

**Gruppo di Lavoro NaTech istituito nell'ambito del
Coordinamento Nazionale di cui all'art.11 del
Decreto Legislativo del 26 giugno 2015 n.105**

**RISCHIO NATECH DA SISMA PER
STABILIMENTI SOGGETTI AL
D.LGS.105/2015**

(Bozza per la consultazione)

Marzo 2023



Autori

Coordinatori: Mariano Ciucci (INAIL), Alessandra Marino (INAIL).

Cosetta Mazzini (ARPAE Emilia Romagna - Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica)

Stefano Baldacci (ARPA Toscana);

Simonetta Campana (ARTA Abruzzo);

Giovanni Caruso (ARPA Lazio)

Pamela Morra (ARPAE Emilia Romagna);

Ernesto Falamischia (ARPA Veneto);

Barbara Basso (ARPA Piemonte);

Francesca Bellamino (ARPA Piemonte);

Chiara Carpegna (ARPA Piemonte);

Armando De Rosa (CNVVF);

Roberto Emmanuele (CNVVF);

Ivan Procaccini (CNVVF)

Francesco Geri (Dipartimento della Protezione Civile, PCM);

Armando Lombardi (Regione Abruzzo);

Romualdo Marrazzo (ISPRA);

Annalisa Pirone (INAIL);

Alessio Rinaldini (INAIL);

Maria Rosaria Vallerotonda (INAIL);

Delle Site Corrado (INAIL);

INDICE

| | |
|--|-----------|
| 1. Scopo del documento | <i>1</i> |
| 2. Introduzione | <i>1</i> |
| 3. Riferimenti normativi e codici nazionali e internazionali | <i>2</i> |
| 4. Analisi e valutazione del pericolo da sisma | <i>3</i> |
| 5. Valutazione della vulnerabilità dello stabilimento industriale e dei suoi elementi relativamente al pericolo sisma | <i>4</i> |
| 6. Identificazione degli scenari ragionevolmente prevedibili in termini di conseguenze e probabilità | <i>11</i> |
| 7. Misure di prevenzione/mitigazione tecniche e gestionali | <i>12</i> |
| 8. Gestione dell'emergenza in caso di evento sismico | <i>18</i> |
| Appendice A..... | <i>22</i> |
| Appendice B..... | <i>25</i> |

1. Scopo del documento

Il D.Lgs 105/15 prevede, per tutti gli stabilimenti che rientrano nel suo campo di applicazione, la predisposizione di un'analisi di sicurezza che, nell'identificazione dei pericoli e nella valutazione dei rischi di incidente rilevante, tenga conto anche degli eventi naturali. Per gli stabilimenti di Soglia Superiore tale analisi deve essere condotta secondo quanto indicato dagli allegati 2 e C. Il presente documento vuole essere un supporto per la valutazione della documentazione redatta dal Gestore con riferimento alla Notifica (art.13), al Sistema di Gestione della Sicurezza (art.14 comma 5) e al Rapporto di Sicurezza (art.15) se dovuto. A tale scopo sono anche riportate in appendice due schede sintetiche Appendice A (“Scheda sintetica relativa alle verifiche e ai riscontri che possono essere effettuati durante le Ispezioni SGS PIR in riferimento al Rischio NaTech da Sisma”) e appendice B (“Scheda sintetica relativa alle verifiche e ai riscontri che possono essere effettuati durante le istruttorie per la valutazione del R.d.S. in riferimento al Rischio NaTech da Sisma”) al fine di guidare il valutatore nella analisi del rischio NaTech, come effettuata dal gestore, fermi restando gli obblighi normativi legati alla corretta predisposizione e completezza dei format di cui all'allegato H e alla struttura del RdS di cui all'allegato C del D.Lgs. 105/2015. L'approccio metodologico per la valutazione della sicurezza sismica degli stabilimenti ricadenti nel campo di applicazione del D.Lgs. 105/2015 dovrà essere improntato al soddisfacimento degli obiettivi alla base del testo normativo che consistono nel prevenire incidenti rilevanti connessi a determinate sostanze pericolose e limitarne le conseguenze per la salute umana e per l'ambiente. Questo documento rappresenta un primo approfondimento nell'ambito della valutazione del rischio NaTech; un percorso che è stato avviato affrontando dapprima il tema “NaTech da Sisma” e proseguirà affrontando gli altri pericoli quali quello idrogeologico (alluvioni e frane) e ceraunico (fulminazioni).

2. Introduzione

Con l'acronimo NaTech, dall'inglese Natural Hazards Triggering Technological Disasters, vengono individuati nella letteratura internazionale gli incidenti tecnologici, come incendi, esplosioni e rilasci tossici che possono verificarsi all'interno di complessi industriali e lungo le reti di distribuzione a seguito di eventi calamitosi di matrice naturale.

La valutazione degli effetti di eventi naturali su stabilimenti con Pericolo di Incidente Rilevante (PIR) necessita di un approccio sistemico/sistematico e multidisciplinare in relazione alla complessità dei contesti da analizzare sia dal punto di vista impiantistico che strutturale.

Il rischio sismico si definisce come misura dell'entità del danno sull'uomo sull'ambiente e sulle cose, a seguito di un evento sismico, che possono avvenire in un prefissato sito, in un dato intervallo di tempo ed è funzione principalmente di tre fattori, pericolosità P, vulnerabilità V ed esposizione E:

$$[R = f(P, V, E)]$$

– Pericolosità: probabilità che si verifichi un evento sismico di determinata intensità in un dato intervallo temporale, in un dato luogo.

– Vulnerabilità sismica: probabilità che, a seguito di un evento di determinata intensità, si produca un determinato livello di danno fisico agli elementi esposti.

– Esposizione: valutazione probabilistica delle conseguenze sociali ed economiche determinate dal raggiungimento di determinati livelli di danno negli elementi esposti, anche in relazione alla presenza di persone e beni.

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.

I passaggi logici salienti che consentono di condurre la valutazione e la gestione del rischio NaTech da Sisma vengono riportati nello schema seguente.



3. Riferimenti normativi e codici nazionali e internazionali

I riferimenti normativi sono:

- DECRETO LEGISLATIVO 26 giugno 2015, n. 105 “Attuazione della direttiva 2012/18/UE relativa al controllo del pericolo di incidenti rilevanti connessi con sostanze pericolose.”
- NTC2018 – “NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI” Approvate con Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 e circolare applicativa - CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- D.M. 9 maggio 2001 “Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante.”

Per quanto riguarda la valutazione del Rischio NaTech da Sisma di elementi impiantistici

specifici si ritiene utile porre in evidenza che, per l'esecuzione delle valutazioni del rischio e delle verifiche, possono essere utilizzati, ad integrazione e completamento, anche altri codici internazionali, purché il gestore dimostri che siano di comprovata affidabilità e garantiscano livelli di sicurezza non inferiori a quelli delle NTC 2018.

