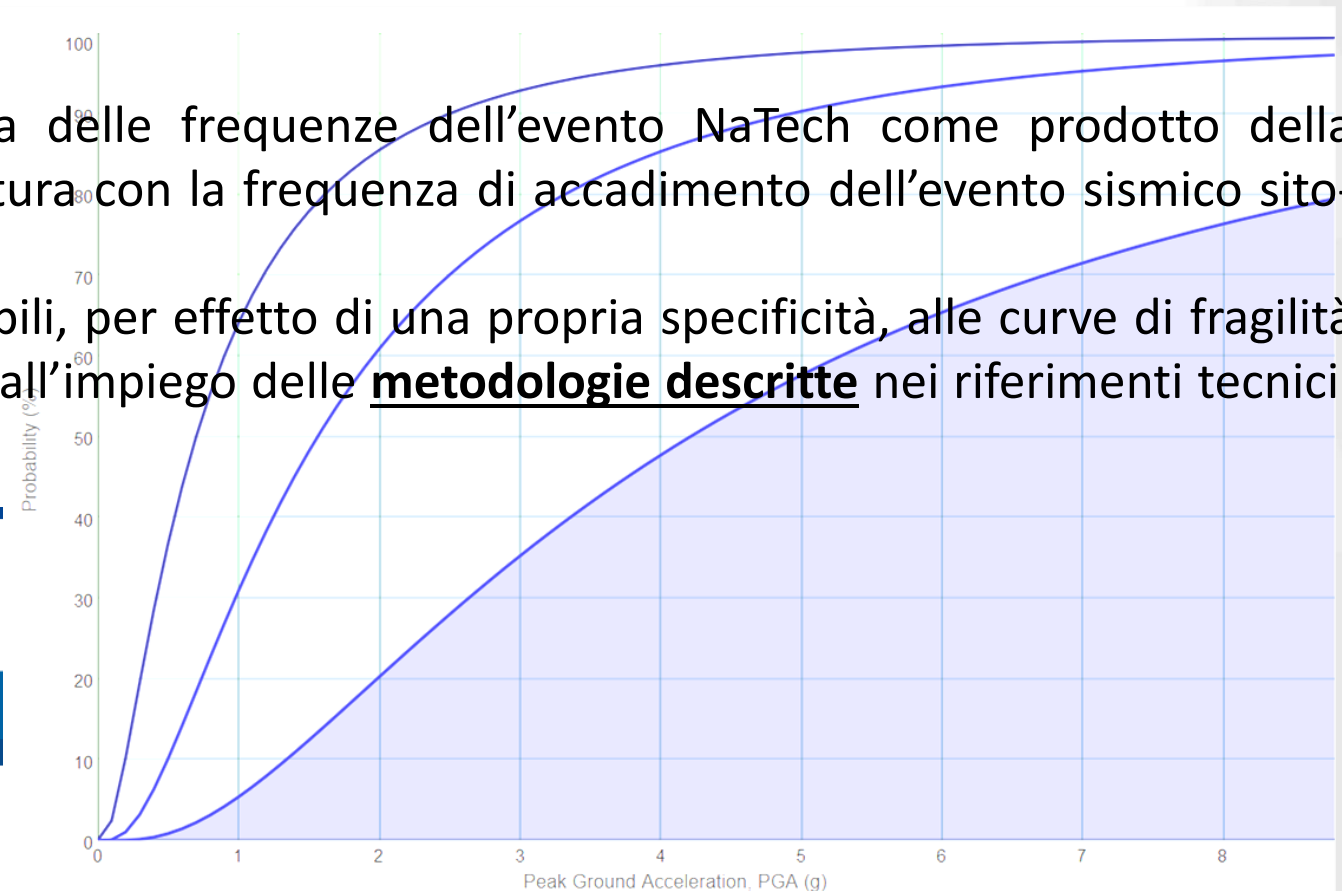
La norma UNI/TS 11816-1:2021

Vulnerabilità di un asset critico

La stima delle vulnerabilità degli asset critici (centri di pericolo) agli input sismici può essere effettuata utilizzando strumenti che impiegano le **curve di fragilità**, ovvero **funzioni di danno empiriche** che forniscono, sulla base di dati storici, la probabilità di un determinato livello di danneggiamento in relazione alla sollecitazione sismica considerata.

