



**RISCHIO NATECH DA SISMA: confronto tra gli obblighi previsti dal D.Lgs. 105/2015 e le NTC 2018.
Interventi di prevenzione e mitigazione**

Ing. Mariano Ciucci

RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

IL SISMA INVESTE TUTTO LO STABILIMENTO

PIÙ DANNI CONTEMPORANEAMENTE

↔ SCENARI INCIDENTALI SIMULTANEI

POSSIBILE INDISPONIBILITÀ DEI SISTEMI DI MITIGAZIONE



CROLLO DEL CAMINO DI UN FORNO PER IL TOPPING



DANNI AL SISTEMA DI PIPING

PROPAGAZIONE INCENDIO PER INOPERABILITÀ DELLE VALVOLE DI SHUTOFF



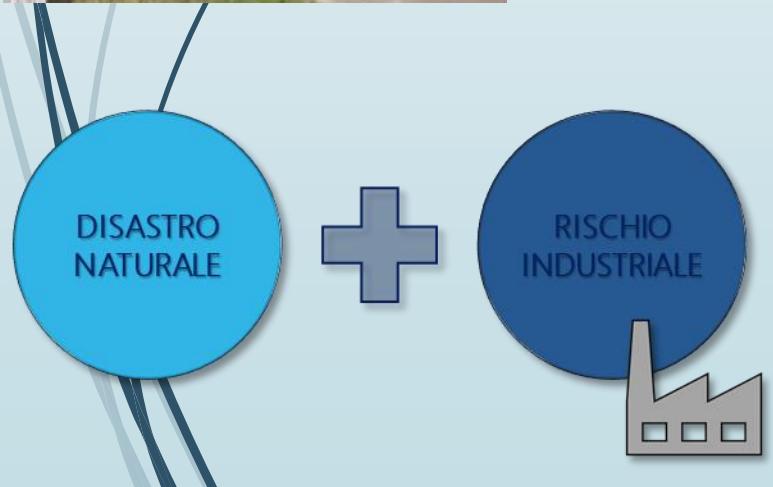
INCENDIO IN UN SERBATOIO DI NAFTA A TETTO GALLEGGIANTE INNESCATO DA SLOSHING



PROPAGAZIONE DELL'INCENDIO PER INDISPONIBILITÀ DI ENERGIA ELETTRICA E ACQUA PER L'IMPIANTO ANTINCENDIO



INCENDIO DURATO 5 GIORNI



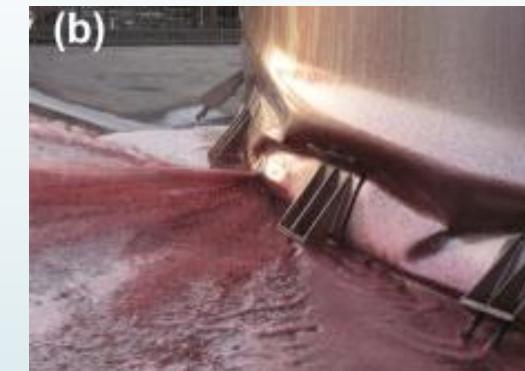
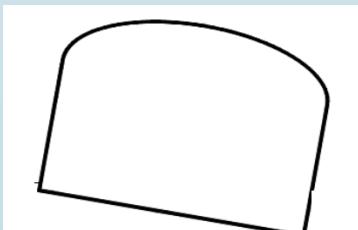
RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

DANNI INDOTTI DAL SISMA SU APPARECCHIATURE INDUSTRIALI

SOLLEVAMENTO E ROTAZIONE ALLA BASE E DANNI DEGLI ANCORAGGI



Terremoto in Turchia del 1999
7,6 Mw (Izmit)



Terremoto in Cile del 2010
8,8 Mw (Maule)

RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

Vulnerabilità sismica dei serbatoi atmosferici a tetto galleggiante

DANNI A LIVELLO GLOBALE



ribaltamento

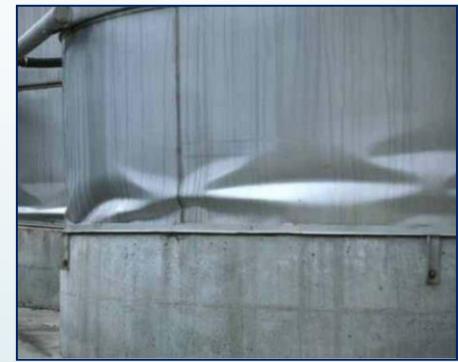


scorrimento



incendio

DANNI AL MANTELLO



a forma di diamante



a zampa
d'elefante

DANNI AL TETTO GALLEGGIANTE e ELEMENTI CONNESSI



deformazioni



inclinazione e affondamento



rottura del sistema di tenuta

DANNI IN CORRISPONDENZA DEL FONDO



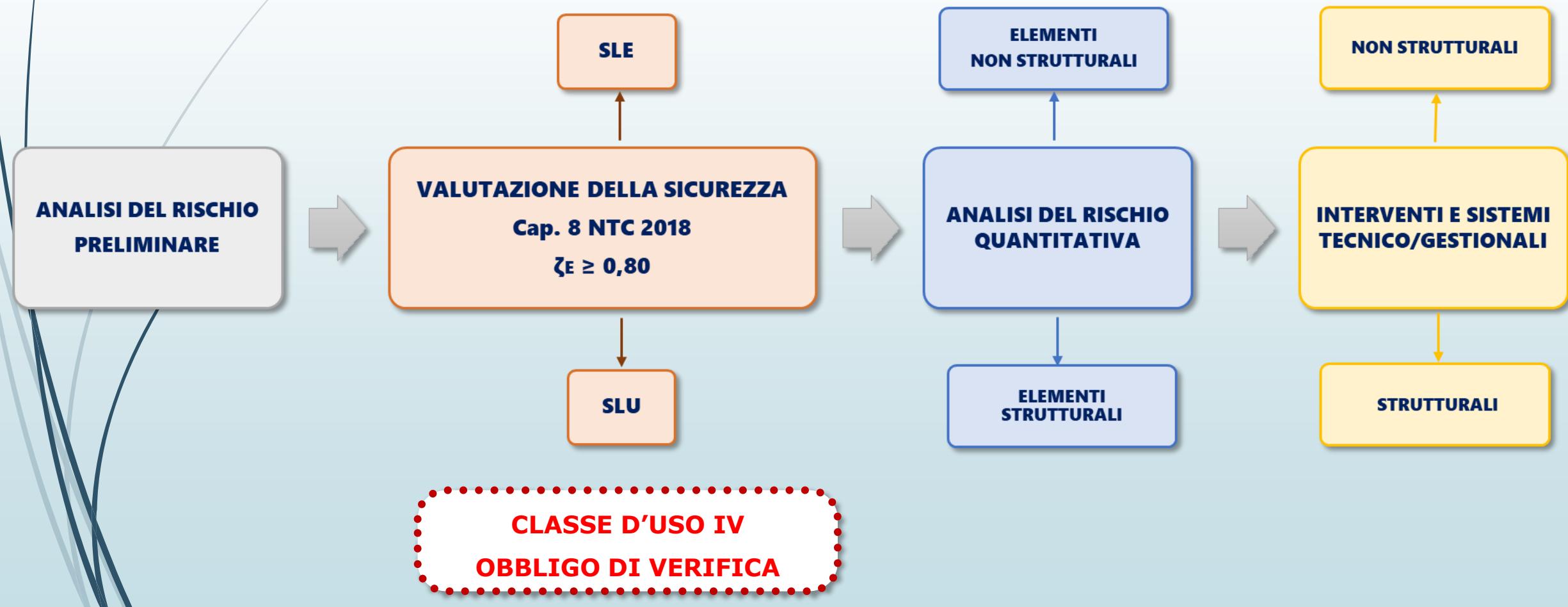
rottura degli
ancoraggi



rottura delle tubazioni

ITER METODOLOGICO PER LA VALUTAZIONE E GESTIONE DEL RISCHIO NATECH DA SISMA

STABILIMENTI INDUSTRIALI PIR ESISTENTI



RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

Valutazione della sicurezza NTC 2018: determinazione dell'azione sismica

COORDINATE
GEOGRAFICHE

Allegato B delle NTC 2008

PARAMETRI
FONDAMENTALI

a_g F_0 T^*_c

PERICOLOSITÀ SIMICA

DI BASE

A + T1 + campo libero



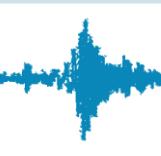
V_N VITA NOMINALE
con valore di 50 anni



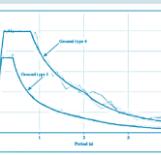
CLASSE D'USO IV
"industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente"



C_U COEFF. DELLA CLASSE D'USO IV
2,5 per scenari con impatto esterno
2,0 per scenari con impatto interno



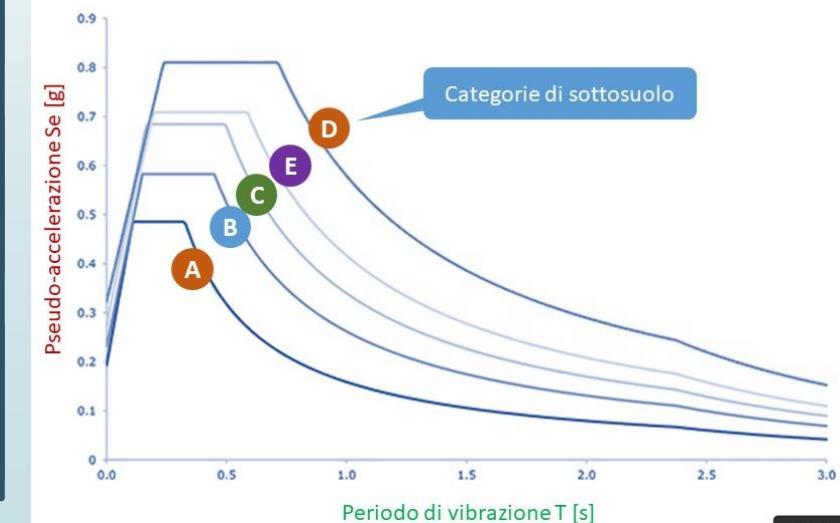
V_R PERIODO DI RIFERIMENTO
 $= V_N \times C_U = 50 \times 2,5 = 125$ anni