A titolo di esempio si riportano di seguito alcuni codici/linee guida nazionali ed internazionali:

- Eurocodice 0 (EN 1990) “Criteri generali di progettazione strutturale”
- Eurocodice 8-4 e relative Appendici Nazionali: per la verifica di serbatoi verticali a fondo piano e tetto fisso, silos e tubazioni;
- UNI EN 14015 – Annex G: per i tanks costruiti in opera;
- UNI/TS 11816-1:2021 “Linea guida per la gestione di eventi NaTech nell’ambito degli stabilimenti con pericolo di incidente rilevante – Parte 1: Requisiti generali e sisma”
- EN 1993-1-6 (Eurocodice 3-1): per la verifica del fasciame delle apparecchiature di tipo cilindrico;
- EN 1993-1-8 (Eurocodice 3-1): per la verifica degli ancoraggi delle apparecchiature di tipo cilindrico;
- EN 13445 “Recipienti a pressione non esposti a fiamma”: per la verifica delle apparecchiature a pressione PED;
- EN 13121 “Serbatoi e contenitori di materie plastiche rinforzate con fibre di vetro (PRFV) per utilizzi fuori terra”: per le apparecchiature in composito;
- EN 13480 “Tubazioni industriali metalliche”: per le tubazioni;
- EN 1998-6 (Eurocodice 8-6): Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Torri, pali e camini;
- API 650 – Appendix E: Welded Steel Tanks for Oil Storage;
- ASME – Boiler and Pressure Vessel Code – Sez. VIII, Div. 1 e2;
- ASME B 31.3 – Process Piping Code
- CNR-DT 214 /2018 - Istruzioni per la valutazione della robustezza delle costruzioni

4. Analisi e valutazione del pericolo da sisma

4.1 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.

Nel caso delle apparecchiature di processo, si assume una vita nominale V_N^1 con valore minimo di 50 anni (come indicato dalle NTC2018) considerando il “tempo di missione” di tali opere: infatti, si tratta di una categoria di attività che per il loro elevato contenuto tecnologico sono soggette ad adeguata manutenzione in termini di frequenza e tipologia e eventuale “revamping”,

¹ La vita nominale di progetto V_N di un’opera è convenzionalmente definita come il numero di anni nel quale è previsto che l’opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali.

così da far fronte a fenomeni di usura e di obsolescenza.

Le attività con pericolo di incidente rilevante ricadono nella **Classe d'uso² IV** in quanto definite come “*industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente*”. Questa indicazione trova ulteriore conferma nelle prescrizioni delle NTC 2018 ed in particolare nella relativa Circolare applicativa (Circolare n. 7 del 21 Gennaio 2019 del C.S.LL.PP):

Per le strutture il cui collasso può dar luogo ad incidente rilevante si adotteranno i seguenti valori di coefficienti d'uso:

- *Cu > 2 per attività a rischio di incidente rilevante per i quali risultano essere presenti scenari incidentali con impatto all'esterno dell'attività stessa (...). In attesa di più specifiche successive indicazioni normative è possibile assumere cautelativamente Cu = 2,5.*
- *Cu = 2 per tutti gli altri casi; Tale valore si intende riferito ad attività, che per il loro elevato contenuto tecnologico sono soggette ad aggiornamento e rinnovamento costruttivo tale da determinare una vita nominale delle strutture, tipicamente non maggiore di 50 anni.*

Per le strutture il cui collasso non può dar luogo ad incidente rilevante, ancorché eventualmente presenti all'interno di stabilimenti a rischio di incidente rilevante, si adottano le classi d'uso definite al §2.4.2 delle NTC e C2.4.2.

Possono essere adottate classi d'uso differenti dalla IV solo ed esclusivamente per “strutture” o parti di stabilimento che non concorrano in nessun caso all'innescò, allo sviluppo o alla mancata mitigazione di un incidente rilevante e per strutture od elementi che non siano bersaglio degli effetti di uno scenario incidentale primario (che sia indotto o meno da sisma).

4.2 Risposta Sismica Locale

Il gestore, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto all'interno del sito in cui ricade lo stabilimento, valuta l'effetto della **Risposta Sismica Locale (RSL)** mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC 2018.

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni, ottenute mediante una caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica del sito, siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC 2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_S ³. I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_S per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2. delle NTC 2018.

Se il gestore dispone di dati idonei risultanti da indagini pregresse, che hanno fornito una caratterizzazione e modellazione geologica e geotecnica per lo stesso sito, può attingere da

² Con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso.

³ V_S velocità di propagazione delle onde di taglio,

questi. Qualora disponibili, il gestore può (deve se approvati dal Comune) altresì consultare studi di microzonazione sismica, che possono fornire indicazioni orientative circa l'eventuale presenza di amplificazione dello scuotimento.

Tra i vari effetti di sito che le indagini per la valutazione della RLS permettono di analizzare è compreso anche il fenomeno della liquefazione. La liquefazione è un fenomeno che interessa i terreni sabbiosi saturi per effetto di un rapido e significativo aumento della pressione interstiziale. In tali condizioni i terreni sabbiosi non-cementati subiscono un annullamento della resistenza al taglio, trasformandosi di fatto in un liquido pesante e viscoso. L'aumento della pressione interstiziale può essere causato da fenomeni di filtrazione o da scuotimento causato da un forte evento sismico (tale fenomeno è stato particolarmente rilevante nel caso del terremoto in Emilia nel 2012).

5. Valutazione della vulnerabilità dello stabilimento industriale e dei suoi elementi relativamente al pericolo sisma

5.1 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:
 - o apparecchiature (ad esempio colonne, reattori, scambiatori, serbatoi, forni), serbatoi di stoccaggio (serbatoi atmosferici a tetto fisso e galleggiante; serbatoi in pressione come sfere e serbatoi cilindrici ad asse orizzontale) e sistemi di tubazioni, contenenti o convoglianti sostanze pericolose di cui al D.lgs.105/2015 e relative strutture di sostegno quali racks, fondazioni, ecc.;
 - o fabbricati o magazzini in cui sono trattate o stoccate sostanze pericolose;
- 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 quali a titolo non esaustivo:
 - o apparecchiature, serbatoi, sistemi di tubazioni, camini, ciminiere, gru e carri ponte
 - o apparecchiature elettriche, sistemi di controllo ed impianti di protezione esterna e interna antincendio dell'intero stabilimento (intero sviluppo di tubazioni, sistema di alimentazione idrico e a gas come sala pompe, serbatoi, skid di estinzione gas cabinati, ecc.);
 - o sale di supervisione e controllo locali di stabilimento ed altri edifici strategici per la funzionalità dello stabilimento stesso;
 - o eventuali sale di supervisione e controllo remote dislocate in strutture preposte o presso altri stabilimenti, in grado di gestire più stabilimenti di una stessa società;
 - o sistemi di sicurezza: strumentazione e/o elementi critici di controllo e di mitigazione;
- creare una gerarchia delle vulnerabilità sismiche di tipo strutturale e non strutturale, nelle unità

considerate per procedere alla valutazione della sicurezza sismica e alla successiva analisi del rischio quantitativa. L'eventuale esclusione dalla valutazione della sicurezza sismica, derivante dall'utilizzo di metodi speditivi, non può riguardare unità con presenza di sostanze pericolose ai sensi del D.Lgs 105/15 o sistemi di sicurezza.

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. Le curve di fragilità attualmente presenti in Letteratura sono di natura empirica, basate sull'osservazione dei danni causati dai terremoti.

5.2 Valutazione della sicurezza sismica per stabilimenti esistenti

Sulla base delle risultanze dell'analisi del rischio preliminare, relativamente alle unità critiche vulnerabili al sisma, e tenuto conto dell'obbligo di verifica sismica per stabilimenti soggetti al D.lgs. 105/2015, il gestore deve procedere alla valutazione della sicurezza sismica secondo quanto previsto dalle NTC 2018.

