

Allegati

Allegato 1 Bibliografia

Allegato 2 Glossario dei termini principali

Allegato 3 Entità del danno per l'indice di incidente rilevante 0.3 secondo la direttiva UFAPF

Allegato 4 Valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a eventi sismici

Allegato 5 Elenco delle misure generali di sicurezza, modulo per l'esecuzione dell'art. 3 OPIR (rapporto breve parte 1)

Allegato 6 Modulo per la valutazione dell'entità dei danni (rapporto breve parte 2)

Allegato 1

Bibliografia

Bibliografia

- [1] UFAFP, Richtlinie, Beurteilungskriterien I zur Störfallverordnung, Reihe Vollzug Umwelt, 1996
- [2] UFAFP, Methodikbeispiel für eine Risikoermittlung einer Flüssiggastanlage, Reihe Vollzug Umwelt, 1996
- [3] DIREKTION DES INNERN DES KANTONS ZÜRICH, Koordinationsstelle für Störfallvorsorge, Schadensausmasseseinschätzung, Referenzbeispiele und Hilfsmittel, 1992
- [4] CARBURA, Richtlinien für Tankanlagen, 1974 (con aggiunta 1992)
- [5] TNO, Methods for the Calculation of the Physical Effects Resulting from Release of Hazardous Materials (Liquids and Gases), CPR 14E-Report of the committee for the prevention of Disasters (Yellow Book), 3a ed. Voorburg, 1997
- [6] VAN DEN BERG, A.C., The Multi Energy Method, A framework for vapour cloud explosion blast prediction, Journal of Hazardous Materials, Vol. 12, 1, 1985
- [7] Ordinanza del 1° luglio 1998 contro il deterioramento del suolo (O suolo) RS 814.12
- [8] CARBURA, Rahmenbericht über Stehtankanlagen für flüssige Brenn- und Treibstoffe im Hinblick auf die Störfallvorsorge, SKS Ingenieure AG, 1° ottobre 1992
- [9] J.F.ROURE ET AL, Le Boil Over, in: Sciences et Techniques, n° 28, luglio-agosto 1996
- [10] P.P.K.RAJ, Calculation of thermal radiation hazards from LNG fires, a review of the state of the art, AGA Transmission Conference, St. Louis, U.S.A., 1977
- [11] TNO, estratto dalla banca dati FACTS sugli incidenti rilevanti, 1991 (non pubblicato)
- [12] UFAFP, Mengenschwellen gemäss Störfallverordnung, Reihe Vollzug Umwelt, stato 1993
- [13] K.S.MUDAN, Thermal radiation hazards from hydrocarbon poolfires, Prog. Energy Combust. Sci. 10, 1984
- [14] A. SCHÖNBUCHER, D. GRÖCK, R. FIALA, X. ZHANG, Technische Überwachung, VDI Verlag vol. 33 n. 6, 1992
- [15] VDI WÄRMEATLAS, 4a ed., VDI-Verlag GmbH, Düsseldorf 1984
- [16] STATISTISCHES AMT DES KANTONS ZÜRICH, Statistisches Jahrbuch des Kantons Zürich 1997
- [17] F.P. LEES, Loss Prevention in the Process Industries, Hazard Identification, Assessment and Control, Butterworths, 1996
- [18] W. BARTKNECHT, Explosionen, Ablauf und Schutzmassnahmen, Springer Verlag, 1993
- [19] TNO, Methods for the Determination of Possible Damage (Green Book), Voorburg, prima edizione 1992
- [20] GIESBRECHT H. ET AL, Analyse der potentiellen Explosionswirkung von kurzzeitig in die Atmosphäre freigesetzten Brenngasmengen, Chemie Ing Tech: 53, parte 2, 1981
- [21] OBERRHEIN-KONFERENZ, Arbeitsgruppe Umwelt, Dritter Bericht über industrielle Risiken: Gefahrenpotentiale von Lägern für Kohlenwasserstoffe, 1995
- [22] BROECKMANN B., SCHECKER H.G.: Heattransfer Mechanismus and Boilover in Burning Oil-water Systems, J. Loss Prev. Process Ind. vol. 8, n. 3, 1995
- [23] INERIS, Retour d'expérience, Les Accidents dans les Dépôts d'hydrocarbures, Journée professionnelle, Lione, 1996
- [24] HOMMEL, G., Handbuch der gefährlichen Güter, terza edizione 1988
- [25] HOMMEL, G., Handbuch der gefährlichen Güter, nona edizione 1997
- [26] VISINONI, G., Les apports du retour d'expérience pour la définition des scénarios de référence liés aux hydrocarbures, 1996
- [27] PHELPS P.J., JURLIDINI R., The Computer Modelling of Tank Spills and Containment of Overflows, 7th Int. Symp. on Loss Prev. Process Ind., Taormina (I), maggio 1992