T_R TEMPO DI RITORNO
 $= \frac{-V_R}{\ln(1-P_{VR})}$

CARATTERIZZAZIONE
GEOLOGICA GEOTECNICA

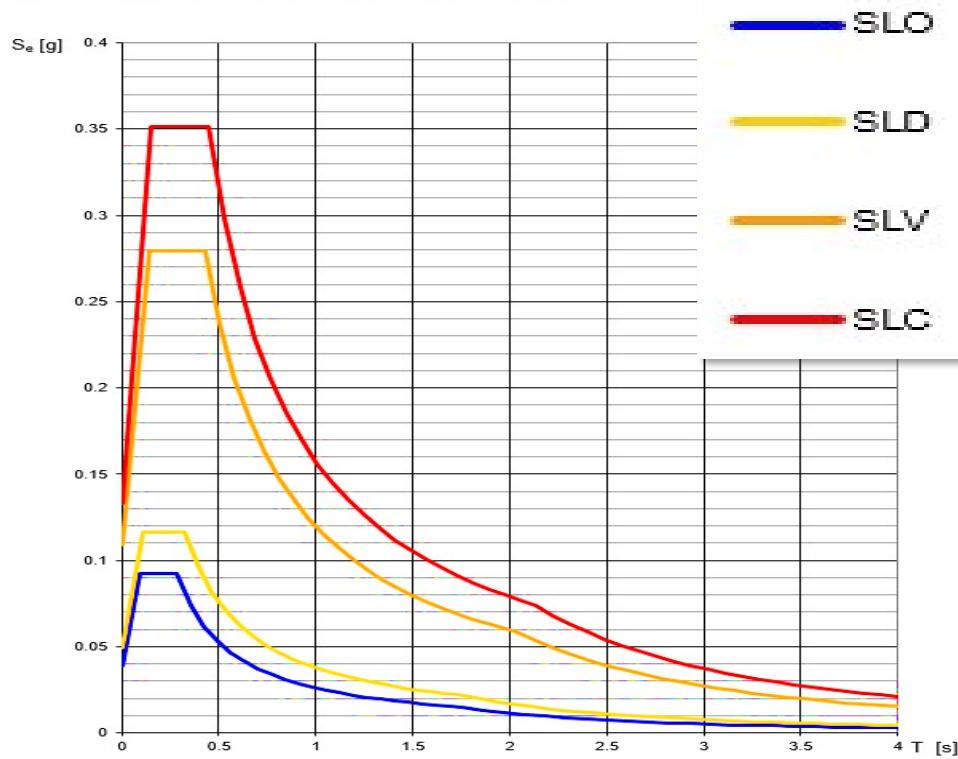
VALUTAZIONE DELLA
RISPOSTA SISMICA LOCALE



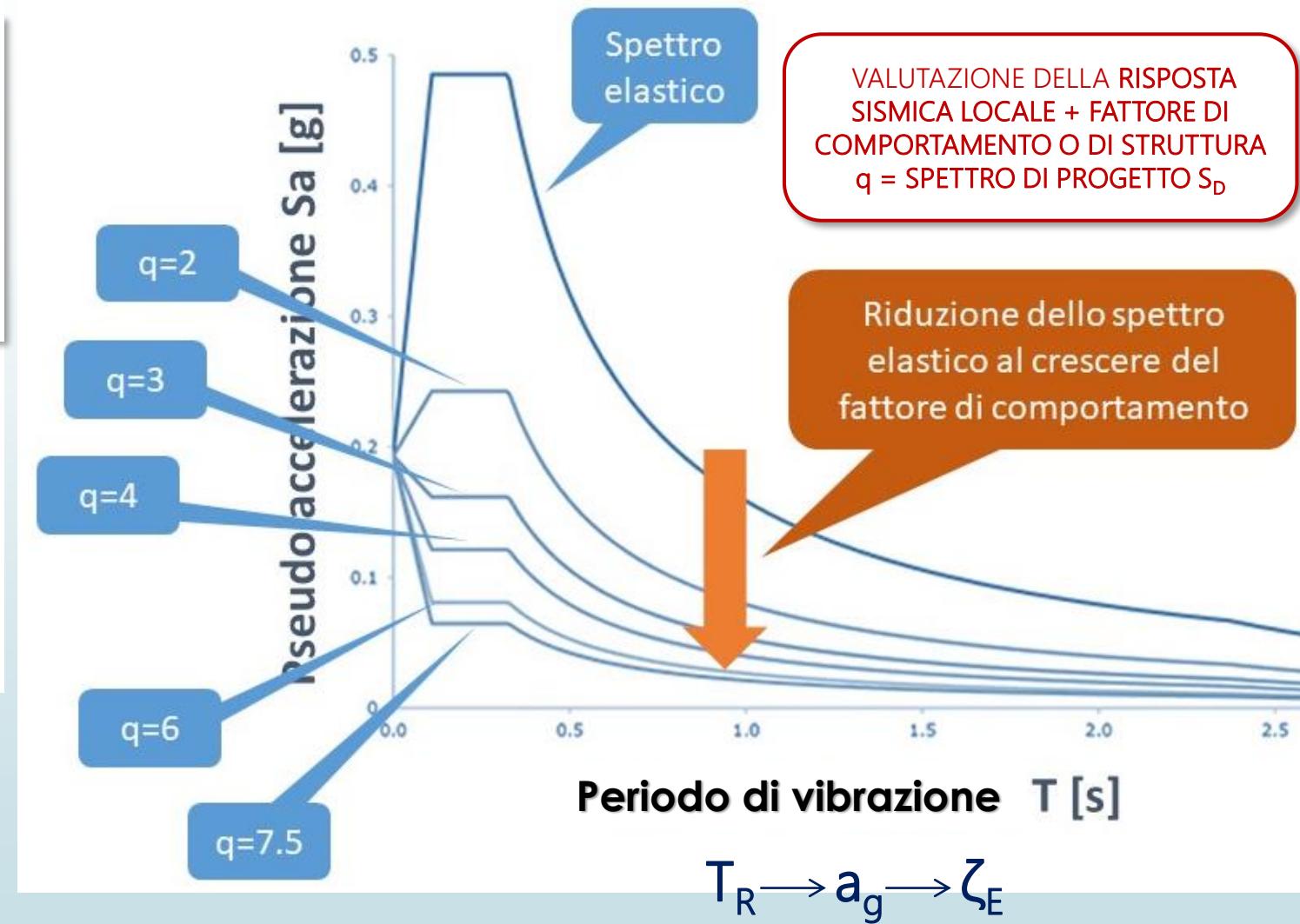
RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