L'obbligo di valutazione della sicurezza nel caso di stabilimenti industriali viene introdotto dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003: tale riferimento prescrive (art. 2, comma 3) 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*".

Intervengono le Disposizioni attuative (Decreto del 21 ottobre 2003) nel ribadire l'obbligo di verifica sismica per gli *impianti a rischio di incidente rilevante (soglia inferiore e soglia superiore)*.

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 rigidità;*
- *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.*

Per gli stabilimenti esistenti, valgono le prescrizioni del capitolo 8 delle NTC 2018. In particolare nelle verifiche rispetto alle azioni sismiche il **livello di sicurezza** è quantificato attraverso il rapporto 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.

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

Qualora il livello di sicurezza ζ_E risulta inferiore all'unità, la verifica non è soddisfatta; in questo caso, le NTC 2018 considerano la possibilità di valutare eventuali progetti degli interventi al fine di migliorare la condizione dello stato di fatto. L'obiettivo è quello di non ridurre e, se possibile, di incrementare il livello di sicurezza ζ_E dell'opera in funzione delle indicazioni previste dai § 8.4.1, § 8.4.2, § 8.4.3 delle NTC 2018.

La norma definisce interventi di adeguamento sismico quelli volti ad incrementare il livello di sicurezza $\zeta_E \geq 0,80$. Nel caso in cui non sia oggettivamente 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 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.

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

| STATI LIMITE | | CU I | CU II | | | CU 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 ^(**) | | |

^(*) Per le sole CU III e IV, nella categoria Impianti ricadono anche gli arredi fissi.

^(**) Nei casi esplicitamente indicati dalle presenti norme.

- SLE= Stati Limite di Esercizio
 - o SLO = Stato Limite di Operatività
 - o SLD = Stato Limite di Danno
- SLU = Stati Limite Ultimi
 - o SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita
 - o SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso

Per gli elementi strutturali (ST) si eseguono:

- le verifiche di rigidezza (RIG) in riferimento allo SLO (v. Tab.7.3.III) e gli spostamenti assoluti e relativi dei vari elementi e componenti di impianto devono essere tali da non comprometterne il funzionamento
- le verifiche di resistenza (RES), servono per valutare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in resistenza sufficiente a soddisfare la domanda allo SLV ed allo SLD;
- le verifiche di duttilità (DUT) allo SLC servono per verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in duttilità. Sia nel caso di analisi lineare, coerente con il fattore di comportamento q^4 adottato, che nel caso di analisi non lineare, i relativi spostamenti dovranno essere compatibili con il funzionamento in sicurezza dei vari elementi e componenti di impianto;

Per gli elementi non strutturali (NS) si eseguono:

- le verifiche di stabilità (STA) allo SLV, adottando criteri atti ad evitare il danneggiamento dell'elemento o componente di impianto soggetto all'azione sismica, corrispondente allo SL e alla CU considerati.

Per gli impianti (IM), intesi come “*insieme di impianto tecnologico vero e proprio, dispositivi di alimentazione dell'impianto, collegamenti tra gli impianti e la struttura principale*”, si eseguono:

- le verifiche di funzionamento (FUN) allo SLO, verificando che gli spostamenti strutturali o le accelerazioni (a seconda che gli impianti siano più vulnerabili all'effetto dei primi o delle seconde) prodotti dalle azioni relative allo SL e alla CU considerati non siano tali da produrre interruzioni d'uso degli impianti stessi;
- le verifiche di stabilità (STA) allo SLV, verificando che i diversi elementi funzionali costituenti l'impianto, compresi gli elementi strutturali che li sostengono e collegano, tra loro e alla struttura principale, devono avere capacità sufficiente a sostenere la domanda corrispondente allo SL e alla CU considerati.

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.

⁴ Nel caso di analisi lineare, la domanda sismica per strutture a comportamento sia non dissipativo, sia dissipativo, può essere ridotta utilizzando un opportuno fattore di comportamento q . I valori attribuibili a q variano in funzione del comportamento strutturale (dissipativo o non dissipativo) e dello stato limite considerati, legandosi all'entità delle plasticizzazioni, che a ciascuno stato limite si accompagnano.

“Nel caso in cui l’inadeguatezza di un’opera si manifesti nei confronti delle azioni non simicheomissis.... 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.”

A seguito delle verifiche di sicurezza ed a seguito di un’attenta valutazione degli esiti, il gestore ed il tecnico incaricato alle verifiche dovranno proporre un cronoprogramma di adeguamento/miglioramento, avendo individuato specifiche priorità di intervento. La tempistica e l’ordine di priorità degli interventi da programmare e da realizzare è funzione sia del livello di inadeguatezza delle verifiche che del livello di pericolo intrinseco dell’elemento oggetto di verifica senza prescindere dal considerare la gravità degli scenari incidentali connessi al fallimento della struttura, impianto o componenti d’impianto oggetto di analisi. Maggiore è il livello di inadeguatezza (quindi per valori di ζ_E progressivamente più vicini allo zero), minore sarà il range temporale entro cui realizzare l’intervento di adeguamento. Al contempo, nel caso in cui la valutazione della sicurezza evidenzi “particolari elementi di rischio”, ovvero conseguenze di particolare severità in relazione allo scenario incidentale associato anche ai danni causati dall’azione simica, i provvedimenti necessari alla riduzione del livello di inadeguatezza (quindi un aumento dello ζ_E) a valori accettabili devono essere adottati nel minor tempo tecnicamente possibile, adottando nelle more misure compensative di natura tecnica e gestionale e limitazioni di uso ed esercizio tali da contenere il rischio e le relative conseguenze.

Di seguito si propone una metodologia con l’intento di supportare i gestori, ed i gruppi di lavoro incaricati nelle verifiche, nella definizione dell’ordine di priorità degli interventi.

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 (per scenari con effetti all’esterno dello stabilimento fare riferimento al D.M. 9 maggio 2001), 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 (I_{PI}), che tiene conto sia del livello di inadeguatezza che del livello di esposizione, attraverso il rapporto:

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

| | | 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 |

Tale metodologia può supportare anche 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.

Si fa presente che nel caso di stabilimenti industriali che sono stati sottoposti a valutazione della sicurezza sismica ai sensi di Norme Tecniche antecedenti alle NTC2018 (ad esempio NTC 2008) e/o è stata considerata una classe d'uso inferiore alla IV, è richiesta la definizione del livello di sicurezza ζ_E come di seguito indicato:

$$\zeta_E = \frac{\text{azione sismica utilizzata e definita secondo normative antecedenti alle NTC 2018}}{\text{azione sismica massima che si utilizzerebbe nel progetto di un'opera ex novo sul medesimo sito e con le medesime caratteristiche}}$$

Per le strutture, impianti e componenti d'impianto le cui verifiche abbiamo condotto alla definizione di un livello di sicurezza $\zeta_E < 0,80$, salvo ulteriori e più cautelative valutazioni del professionista incaricato e del gestore, nelle more della conclusione degli interventi o dell'adozione di misure, anche temporanee, volte al soddisfacimento di tale parametro, si valuterà nell'analisi istruttoria del Rapporto di Sicurezza lo scenario incidentale associato.

Anche nel caso in cui la verifica sismica sia soddisfatta, comunque il gestore può 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 di sito), i sistemi di Early Warning Impiantisco/Strutturale (sensori per il rilevamento di deformazioni, spostamenti, per il rilevamento di fuoriuscita di sostanze pericolose) per l'attivazione di sistemi di protezione attiva, coordinando in maniera "smart" la funzionalità di tali misure di mitigazione.