Tali curve consentono di effettuare una stima delle frequenze dell'evento NaTech come prodotto della probabilità di danneggiamento dell'apparecchiatura con la frequenza di accadimento dell'evento sismico sito-specifico.

Per quelle strutture non direttamente riconducibili, per effetto di una propria specificità, alle curve di fragilità disponibili in letteratura, è possibile fare ricorso all'impiego delle **metodologie descritte** nei riferimenti tecnici: **CNR-DT 212/2013** e **FEMA P-58 (2018)**.



Fragility Curves

Conclusioni

Come evidenziato, gli approcci metodologici per l'analisi dei rischi di incidenti connessi a cause naturali, quali i terremoti, risultano talvolta molto diversi.

La UNI/TS 11816-1, appare pertanto quanto mai indispensabile per fissare alcuni punti fermi.

1. Intanto la norma richiama il quadro normativo di riferimento con particolare riguardo alle NTC 2018, ricordando che **l'obbligo di valutazione della sicurezza 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 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 (Appendice D). Si evidenzia altresì gli utili riferimenti contenuti nell'Appendice G "Quadro di sintesi degli elementi d'impianto e dei relativi danni per sisma".

Conclusioni

3. Definizione del **livello di sicurezza ζ_E** quale rapporto tra l'azione sismica massima sopportabile dall'opera esistente e l'azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di un'opera ex novo sul medesimo sito e con le medesime caratteristiche. Come specificato nella UNI/TS 11816-1 al punto E.2.3 Verifica sismica: **«La valutazione della sicurezza e la progettazione degli interventi sugli impianti esistenti andranno eseguite con riferimento sia agli SLU che agli SLE specificate al § 7.3.6 delle NTC2018 in considerazione del fatto che gli impianti industriali rientrano in classe d'uso IV».**
4. Per ognuna delle apparecchiature critiche individuate, si procederà al **calcolo della frequenza di accadimento dell'evento NaTech da sisma** con riferimento alle indicazioni delle linea guida.
5. L'**Appendice F** della linea guida è specificamente rivolta alla definizione di approcci utili alla **individuazione degli scenari incidentali**. Gli scenari incidentali credibili sono generalmente quelli aventi una **freq. $>10^{-6}$ occ./anno.** In relazione alla caratterizzazione della sorgente di rilascio della sostanza pericolosa, il gestore deve poi dimensionare le aree di danno associate, applicando le metodologie già impiegate nel rapporto di Sicurezza.



Conclusioni

7. Misure di mitigazione

Conformemente a quanto contenuto nell'appendice E “Verifica sismica in base alle prescrizioni cogenti” di cui alla UNI/TS 11816-1, il gestore deve prevedere e dimostrare con l'utilizzo di sistemi tecnici e gestionali la mitigazione delle conseguenze legate ad un evento sismico.

Tra le misure di mitigazione che il gestore può attuare per contenere i danni derivanti dall'evento sismico, oltre agli interventi di miglioramento, adeguamento, di isolamento e/o dissipazione di energia, sono richiamate dalla UNI/TS 11816-1 anche l'adozione di sistemi Early Warning con l'ausilio di sensori e dispositivi di allarme per il rilevamento di deformazioni, spostamenti, vibrazioni e rilascio di sostanze pericolose, al fine di attivare tempestivamente opportune logiche di messa in sicurezza.

Tra gli interventi di natura tecnico-gestionale, necessari a fronteggiare gli scenari incidentali individuati, andranno previste specifiche procedure d'intervento nel piano di emergenza interno, tra cui quelle per la messa in sicurezza degli impianti.

Andrà altresì verificata l'adeguatezza delle risorse umane, la disponibilità di mezzi e apparecchiature, tra cui in particolare i servizi antincendi, dei sistemi di comunicazione interni ed esterni, dell'accessibilità al sito e non ultima l'adeguatezza dell'informazione, formazione e addestramento del personale.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

armando.derosa@vigilfuoco.it

Ivan.procaccini@vigilfuoco.it