Valutazione della sicurezza NTC 2018: determinazione dell'azione sismica

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE (A ; T_1 ; CAMPO LIBERO) +
VALORI DI PROGETTO =
SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONE
AGLI STATI LIMITE O SPETTRO DI RIFERIMENTO S_E



RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

Verifica della sicurezza per azioni sismiche NTC 2018: SLE e SLU

LIVELLO DI SICUREZZA O INDICE DI VULNERABILITÀ

ζ_E

AZIONE SISMICA MASSIMA SOPPORTABILE DALL'OPERA ESISTENTE
AZIONE SISMICA MASSIMA CHE SI UTILIZZEREBBE NEL PROGETTO DI
UN'OPERA EX NOVO

$\zeta_E \geq 1$

$0,8 \leq \zeta_E < 1$

$\zeta_E < 0,8$

$0,60 \leq \zeta_E \leq 0,80$

sistemi tecnici e gestionali per la
mitigazione delle conseguenze legate ad
un evento sismico.

INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO

- $0,6 < \zeta_E < 0,8$

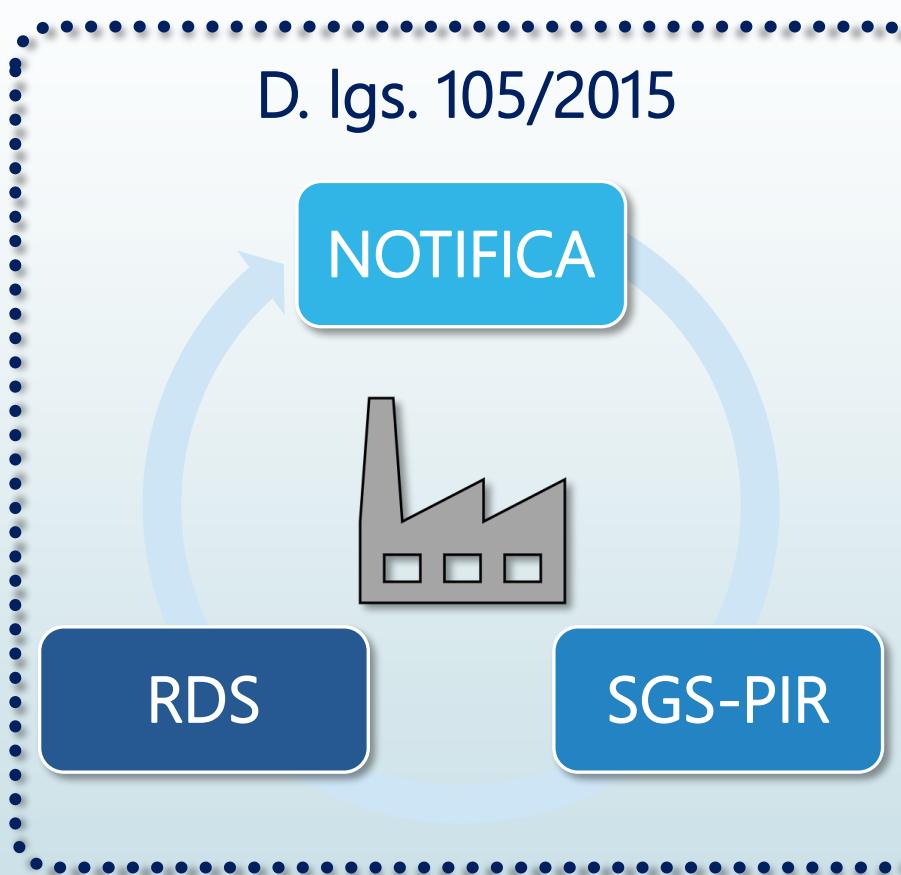
NECESSITÀ DI PROGRAMMARE L'INTERVENTO SULLA BASE DELLE
CONSEGUENZE IN TERMINI DI PUBBLICA
INCOLUMITÀ