5.3 Analisi del rischio quantitativa

L'analisi di rischio deve fornire una conoscenza ampia delle vulnerabilità degli elementi di impianto e delle apparecchiature critici, dei sistemi di sicurezza, relativamente ai rischi potenziali cui essi sono esposti, tenendo in considerazione le criticità delle componenti strutturali e non strutturali, ed in particolare i rischi derivanti dalla presenza di sostanze pericolose all'interno dello stabilimento.

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 fallimento⁵ 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.

Resta indubbio che per le strutture, impianti e componenti d'impianto le cui verifiche non siano soddisfatte ($\zeta_E < 0,80$), nelle more della conclusione degli interventi o dell'adozione di misure, anche temporanee, volte al soddisfacimento di tale parametro, si dovrà considerare lo scenario incidentale associato.

Per gli eventi incidentali ritenuti credibili anche dopo l'adeguamento andrà valutata la possibilità di individuare misure atte a ridurre la frequenza e/o mitigare le conseguenze.

Tenuto conto della specificità degli stabilimenti industriali, lo stato limite di riferimento, nel caso di apparecchiature critiche contenenti sostanze pericolose, non corrisponde necessariamente allo stato limite di collasso. Infatti il terremoto, che investe contemporaneamente tutto lo stabilimento, può sia provocare il collasso della struttura, quale conseguenza diretta dell'azione sismica, ma può anche provocare danneggiamenti vari che possono causare dapprima la perdita di tenuta dell'apparecchiatura critica, quindi il rilascio di sostanza pericolosa con potenziale innesco di scenari incidentali (incendi, esplosioni, ecc.), infine il collasso della struttura per conseguenza indiretta dell'azione sismica. Pertanto, si assume come stato limite ultimo in riferimento sia il collasso della struttura, generalmente causato da terremoti di elevata intensità, sia la perdita di contenimento e l'eventuale rilascio di sostanza pericolosa che può verificarsi anche per terremoti di media e bassa intensità. Nella valutazione della vulnerabilità degli elementi e delle apparecchiature critiche, devono essere considerati opportunamente i risultati ottenuti dalle verifiche sismiche eseguite con riferimento sia agli SLU che agli SLE secondo quanto indicato nelle NTC 2018 per le opere in classe d'uso IV.

Fermo restando quanto precedentemente riportato, per stimare la vulnerabilità e quindi la probabilità di accadimento di danni a livello globale (strutturale) e locale (strutturale e non strutturale) possono essere utilizzate curve di fragilità ad hoc. Le curve di fragilità forniscono la probabilità che la

⁵ Riferimenti: Eurocodice 0 (EN 1990) "Criteri generali di progettazione strutturale"; CNR-DT 214 /2018 - Istruzioni per la valutazione della robustezza delle costruzioni

domanda sismica, espressa in termini di parametro ingegneristico della domanda, per elemento o apparecchiatura critica superi un dato Stato Limite (LS) o condizione di danno, per una specifica misura di intensità del sisma. Lo Stato Limite indica una configurazione per il componente oltre la quale si verifica un danno o una condizione non desiderata. È possibile realizzare curve di fragilità *ad hoc* per componenti industriali di cui interessa stimare la probabilità di accadimento di danni strutturali e non strutturali, al fine di tenere in conto delle specificità del caso in esame.

6. Identificazione degli scenari ragionevolmente prevedibili in termini di conseguenze e probabilità.

Nella determinazione delle conseguenze e degli scenari incidentali dovuti a eventi NaTech da Sisma il gestore dovrà tenere in considerazione che il sisma colpisce contemporaneamente tutto lo stabilimento, con possibile attivazione di effetti domino interni allo stabilimento e/o con possibile crisi/inadeguatezza dei sistemi di protezione. L'analisi del rischio NaTech da Sisma dovrà altresì considerare l'eventuale variazione delle frequenze di accadimento degli scenari già individuati nel RdS, che potranno essere determinate mediante curve di fragilità o altre metodologie di comprovata validità.

Per la definizione delle aree di danno e delle relative conseguenze degli scenari incidentali ipotizzati si deve fare riferimento a quanto riportato nel D.M 9 maggio 2001 "Requisiti minimi di sicurezza in materia di pianificazione urbanistica e territoriale per le zone interessate da stabilimenti a rischio di incidente rilevante."

7. Misure di prevenzione/mitigazione tecniche e gestionali

L'Iter metodologico per la valutazione del rischio sismico di stabilimenti industriali soggetti al D. Lgs. 105/2015 è finalizzato anche alla scelta di efficaci misure di prevenzione e di mitigazione di tipo tecnico e gestionale, correlate al tipo di criticità identificate sia di tipo strutturale che non strutturale.

7.1 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 rigidità 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.

Qualora sia possibile, dal punto di vista tecnico ed economico, sostituire elementi/componenti ed apparecchiature critici presenti nello stabilimento con analoghi meno vulnerabili nei confronti dell'azione sismica, è opportuno procedere con la sostituzione.

Si riportano di seguito alcune tipiche modalità di danneggiamento legate all'azione sismica più frequentemente riscontrate negli stabilimenti PIR e relativi interventi:

Danni di tipo strutturale di componenti industriali a seguito di evento sismico

Possibili interventi strutturali di mitigazione del rischio sismico

| | |
|--|--|
| <p>Cedimenti differenziali delle strutture di supporto</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Miglioramento del terreno di fondazione (es.: consolidazione, bonifica, introduzione di elementi resistenti a trazione e a taglio, trasferimento dei carichi in zone a maggiore resistenza, creazione uno stato artificiale di sollecitazione interna) • Introduzione di giunti flessibili e antisismici per le tubazioni |
| <p>Snervamento e instabilità dei controventi e collasso dei telai di servizio e delle strutture di supporto</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Introduzione di controventi tradizionali e dissipativi nei telai e nelle strutture di supporto • Introduzione di sistemi di accoppiamento innovativi (es.: dissipativi) tra strutture adiacenti • Sostituzione dei piatti dei sistemi di ancoraggio sottodimensionati |
| <p>Danni ai sistemi di ancoraggio, quali snervamento o sfilamento dal calcestruzzo delle barre di ancoraggio, o rottura in corrispondenza della saldatura dei piatti</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Rifacimento dei sistemi di ancoraggio per incremento della lunghezza di ancoraggio e/o dell'aderenza delle barre di ancoraggio • Rinforzo/rifacimento delle saldature |
| <p>Scorrimento delle strutture non ancorate a terra e possibile rottura delle connessioni con le tubazioni</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 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) |
| <p>Collasso per schiacciamento o a taglio dei pilastri in c.a. a sostegno di componenti di stoccaggio e di processo</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Cerchiatura di pilastri in c.a. • Realizzazione di nuovi pilastri |
| <p>Crollo di strutture snelle non vincolate lungo l'altezza</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Realizzazione di sistemi di ancoraggio tradizionali (es.: tiranti) o innovativi (es.: con dissipatori di energia) opportunamente distribuiti lungo l'altezza • Introduzione di sistemi di accoppiamento innovativi (es.: dissipativi) con strutture adiacenti o telai di servizio dedicati • Rinforzo delle fondazioni e dei sistemi di ancoraggio alla base |
| <p>Uplifting o ribaltamento di serbatoi non ancorati a terra</p> | <ul style="list-style-type: none"> • Introduzione di sistemi di ancoraggio a terra • Introduzione di sistemi di riduzione degli effetti dello sloshing (es.: setti divisorii) |

| | |
|--|--|
| | interni) |
| Crisi per fatica delle saldature tra il fondo e il mantello in serbatoi non ancorati a terra | <ul style="list-style-type: none"> • Rinforzo/rifacimento delle saldature • Inserimento di elementi di rinforzo (es.: piatti) |
| Instabilità elastica (deformazione a diamante) ed elasto-plastica (deformazione a zampa di elefante) del mantello dei serbatoi | <ul style="list-style-type: none"> • Sostituzione o rinforzo del mantello |
| Inclinazione e affondamento di tetti galleggianti | <ul style="list-style-type: none"> • Installazione di un sistema di monitoraggio strutturale per il controllo dell'inclinazione • Aumento del volume dei cassoni di galleggiamento |
| Danni ai tetti fissi dei serbatoi | <ul style="list-style-type: none"> • Introduzione di sistemi di riduzione degli effetti dello sloshing (es.: setti divisorii interni) |