- [28] SOCIETÀ SVIZZERA DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI; norma SIA 160, Azioni sulle strutture portanti, edizione 1989
- [29] Ordinanza sul risanamento dei siti inquinati (ordinanza sui siti contaminati, OSiti) del 26 agosto 1998
- [30] UFAPP, Istruzioni "Esame e riciclaggio del materiale di sterro (Istruzioni Materiale di sterro)", Serie Ambiente-Esecuzione, dicembre 2001
- [31] UFAPP, "Erdbebensicherheit bestehender unverankerter Stehtanks, Beurteilung aus der Sicht der Störfallverordnung", studio di RÉSONANCE Ingénieurs-Conseils SA su mandato UFAPP, 2003
- [32] KANTON ZÜRICH, Checkliste CL2 des Zürcher Behelfs "Erdbeben und Störfallvorsorge", ottobre 2001
- [33] API 650 „Welded Steel Tanks for Oil Storage“, Appendix E, American Petroleum Institute, 10a edizione nov. 1998, addendum 1° marzo 2000.
- [34] MALHOTRA P. Practical Nonlinear Seismic Analysis of Tanks, Earthquake, Spectra, vol. 16, 473-492, 2000.
- [35] SOCIETÀ SVIZZERA DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI; norma SIA 261, Azioni sulle strutture portanti, edizione 2003
- [36] EUROCODICE 8, parte 4: silos, serbatoi e tubazioni. Norma europea sperimentale ENV 1998-4, Allegato A. Comitato Europeo di Normalizzazione, Bruxelles, 1998.
- [37] Ordinanza del 1° luglio 1998 contro l'inquinamento delle acque con liquidi nocivi (Oliq) (stato 15 dicembre 1998)
- [38] CONCAWE, environmental classification of petroleum substances – summary data and rationale, report n. 01/54, Bruxelles, ottobre 2001 (v. www.concawe.org)
- [39] CONCAWE, classification and labeling of petroleum substances according to the EU dangerous substances directive (CONCAWE recommendations – luglio 2005), report n. 6/05, Bruxelles, agosto 2005 (v. www.concawe.org)
- [40] SOCIETÀ SVIZZERA DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI; norma SIA 260, Basi per la progettazione di strutture portanti, edizione 2003

Allegato 2

Glossario dei termini principali

Glossario dei termini principali

Canalizzazione

Nel presente rapporto, per canalizzazione si intende sia la canalizzazione aziendale sia la canalizzazione pubblica. Per le valutazioni dell'entità dei danni nell'impianto o sul suolo pubblico adiacente sono d'interesse soltanto gli impianti di canalizzazione che potrebbero essere toccati da un evento (generalmente la canalizzazione delle acque meteoriche).

Deflagrazione o reazione esplosiva non violenta

Esplosione relativamente lenta di miscele infiammabili di gas e aria, la cui sovrappressione iniziale dipende dal tipo di gas, dalla quantità di massa esplosibile e dalle condizioni ambientali (per esplosioni di nubi di gas semiconfiniate all'aperto 0.3 bar, per un'esplosione nella canalizzazione 7 bar).

Detonazione

Esplosione percussiva estremamente rapida di miscele di aria e gas infiammabili con propagazione supersonica del fronte delle fiamme. La sovrappressione iniziale e la pressione d'urto possono raggiungere valori molto elevati per esempio in canalizzazioni di piccolo diametro.

Entità del danno

L'evento di uno scenario comporta diversi effetti sulla popolazione e l'ambiente (irraggiamento termico, inquinamento delle acque, onde d'urto). Questi effetti causano dei danni la cui entità è espressa dall'entità del danno.