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

- $\zeta_E \geq 0,80$

Qualora non dovessero essere soddisfatte le
verifiche nei confronti delle azioni non sismiche,
sussiste l'obbligo di adottare opportuni
provvedimenti e di prevedere l'esecuzione di
interventi di miglioramento/adeguamento.

RISCHIO NATECH NEGLI STABILIMENTI PIR: Notifica, SGS-PIR e Rapporto di Sicurezza.



RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

Approccio per la valutazione del rischio sismico



Elementi critici delle attività PIR

COMPONENTI STRUTTURALI



COMPONENTI NON STRUTTURALI



IMPIANTI



...Impianti intesi come insieme di: impianto vero e proprio, dispositivi di alimentazione dell'impianto, collegamenti tra gli impianti e la struttura principale.

E quindi anche sistemi e sensori per la gestione della sicurezza!

RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

Analisi del Rischio NaTech da Sisma

IDENTIFICAZIONE DEGLI EVENTI PREVEDIBILI

Es. HAZOP



VALUTAZIONE DELLE PROBABILITÀ DI ACCADIMENTO

Es. Albero dei Guasti



INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI CREDIBILI



VALUTAZIONE DELLA FREQUENZA DEGLI SCENARI

Es. Albero degli Eventi



ANALISI DELLE CONSEGUENZE

RATEI DI GUASTO



L'evento è credibile?

SI
NO

Cosa cambia considerando il sisma?

La determinazione dei ratei di guasto in condizioni di esercizio di un impianto valutati in associazione all'evento sismico può restituire risultati differenti:

UNA SITUAZIONE PRIMA POCO CREDIBILE, ORA POTREBBE DIVENTARE CREDIBILE!

RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

Analisi del Rischio NaTech da Sisma

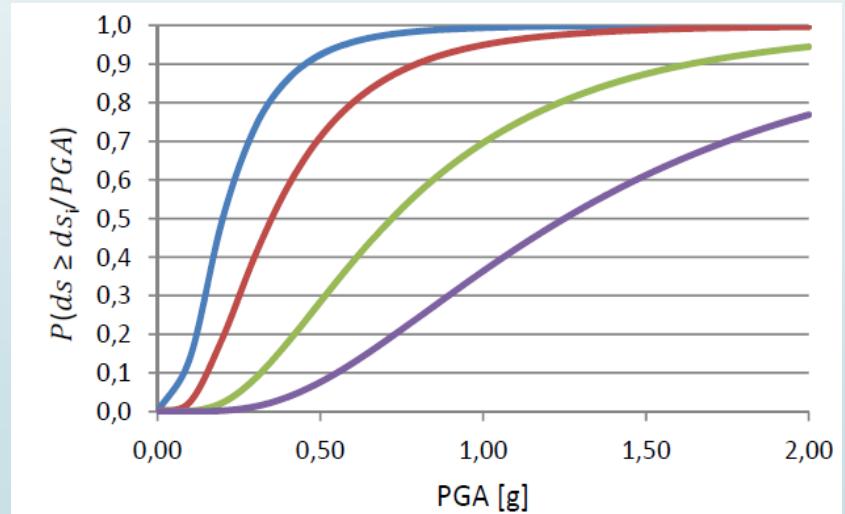
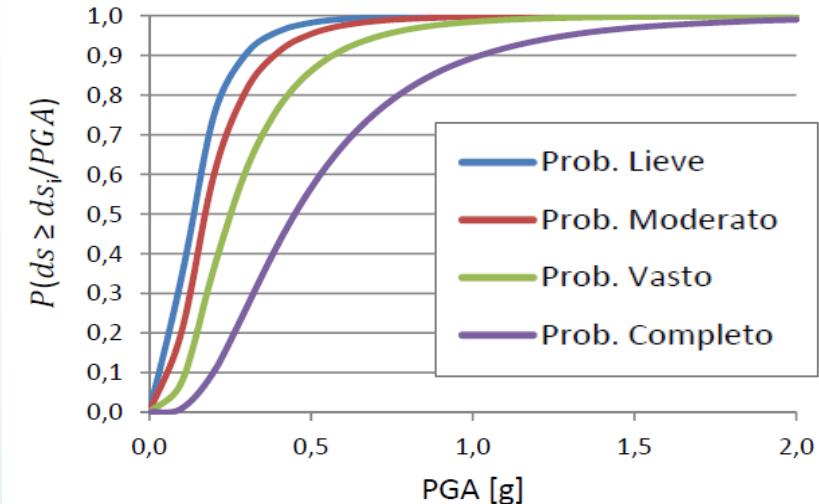
La stima delle probabilità di accadimento di danni a livello globale (strutturale) e locale (strutturale e non strutturale) può essere svolta tramite l'utilizzo di curve di fragilità.