7.2 Danni che interessano parti non strutturali a seguito di evento sismico e Interventi e/o soluzioni tecnico-gestionali

| Danni di tipo non strutturale di componenti industriali a seguito di evento sismico | Possibili interventi non strutturali di mitigazione del rischio sismico |
|--|---|
| Rottura dei giunti, perdita di tenuta e disassamento di tubazioni (piping) | <ul style="list-style-type: none"> • Inserimento di gomiti, giunti flessibili e compensatori • Rinforzo dei supporti • Rinforzo dei giunti e delle unioni (saldature e bullonature) tra tubazioni e tra tubazioni di ingresso/uscita e componenti di stoccaggio e di processo • Sostituzione delle guarnizioni dei giunti • Introduzione di valvole di cut-off • Introduzione di sistemi di shut-down |
| Crisi delle tubazioni per impianti antincendio, di riscaldamento, di refrigerazione | <ul style="list-style-type: none"> • Modifica dei percorsi se necessario • Rinforzo degli attacchi e dei supporti |
| Perdita di contenimento, ribaltamento, urti, caduta su componenti critici sottostanti di elementi fissati a terra o su strutture di supporto (generatori termici, quadri elettrici, trasformatori, pannelli fotovoltaici, ecc) | <ul style="list-style-type: none"> • Rinforzo dei supporti • Introduzione di sostegni laterali • Introduzione di cavi di riserva |
| Caduta su componenti critici sottostanti di condotte per impianto elettrico e canalizzazioni d'aria per ventilazione /condizionamento | <ul style="list-style-type: none"> • Rinforzo dei supporti • Introduzione di sostegni laterali • Introduzione di cavi di riserva |

Molte di queste criticità possono essere monitorate e gestite mediante l'utilizzo di tecnologie SMART che prevedono l'installazione di sistemi di Early Warning e/o sensoristica dedicata.

7.3 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.

7.3.1 Early Warning Sismico

Con i sistemi di Early Warning sismico regionale è possibile fornire un allarme affidabile da pochi secondi a un minuto prima che arrivi il sisma. È facile comprendere che maggiore è il tempo di preallarme, maggiore è la possibilità di prevenire danni agli impianti e, eventualmente, mitigare gli effetti del terremoto. Il tempo richiesto per rilevare ed emettere l'avviso per un terremoto dipende dalla distanza tra la sorgente del terremoto e la stazione di misurazione più vicina. Rilevamenti più precisi dipendono dalla disponibilità di più stazioni di misurazione; quindi, aumentando la densità delle stazioni, migliora la velocità di rilevazione del sisma. I dati di più stazioni devono poi essere raccolti e analizzati dalle reti sismiche regionali, quindi le informazioni sul sisma devono essere trasferite dalla stazione al centro di elaborazione. I segnali sismici ricevuti dalle stazioni vengono utilizzati in tempo reale per rilevare il terremoto e per determinare la posizione e la magnitudo dell'evento. La componente più importante di un sistema di Early-Warning sismico regionale è quindi costituita da una fitta rete di stazioni sismiche con comunicazioni efficienti ed affidabili.

I sistemi regionali possono essere efficacemente integrati da sistemi di Early-Warning on-site. Un esempio è rappresentato dalla realizzazione di reti di monitoraggio locale, anche a livello di area industriale o di stabilimento, in cui un sistema di sismografi rileva i segnali provenienti da sensori velocimetrici o accelerometrici. La rete di monitoraggio dovrà essere dimensionata e posizionata sulla base di attente considerazioni sull'estensione impianto e sulla possibilità di variazioni nella risposta sismica locale nelle diverse aree dello stabilimento. Il segnale rilevato dai sismografi viene gestito tramite un sistema di elaborazione che consente anche l'attivazione di sistemi automatici di allarme nonché il trasferimento del segnale in sala controllo dell'impianto, con la possibilità di attivazione di sistemi di protezione e mitigazione di eventi incidentali. Per quanto riguarda i sensori accelerometrici, particolarmente interessanti sono i sistemi micro-elettro-meccanici (MEMS - Micro-Electro-Mechanical-System), perché si tratta di sensori a basso costo e dimensioni minime in grado di fornire in tempo reale informazioni sul moto sismico ma anche sul movimento e sull'inclinazione delle strutture.

7.3.2 Early Warning Impiantistico/Strutturale

Alcuni sensori (sensori a fibra ottica e MEMS) integrati nei sistemi di monitoraggio di sicurezza strutturale (SHM - Structural Health Monitoring) sono già applicati per l'identificazione di danni e rilasci di sostanze pericolose. La loro applicazione è generalmente limitata al monitoraggio della sicurezza strutturale in genere, ma può essere applicata anche in caso di sisma. Questi sistemi di Early Warning (EW) impiantistico comportano l'uso di sensori per l'identificazione e il controllo di spostamenti, deformazioni e rotture, nonché del rilascio di sostanze pericolose, e possono essere integrati con i sistemi di Early Warning sismico. I sensori possono essere gestiti attraverso un sistema di monitoraggio/controllo basato su acquisitori dati di tipo statico/dinamico.

I sensori attualmente disponibili sul mercato e utilmente impiegabili a tale scopo possono essere così suddivisi.

- Sensori per la misura di spostamenti e deformazioni;
- Sensori per la misura delle accelerazioni;
- Sensori per la misura della temperatura;
- Sensori per il rilevamento di rilascio di sostanze pericolose.

7.3.2.1 Sensori per la misura di spostamenti e deformazioni

Al primo gruppo appartengono i sensori più tradizionali in grado di misurare, anche in tempo reale, la deformazione in un punto della struttura. Essi sono di natura resistiva e hanno in genere una elevata sensibilità di misura. Hanno di contro lo svantaggio di dover essere posti in punti specifici della struttura nei quali si prevede lo sviluppo delle deformazioni maggiori e necessitano, quindi, di uno studio preliminare della risposta sismica. A tale famiglia appartengono gli Strain Gauges, i potenziometri lineari classici o a filo, ecc. Queste tipologie di sensori necessitano in genere di un sistema di acquisizione permanente in situ in grado di leggere le deformazioni in continuo.

Gli Strain Gauges misurano il livello di deformazione locale in punti critici dell'impianti (ad esempio gomiti di tubazioni o serbatoi) nei quali si prevedono particolari concentrazioni di tensione.