Esplosione

Esplosione è un termine generico per un'improvvisa liberazione d'energia in seguito a una reazione rapida di ossidazione o decomposizione. Essa causa un rapido aumento della temperatura, onde di pressione e onde d'urto. Nel presente rapporto, l'espressione è utilizzata come concetto superiore per la deflagrazione e la detonazione.

Incidente rilevante

Nel presente rapporto è definito incidente rilevante un evento straordinario in cui vengono immessi nell'ambiente in modo incontrollato combustibili e carburanti con un notevole impatto all'esterno dell'area dell'impianto.

Indicatore del danno

Gli indicatori del danno sono strumenti ausiliari per una rappresentazione e valutazione uniformi dell'entità dei danni per i settori ambientali e le persone potenzialmente colpiti da un incidente rilevante. L'impiego di indicatori del danno consente in partico-

lare una descrizione sufficiente dei danni conseguenti a pressoché la totalità dei tipi di incidente rilevante e quindi un paragone tra i diversi impianti. Gli indicatori sono stabiliti in una direttiva UFAFP come segue [1]:

n ₁	morti	rischio umano
n ₂	feriti	rischio umano
n ₃	acque superficiali	inquinamento superficie/volume
n ₄	acque sotterranee	indisponibilità captazione acqua potabile
n ₅	suolo	pregiudizio della fertilità del suolo
n ₆	valori materiali	danni materiali in milioni di CHF

Indice di incidente rilevante

L'indice di incidente rilevante è una grandezza normalizzata per l'entità calcolata e corrisponde per tutti gli indicatori a un valore tra 0 e 1. La conversione è definita nella direttiva UFAFP [1]. Con l'indice di incidente rilevante viene valutata l'entità. Il valore limite per un incidente grave, in cui non si possono escludere gravi danni alle persone e all'ambiente, è di 0.3.

Letalità

Per letalità si intende la quota di persone di un gruppo colpito che viene mortalmente ferita in seguito a influssi esterni (per es. sostanze tossiche, incendio, onde di pressione). In caso di incidenti rilevanti in impianti con serbatoi, per le persone sono determinanti le letalità per irraggiamento termico o le onde di pressione.

Raggio di letalità

La distanza dal centro di un incidente rilevante al punto di una data letalità è detta raggio di letalità. Pertanto, una letalità del 50% a una distanza di 100 m ($R_{50} = 100$ m), significa che a una distanza di fino a 100 m dal luogo dell'incidente rilevante il 50% delle persone presenti è ferito mortalmente. Le persone che si trovano più vicine al luogo dell'incidente rilevante sono più esposte al rischio. Per semplicità nel presente rapporto sono considerati solo i raggi di letalità 1%, 50% e 99%.

Scenari di incidenti rilevanti

Gli scenari rappresentano una sequenza di cause ed effetti assunti sulla scorta della situazione reale dell'impianto e dei suoi dintorni che possono causare effetti notevoli e da ciò eventualmente danni alla popolazione o all'ambiente.

Allegato 3

Entità del danno per l'indice di incidente rilevante 0.3 secondo la direttiva UFAFP

Entità del danno per indice di incidente rilevante (INIR) 0.3 giusta la direttiva UFAFP [1]