Le curve di fragilità per sisma forniscono la probabilità che la domanda sismica per un componente industriale superi uno dato Stato Limite (LS) per una specifica Misura di Intensità (IM) del terremoto.

Lo Stato Limite indica una configurazione per il componente oltre la quale si verifica un danno o una condizione non desiderata.

Le curve di fragilità attualmente presenti in Letteratura sono di natura empirica, basate sull'osservazione dei danni causati dai terremoti passati ad una stessa tipologia di componente.

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 le specificità del caso in esame.



RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

Probabilità di accadimento del danno sismico tramite curve di fragilità

DEFINIZIONE

La curva di fragilità rappresenta la probabilità che la domanda sismica, in termini di parametro della domanda (D_{EDP}) ingegneristica, su una costruzione superi lo stato limite (LS) per una specifica misura di intensità del terremoto (IM).

**Identificazione del danno
(o stato di danno)**

**Scelta dell'input
sismico**

**Calcolo della
domanda sismica**

**Scelta della soglia
di danno**

Curva di fragilità

- Verifiche di sicurezza
- Analisi di vulnerabilità sulla base delle reali condizioni della struttura (es.: corrosione, invecchiamento, ...)
- Esperienza

Probabilità di
danno
accettabile?

$$P[D_{EDP} \geq LS|IM] = 1 - \Phi[(\ln(LS_m) - \ln(D_m))/\beta_d]$$

Intervento di
mitigazione

sì

no

ESEMPIO: SERBATOIO CON TETTO GALLEGGIANTE

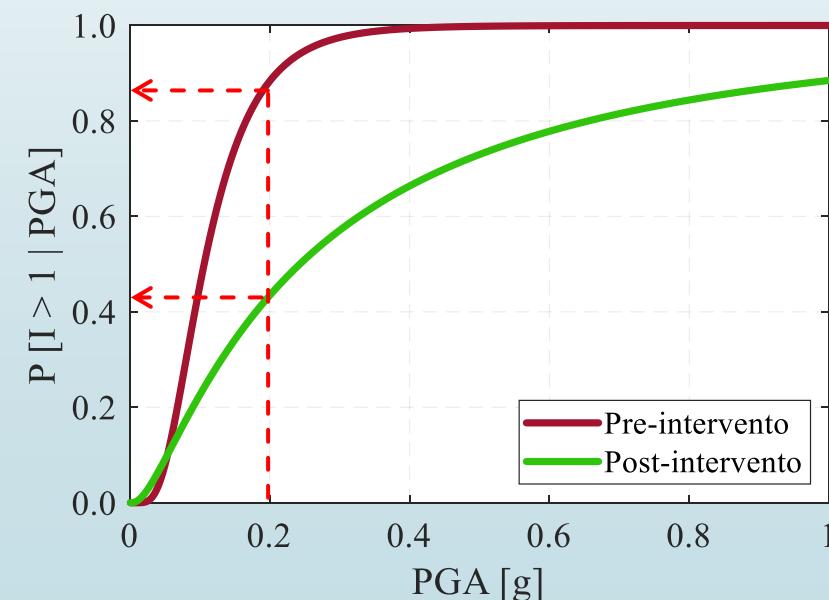
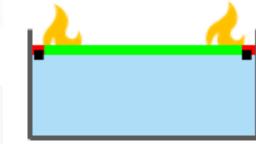
Danno: impatto del tetto contro il mantello