I potenziometri lineari e a filo sono in grado di monitorare a distanza, se dotati di trasmissione wireless, la posizione relativa tra due punti fissi. Gli inclinometri lineari, invece, forniscono in output un angolo di inclinazione. I primi possono essere utilizzati sia per la misura di spostamenti e rotazioni. Ad esempio, nel caso di giunti flangiati, è possibile misurare sia l'estensione assiale dello stesso sia la rotazione relativa tra le flange mediante coppie di sensori.

7.3.2.2 Sensori per la misura delle accelerazioni

Accelerometri MEMS triassiali consentono sia la rilevazione a scopo di Early Warning Sismico sia di fornire informazioni sulla risposta delle strutture. I sensori per la misura delle accelerazioni possono essere utilmente impiegati in sistemi di controllo automatico dei rilasci di sostanze pericolose, attraverso l'attivazione in tempo utile di sistemi di sicurezza (valvole, etc.).

7.3.2.3 Sensori per la misura della temperatura

Una tipologia alternativa di sensori per l'individuazione dei rilasci di sostanze pericolose è quella che permette la misura di variazioni di temperatura, associata ai rilasci di sostanze. A tale famiglia di sensori appartengono le fibre ottiche, che sono state spesso utilizzate per l'identificazione dei rilasci di sostanze pericolose. Essendo essi di natura continua, non è necessario determinare in anticipo una specifica posizione, ma è sufficiente installarli lungo l'intera linea da monitorare.

7.3.2.4 Sensori per il rilevamento del rilascio di sostanze pericolose

I sensori per il rilevamento del rilascio di sostanze, meglio conosciuti come "nasi elettronici", permettono, al contrario dei precedenti, di misurare la concentrazione di una determinata sostanza presente nell'aria, andando ad individuare quei valori maggiori di una certa soglia prestabilita, in modo da avere «on-site» e in tempo reale una visione completa dell'evento in atto, con la possibilità di valutare l'eventuale rischio che ne deriva.

7.3.2.5 Sensori per il rilevamento dello stato di danno basati su emissione acustiche (AET)

L'Acoustic Emission Test (AET) è una importante componente delle tecniche di analisi non distruttive (Non Destructive Test - NDT) comunemente usata per localizzare rotture in elementi sottoposti a carico esterno, che può essere utilmente impiegata per monitorare le eventuali rotture nei gomiti di tubazioni in seguito ad un sisma.

| 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 |
| Apparecchiature tozze o snelle su strutture di supporto | Serbatoi Soprelevati/separatori verticali | Trasduttori di spostamento wireless | Base del serbatoio | Spostamento del serbatoio rispetto al terreno | Attivazione di valvole di chiusura a valle o a monte del giunto |
| | Scambiatori | Trasduttori di spostamento e inclinometri wireless | Giunti flangiati scambiatore-tubazioni o piastra di base del serbatoio | Rotazione e spostamento assiale relativo tra le piastre della flangia | Attivazione di valvole di chiusura a valle o a monte del giunto |
| Tubazioni e Strutture di sostegno | Tubazioni | Strain-gauges o fibre ottiche/ Trasduttori di spostamento e inclinometri wireless | Gomiti o giunti flangiati | Rotazione e spostamento assiale relativo tra le piastre della flangia /Rotazione e spostamento assiale relativo tra le piastre della flangia | Attivazione di valvole di chiusura a valle o a monte della zona di rilascio |
| | rack in acciaio | Trasduttori di spostamento wireless | Piani di appoggio dei tubi | Spostamento relativo di piano | Attivazione di valvole di chiusura a valle o a monte della zona di rilascio dei tubi |

8. 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. Si sottolinea inoltre che tale analisi dovrà altresì essere tenuta in debita considerazione, per definire in modo adeguato ed efficace gli interventi di natura tecnico-gestionale per fronteggiare gli scenari incidentali determinati.

Per la gestione dell'emergenza occorre tenere conto dei principali effetti e criticità che possono rappresentare fattori di amplificazione della magnitudo delle conseguenze per eventi NaTech. Tra gli effetti più rilevanti sugli stabilimenti ci sono:

- a) successione di eventi con effetti domino
- b) perdita di energia elettrica/contemporanei fuori servizio
- c) perdita di fluidi da connessioni, rottura tubazioni, sloshing, snervamento bulloni di ancoraggio
- d) perdita di pressione dell'acqua

Le principali criticità «sistemiche» legate alla forzante di rischio naturale sono:

- a) blackout elettrico
- b) blackout dei sistemi di comunicazione
- c) riduzione/mancanza accessibilità all'area di stabilimento per danni alla rete di trasporto esterna
- d) indisponibilità di risorse esterne di intervento dovuta all'aumento della domanda di intervento di tutto il territorio colpito

Per quanto riguarda l'integrazione PEI/PEE per la gestione dell'emergenza in conseguenza di un evento NaTech da Sisma la direttiva DPCM 14 gennaio 2014 "Programma nazionale di soccorso per il rischio sismico" fornisce le indicazioni per la redazione della pianificazione dell'emergenza di livello nazionale per assicurare:

- 1) capacità di allertamento
- 2) capacità di attivazione
- 3) capacità di intervento

del Servizio nazionale della protezione civile in caso di emergenza.

Il Rischio NaTech può essere individuato tra le attività della funzione «rischi indotti».

Ai fini dello svolgimento delle attività di protezione civile, gli eventi emergenziali si distinguono in:

- a) emergenze connesse con eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo che possono essere fronteggiati mediante interventi attuabili, dai singoli enti e amministrazioni competenti in via ordinaria;
- b) emergenze connesse con eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo che per loro natura o estensione comportano l'intervento coordinato di più enti o amministrazioni e debbono essere fronteggiati con mezzi e poteri straordinari da impiegare durante limitati e predefiniti periodi di tempo, disciplinati dalle Regioni e dalle Province autonome di Trento e di Bolzano nell'esercizio della rispettiva potestà legislativa;

c) emergenze di rilievo nazionale connesse con eventi calamitosi di origine naturale o derivanti dall'attività dell'uomo che in ragione della loro intensità o estensione debbono, con immediatezza d'intervento, essere fronteggiate con mezzi e poteri straordinari da impiegare durante limitati e predefiniti periodi di tempo ai sensi dell'articolo 24.