Indicatore	Valore limite per INIR= 0.3	Entità del danno per INIR = 0.3*	
		benzina	olio c./cherosene/diesel
n ₁ morti	10 morti	incendio: 15 pers. in R ₅₀ o 67 pers. tra R ₁ e R ₅₀	
		esplosione: 14 pers. in R _{0,48}	nessuna esplosione poss.
n ₂ feriti	non considerati per la valutazione dell'entità dei danni (livello rapporto breve)		
n ₃ acque superficiali	<p>inquinamento di 10⁶ m³ o 1 km² (10⁶ m²)</p> <p>è considerato inquinamento:</p> <p>A) > 15 g prodotto petrolifero per m² superficie acque</p> <p>caso B) rilevante solo in condiz. particolari (p. es. importanti riserve ittiche)</p> <p>B) > LC₅₀ per ido¹ (secondo tab. 2.3)</p> <p>s. pb 95 = 2-120 mg/l s. pb 98 = 2 mg/l olio c. EL = 120-264 mg/l cherosene = 120-175 mg/l diesel = 120-160 mg/l</p>	<p>densità: benzina: ρ = 720-770 kg/m³</p> <p>A) quantità necess.: 15 t vol. benzina: 19-21 m³</p> <p>B) quantità necess.:¹ senza piombo 95: 2-120 t volume: 2.5 - 167 m³ senza piombo 98 2 t volume 2.5 m³</p>	<p>densità: olio c.: ρ = 860 kg/m³ cheros.: ρ = 750-850 kg/m³ diesel: ρ = 815-855 kg/m³</p> <p>A) quantità necess.: 15 t vol. olio c.: 17 m³ vol. cheros.: 17-20 m³ vol. diesel: 17-18 m³</p> <p>B) quantità necess.:¹ olio comb.: 120-264 t volume: 140-307 m³ cherosene: 120-175 t volume: 141-233 m³ diesel: 120-160 t volume: 140-196 m³</p>
n ₄ acque sotterranee	<p>indisponibilità di una captazione d'acque sotterranee per 10⁴ persone.mesi [PM]</p> <p>la captazione è inutilizzabile se</p> <ul style="list-style-type: none"> la concentrazione nella presa d'acqua AS > valore limite giusta ODerr art. 275 	<p>valore limite: 20 mg/m³ consumo d'acqua: 400l/mp 10'000 PM = 120'000 m³ quantità necess.: 2.4 kg</p> <p>volume di benzina: ca 3.1-3.4 l</p>	<p>valore limite: 20 mg/m³ consumo d'acqua: 400l/mp 10'000 PM = 120'000 m³ quantità necess.: 2.4 kg</p> <p>volume olio c.: ca 2.8 l volume cheros.: ca 2.8-3.2 l volume diesel: ca 2.8-2.9 l</p>
n ₆ danni materiali	<p>danni materiali per 50 mln di CHF.</p> <p>applicabile per danni:</p> <ul style="list-style-type: none"> all'esterno dell'area aziendale a infrastrutture, edifici ecc. <p>non applicabile a:</p> <ul style="list-style-type: none"> costi di risanamento costi di evacuazione ecc. 	<p>danni materiali in seguito a esplosione nella canalizzazione, limiti d'accensione: 0.6 - 8 vol%</p> <p>stima costi:</p> <ul style="list-style-type: none"> ca 1000.-/m canalizzazione danni alle infrastrutture secondo uso e costruzione <p>lunghezza canalizzazione necessaria: 50 km distrutti</p>	<p>nessuna esplosione possibile</p> <p>altri danni per importi di milioni improbabili</p>

* **Indicazioni (grassetto): quantità determinanti per indice di incidente rilevante 0.3**

¹ : per altre specie, per es. trota iridea, i valori possono essere notevolmente più bassi

Allegato 4

Valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a eventi sismici

Valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a eventi sismici

1. Introduzione

Gli impianti con serbatoi verticali vengono costruiti e gestiti da decenni su ampia scala in tutto il mondo. Anche se si differenziano per dimensione e dettagli, sono pur sempre costruzioni staticamente piuttosto semplici per il deposito di carburanti e combustibili liquidi. Ciò consente di far capo a esperienze a livello mondiale per quanto concerne i serbatoi verticali, segnatamente per la valutazione degli effetti da terremoti. Con l'obiettivo di riconoscere con criteri possibilmente semplici i serbatoi verticali a prova sismica (lista di controllo), l'UFAFP ha fatto svolgere uno studio comparativo degli esistenti e attuali metodi di valutazione [31]. I risultati dedotti in vista della valutazione dei rapporti brevi sono riassunti nel seguito.

2. Comportamento di serbatoi verticali esposti all'effetto di eventi sismici

La particolarità di serbatoi verticali rispetto ad altre opere edili è la grande incidenza del "carico utile", ossia della massa di merce depositata rispetto alla massa totale dell'opera edile. Il comportamento di serbatoi verticali esposti all'effetto di eventi sismici dipende quindi in larga misura dal grado di riempimento. Per la valutazione dal punto di vista della prevenzione degli incidenti rilevanti si parte dal presupposto di un serbatoio pieno. In considerazione della tecnica costruttiva usuale nell'industria petrolifera, le seguenti osservazioni si riferiscono unicamente a serbatoi verticali non ancorati. La valutazione del loro comportamento in caso di terremoto (fig. 1) richiede calcoli assai più complessi che per i serbatoi ancorati. Per la valutazione dei serbatoi verticali ancorati si raccomanda il ricorso ai calcoli facilmente effettuabili in base alle norme europee.