Input sismico: set di accelerogrammi naturali

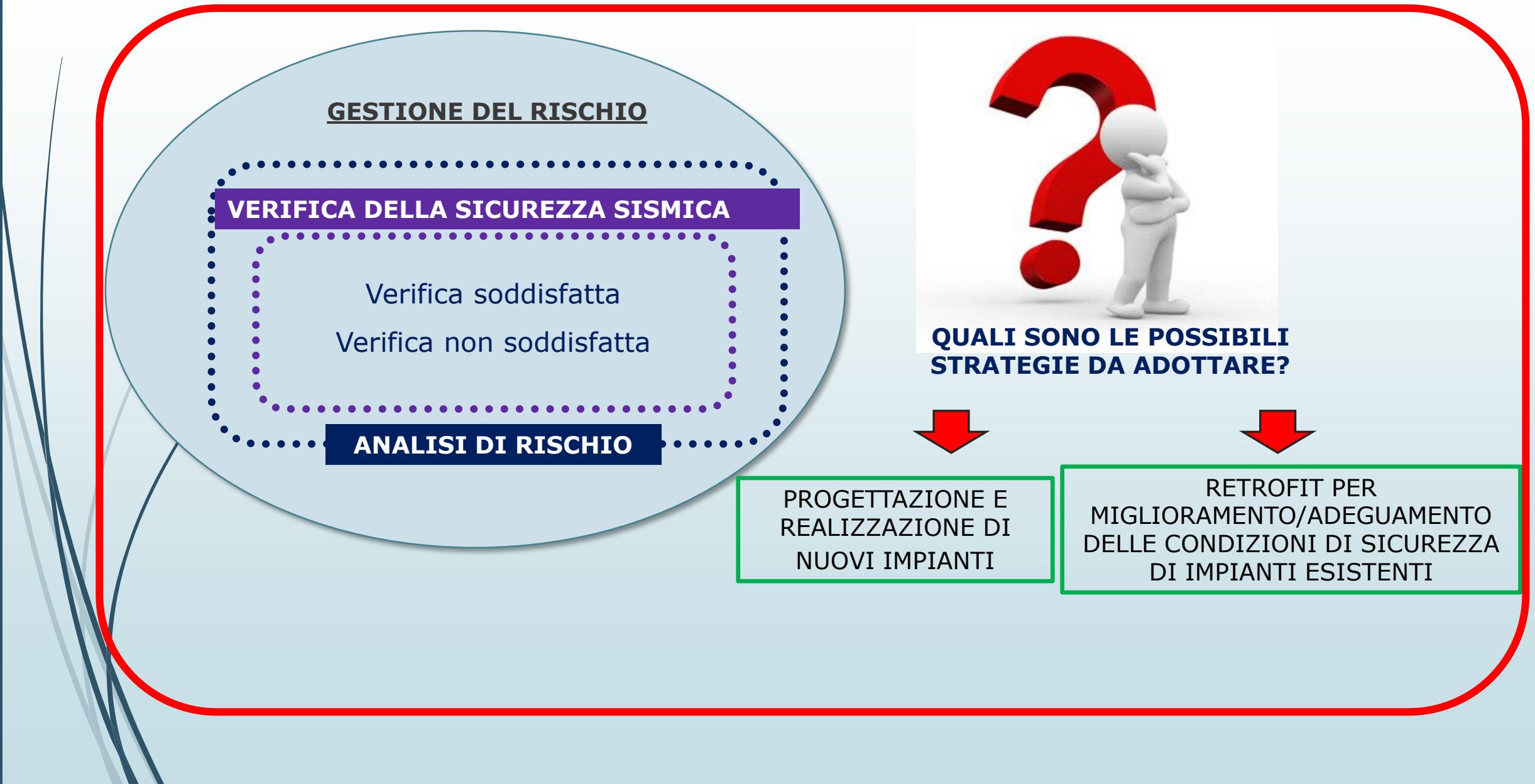
Domanda sismica: numero di impatti I

Soglia di danno: $I \geq 1$

Intervento di mitigazione: sostituzione del sistema di tenuta

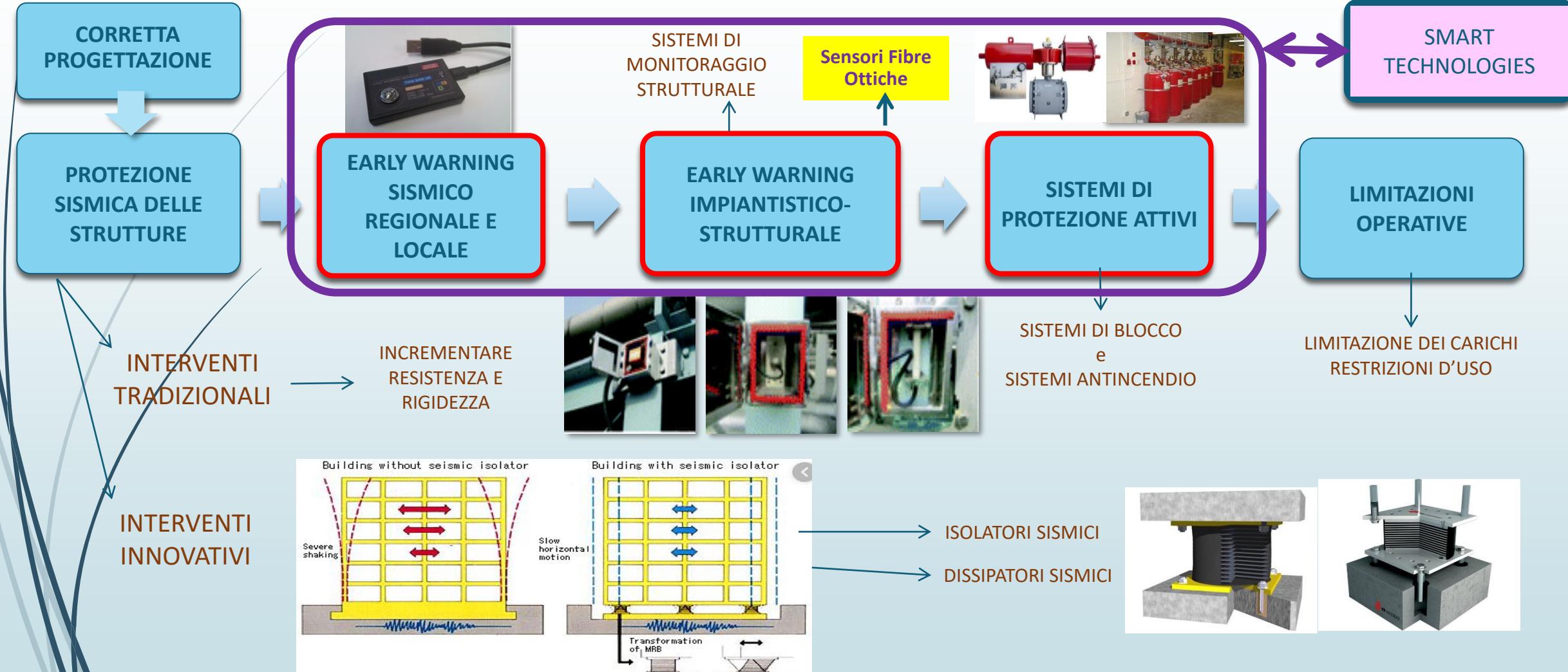


GESTIONE DEL RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR



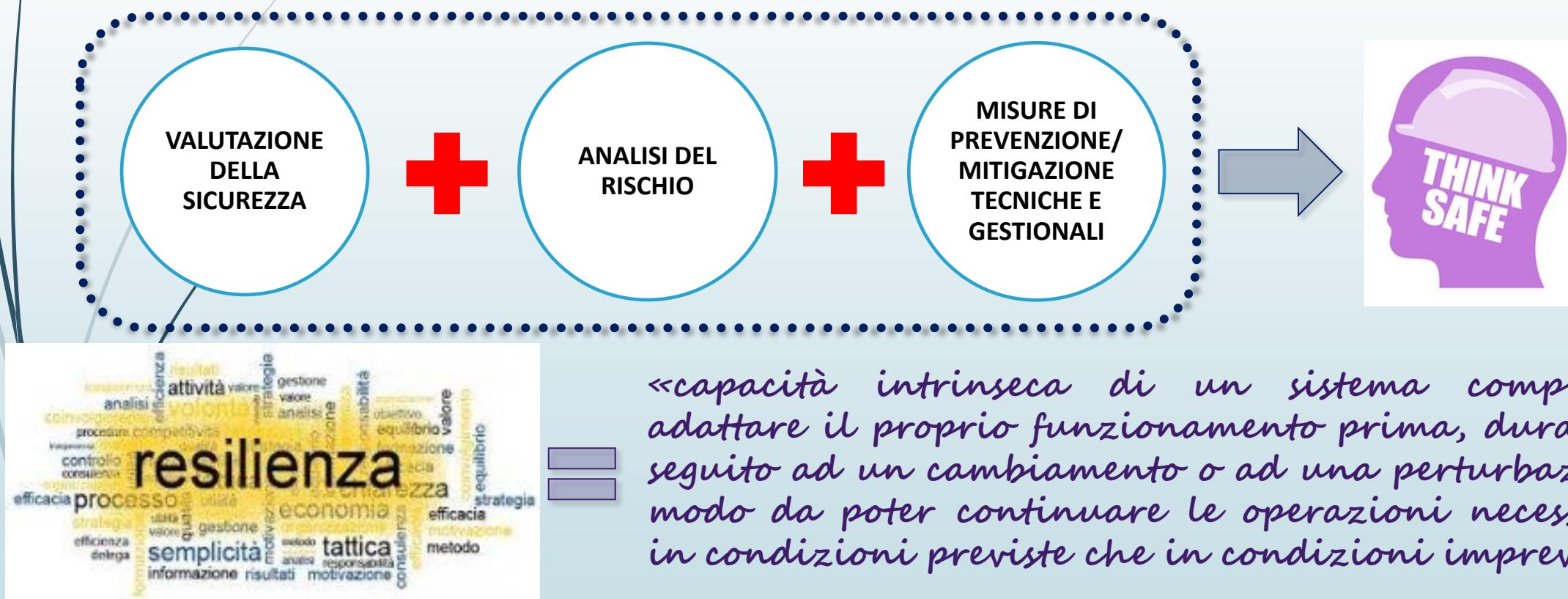
GESTIONE DEL RISCHIO NATECH DA SISMA NEGLI STABILIMENTI PIR

Misure di prevenzione/mitigazione tecniche e gestionali:



CONCLUSIONI

L'iter metodologico esposto per la valutazione del rischio NaTech negli stabilimenti PIR e la successiva implementazione di misure di prevenzione/mitigazione tecniche e gestionali rappresentano aspetti complementari che si collocano perfettamente in un'ottica di **prevenzione**, intesa come insieme di strategie atte a contribuire alla resilienza di un sistema.



GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

*«Le persone non vengono uccise tanto dai terremoti,
quanto dalle opere crollate»*

Shigeru Ban



Terremoto in Cile del 1960 – 9,5 Mw (Valdivia)