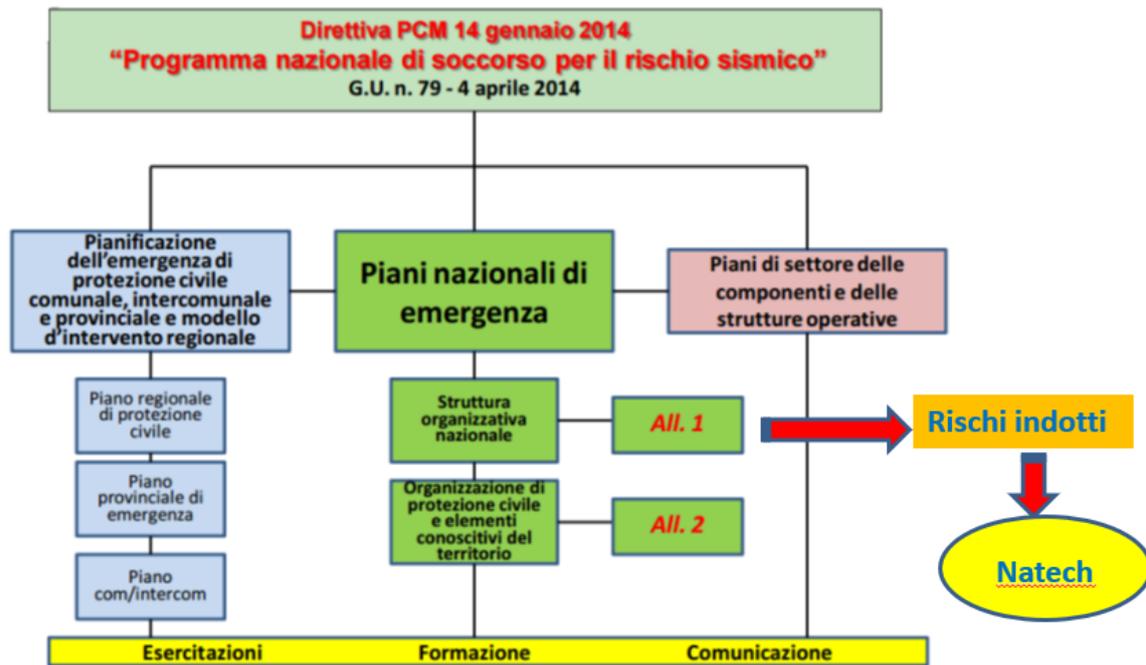
In particolare, quando un evento colpisce un territorio, il Sindaco - Autorità di protezione civile nell'ambito del Servizio Nazionale - ha il compito di assicurare i primi soccorsi alla popolazione, coordinando le strutture operative locali sulla base dei piani comunali di emergenza (evento di tipo "a"). Se i mezzi e le risorse a disposizione del Comune non sono sufficienti a fronteggiare l'emergenza, intervengono i livelli provinciali, come la Prefettura - Uffici territoriale del governo e la Regione, che attivano le risorse disponibili sui territori di propria competenza (evento di tipo "b"). Nelle situazioni più gravi, su richiesta del Governo regionale, subentra il livello nazionale, con la dichiarazione dello stato di emergenza (evento di tipo "c"): il coordinamento degli interventi viene assunto direttamente dal Presidente del Consiglio dei Ministri, che opera attraverso il Dipartimento della Protezione Civile. È in questi casi che il Servizio Nazionale viene impegnato in tutte le sue componenti e strutture operative. Nell'ottica propria della protezione civile, il carattere resiliente va perseguito, ai diversi livelli territoriali e istituzionali, nella strutturazione dei sistemi di protezione civile e nella predisposizione dei relativi strumenti di pianificazione dell'emergenza.

I Piani nazionali per rischio sismico si compongono di una prima parte, che definisce la Struttura organizzativa nazionale, e di una seconda parte, che riporta l'Organizzazione di protezione civile e gli elementi conoscitivi del territorio, definiti su scala regionale. La gestione di una emergenza può essere vista come un sistema la cui identità è connessa all'unitarietà di comportamento rispetto all'ambiente esterno, devastato da uno scenario di danno e si concretizza nell'attivazione sinergica delle *funzioni di supporto* ai vari livelli territoriali. Le «funzioni di supporto» rappresentano raggruppamenti omogenei di attività con la cui sinergia è possibile risolvere problemi complessi ed è, di fatto, l'applicazione del principio dell'auto-organizzazione di un sistema complesso.

La Funzione si occupa del raccordo operativo per le attività di raccolta, verifica ed analisi dei dati di carattere tecnico-scientifico relativi ai possibili altri rischi conseguenti agli effetti dello scuotimento sismico. Cura, inoltre, le previsioni meteo.

La Funzione coordina gli accertamenti tecnici per la valutazione dei rischi indotti, effettuati in collaborazione con le altre Funzioni di supporto competenti, con l'Amministrazione regionale, il Distretto idrografico, con i Comuni interessati e con i Centri di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile e con i consigli degli ordini professionali, anche per definire gli interventi di mitigazione e di ripristino, in forma integrata con la Funzione Tecnica e di Valutazione, in particolare per il ripristino delle strutture e delle infrastrutture danneggiate.

La Funzione verifica l'effettuazione dei controlli prescritti dalla normativa sugli stabilimenti a pericolo di incidente rilevante con le Prefetture-UTG, anche a seguito del verificarsi di ulteriori successivi eventi sismici di intensità significativa. Ove richiesto, provvede a individuare i tecnici competenti per il supporto in dette verifiche, nonché per la valutazione del rischio residuo. Verifica l'eventuale necessità di messa in sicurezza e l'adozione delle misure di contenimento dei rischi.



8.1 Attività per la gestione dell'emergenza per eventi NaTech da Sisma nell'ambito degli stabilimenti PIR

È opportuno quindi che il gestore si avvalga di strumenti di supporto che consentano, in caso di evento NaTech, di identificare prima possibile i rischi per la popolazione e di dare indicazioni alle squadre di emergenza su come fronteggiarli nonché prevedere attività di formazione ed addestramento per il personale preposto al loro utilizzo. Importante è inoltre tenere conto dell'esperienza storica di gestione delle emergenze originate da eventi NaTech, che dimostra come l'efficacia della risposta dipenda dalla corretta individuazione ed analisi, nella fase di preparazione, di una serie di fattori e da come durante l'evento le loro interazioni siano state integrate, in modo da consentire una gestione coordinata della risposta.

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;
- *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;

La risposta nel caso di accadimento di un evento NaTech in uno stabilimento PIR presenta dunque aspetti specifici che vanno affrontati in maniera documentata, nell'ambito del proprio SGS-PIR e sottoporre all'attenzione di tutti soggetti privati (ad es. gestori di altri stabilimenti vicini) e pubblici (enti autorizzatori, autorità di protezione civile, vigili del fuoco, ecc.) per una corretta pianificazione e gestione dell'emergenza, anche al fine di una integrazione e allineamento delle attività dei vari attori (Gestore, Prefettura, Comune, Regione, DPC, VVF, ARPA) nell'ambito della funzione "rischi indotti – NaTech" nel Programma nazionale di soccorso rischio sismico.

Appendice A

Scheda sintetica relativa alle verifiche e ai riscontri che possono essere effettuati durante le Ispezioni SGS PIR in riferimento al Rischio NaTech da Sisma.

1. Documento sulla politica di prevenzione, struttura del SGS-PIR e sua integrazione con la gestione aziendale

i. Definizione della Politica di prevenzione

Verificare che nella definizione e contenuti del Documento di Politica di prevenzione sia preso in considerazione il rischio sismico, prestando particolare attenzione alle zone con pericolosità sismica elevata.

2. Organizzazione e personale

i. Definizione delle responsabilità, delle risorse e della pianificazione delle attività

ii. Attività di informazione

Verificare che i programmi di informazione documentati riguardino anche i potenziali rischi derivanti da evento sismico.

iii. Attività di formazione e addestramento

Verificare che il personale incaricato sia stato formato alle attività di gestione delle situazioni incidentali provocate anche da evento sismico, evitando di incorrere in situazioni di panico che possano compromettere l'efficacia delle operazioni.

iv. Fattori umani, interfacce operatore ed impianto

3. Identificazione e valutazione dei pericoli rilevanti

i. Identificazione delle pericolosità di sostanze e processi, e definizione di criteri e requisiti di sicurezza

ii. *Verificare che siano definiti i criteri e i requisiti di sicurezza, nel rispetto degli obiettivi generali e specifici indicati nella politica aziendale, in tema di rischio NATECH da sisma.* Identificazione dei possibili eventi incidentali e analisi di sicurezza

Verificare che sia stata eseguita l'analisi di rischio per i componenti strutturali, non strutturali e per le componenti impiantistiche, valutando la coerenza tra i vari strumenti di gestione delle emergenze in caso di sisma.

iii. Pianificazione degli adeguamenti impiantistici e gestionali per la riduzione dei rischi ed aggiornamento

Verificare che nel caso di inadeguatezza della valutazione della sicurezza in condizioni sismiche degli elementi d'impianto e delle apparecchiature critici sia previsto un programma di interventi di adeguamento impiantistico e di tipo gestionale per la mitigazione dei rischi.

4. Il controllo operativo

i. Identificazione degli impianti e delle apparecchiature soggette ai piani di verifica

Verificare che il criterio adottato per individuare gli elementi critici abbia tenuto conto anche del rischio NaTech da Sisma. Verificare che i programmi di manutenzione tengano conto di valutazioni circa la vetustà degli impianti ed apparecchiature (in riferimento a fenomeni di invecchiamento) e della relativa obsolescenza tecnologica, anche alla luce della pericolosità sismica di base (fenomeni che possano accentuare i fattori degradanti).

ii. Gestione della documentazione

iii. Procedure operative e istruzioni nelle condizioni normali, anomale e di emergenza

- iv. Le procedure di manutenzione
- v. Approvvigionamento di beni e servizi

5. Gestione delle modifiche

- i. Modifiche tecnico-impiantistiche, procedurali e organizzative
Verificare che le modifiche tecniche ed impiantistiche, procedurali e organizzative devono essere tali da non comportare un aggravio del livello di rischio anche nel caso di rischio sismico.
- ii. Aggiornamento della documentazione

6. Pianificazione di emergenza

- i. Analisi delle conseguenze, pianificazione e documentazione
Verificare la coerenza e l'efficacia tra i vari strumenti di gestione delle emergenze in caso di sisma (come ad esempio le planimetrie dello stabilimento e del sito, con indicazione dei punti critici e ubicazione dei punti di raccolta e vie di fuga).
Verificare che siano predisposte le azioni di emergenza da intraprendere per ogni scenario di riferimento; che le linee di comunicazione interne ed esterne e le procedure e mezzi di allerta, allarme, evacuazione e cessato allarme non risultino indisponibili in caso di terremoto.
Verificare la coerenza, alla luce del rischio NATECH da sisma, tra gli strumenti di pianificazione dell'emergenza esterna e interna, in tema di mezzi, sistemi, uomini, procedure, istruzioni, ecc.

7. Controllo delle prestazioni

- i. Valutazione delle prestazioni
- ii. Analisi degli incidenti e dei quasi-incidenti
Verificare che nell'analisi della esperienza operativa si sia tenuto conto di incidenti, quasi-incidenti e anomalie registrati anche a seguito di evento sismico.

8. Controllo e revisione

- i. Verifiche ispettive
Verificare che, anche nei confronti di un evento sismico, in caso di particolari criticità di base, sia prevista un'attività periodica di verifica ispettiva (safety audit).
- ii. Riesame della politica di sicurezza e del SGS-PIR

ALLEGATO H: Sezione 2 - Analisi dell'esperienza operativa

Eventi incidentali: analisi dei fattori gestionali e tecnici

Azienda

| | | | |
|---|---|---|--|
| Rif. n. | Data | Titolo | |
| Descrizione tecnica sintetica dell'evento (con particolare riferimento alle cause tecniche e gestionali) <i>Rottura di una guarnizione su corpo flangiato. Attivato il PEI per forte odore di ammoniacca in reparto</i> | | | |
| Sistemi tecnici critici ⁽²⁾ : Corpi flangiati della linea ammoniacca-guarnizioni | | | |
| Fattore gestionale ⁽³⁾ | Descrizione | Azioni intraprese | Azioni previste / programmate |
| <i>Es. 3.iii: adeguamenti impiantistici per la riduzione dei rischi</i> | <i>Rottura di una guarnizione su corpo flangiato-materiale non idoneo</i> | <i>Attivazione PEI Intercettata la perdita Sostituzione della guarnizione Inserita protezione paraspruzzi</i> | <i>Controllo/verifica delle guarnizioni sulle linee dei corrosivi. Avviato programma di sostituzione delle guarnizioni presenti sulle linee degli ammoniacali con altre di materiale idoneo (PTFE)</i> |
| | | | |

L'analisi dell'esperienza operativa rappresenta un momento significativo nell'ambito della valutazione e gestione del rischio sismico in stabilimenti industriali con presenza di sostanza pericolosa. Per procedere a tale analisi bisogna individuare:

- i sistemi tecnici critici, come le apparecchiature, gli elementi di impianto, i sistemi di controllo e di mitigazione coinvolti e che hanno subito danneggiamenti o non sono risultati efficaci a seguito di evento sismico pregresso;
- i fattori gestionali che potrebbero essere risultati carenti in situazioni pregresse (incidenti e quasi-incidenti scaturiti da evento sismico).

ALLEGATO H: Sezione 4 – Esame pianificato dei sistemi tecnici

Tabella Eventi incidentali: misure adottate

| Eventi incidentali ipotizzati nel Rapporto di Sicurezza (*) | Misure adottate | | | |
|---|-----------------------------------|------------------------------------|---|---|
| | per prevenire l'evento ipotizzato | | per mitigare l'evento ipotizzato | per seguire l'evoluzione dell'evento ipotizzato |
| | Sistemi tecnici | Sistemi organizzativi e gestionali | Mezzi di intervento dedicati in caso di emergenza | Sistemi finalizzati alla raccolta di elementi / dati utili per la ricostruzione dell'evento(**) |
| <i>Es:Rottura manichetta travaso</i> | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Nell'analisi degli eventi incidentali e delle relative misure adottate per prevenire e mitigare l'evento ipotizzato, come ipotizzato nel RDS, il gestore deve considerare anche gli eventi dovuti ad azioni sismiche.

Appendice B

Scheda sintetica relativa alle verifiche e ai riscontri che possono essere effettuati durante le istruttorie per la valutazione del RdS in riferimento al Rischio NaTech da Sisma.

C.1 Verificare se nell'esperienza storica fornita dal gestore sono riportati incidenti o quasi incidenti dovuti a eventi sismici;

C.3 Con riferimento alla cronologia degli eventi geofisici verificare le informazioni riportate nella sezione G della notifica e che siano congruenti con quanto indicato nelle NTC2018 relativamente alla pericolosità sismica di base. Analizzare eventuali ripercussioni sulla sicurezza dell'impianto evidenziate nel RDS con riferimento ad eventuali scenari incidentali.

C.4 verificare se negli scenari incidentali individuati è stato considerato opportunamente il ruolo dell'evento sismico sia per gli aspetti strutturali delle opere dello stabilimento industriale, che per gli aspetti non strutturali che possono avere ugualmente un ruolo importante nell'innescare degli scenari incidentali.

C.5 verificare se sono state opportunamente riportate le informazioni relative agli eventi incidentali nei quali ha un ruolo il NaTech da sisma comprese quelle utili alla pianificazione del territorio.

C.6 Verificare le precauzioni adottate per prevenire gli eventi incidentali e per minimizzare le conseguenze.

C.7 Verificare i coefficienti di sicurezza assunti nella progettazione delle strutture.