3. Norma attuale di dimensionamento (SIA 261 [2003])

La norma SIA 261 "Azioni sulle strutture portanti" (2003) [35] tratta nel capitolo 16 anche gli effetti dei terremoti in dipendenza di zone sismiche definite, condizioni del terreno di fondazione e classi d'opera (CO). Giusta la norma SIA 261, la Svizzera è suddivisa nelle 4 zone sismiche Z1, Z2, Z3a e Z3b. L'assegnazione geografica risulta dall'appendice F alla

norma. A ogni zona è associato per un terremoto di dimensionamento (design earthquake, con un periodo di ritorno di riferimento di 475 anni) un valore quantificato dell'accelerazione orizzontale del terreno. Le accelerazioni minori risultano nella zona Z1, le maggiori nella zona Z3b.

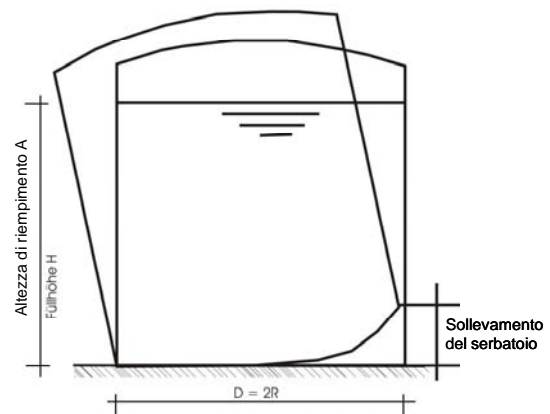


Figura 1: Sollevamento del serbatoio non ancorato

L'influsso delle condizioni del terreno di fondazione va considerata mediante la classificazione dell'ubicazione dell'impianto con serbatoi in una delle classi di terreno A - F secondo la tabella 25 della norma.

Inoltre, giusta la norma SIA 261, le costruzioni con un rischio "limitato" per l'ambiente vanno attribuite alla CO II, e quelle con un rischio "considerevole" alla CO III. Nel presente allegato i serbatoi con contenuto difficilmente infiammabile (olio combustibile, diesel, cherosene) sono attribuiti alla CO II e i serbatoi di benzina alla CO III.

Gli obiettivi di protezione di un'opera edile sono definiti nelle norme SIA 260 [40] e SIA 261 [35]. Per le opere dev'essere comprovata la sicurezza strutturale, considerando un periodo di ritorno del terremoto di progetto rilevante per costruzioni senza particolare importanza (CO I) di 475 anni, pari a una probabilità di emanazione del 10% in 50 anni. Per le CO II e III il terremoto di dimensionamento per CO I viene moltiplicato con un fattore di rilevanza 1.2 risp. 1.4, il che prolunga il periodo di ritorno del terremoto di progetto a circa 800 anni per la CO II e circa 1'200 anni per la CO III.



Figura 2: Visione d'assieme zone di rischio sismico [35]

4. Comparazione dei metodi di valutazione

Nello studio menzionato [31] sono stati ricalcolati in base alle più recenti conoscenze alcuni serbatoi verticali non ancorati caratteristici per la Svizzera per quanto concerne il rapporto altezza/raggio (A/R) progettati in base alle norme SIA relative al carico e alla costruzione precedentemente vigenti. In particolare sono stati utilizzati i seguenti metodi:

- la checklist CL2 del Zürcher Behelf [Vademecum zurighese] "Erdbeben und Störfallvorsorge" dell'ottobre 2001 [32]
- l'allegato informativo A dell'Eurocodice (EC) 8, parte 4, stato 1998 [36]. Questo codice è considerato "stato della tecnica"
- lo standard americano API 650, stato 2000 [33]
- il calcolo nonlineare secondo Malhotra (2000) [34]. Questo metodo è considerato alla redazione del presente rapporto "stato della scienza".

Un collegio d'esperti composto da un costruttore di serbatoi e tre ingegneri sismici è giunto alla conclusione che un serbatoio non ancorato presenta una sufficiente sicurezza antisismica in relazione a danni d'incidente rilevante se è data la prova sismica giusta

l'Eurocodice 8 o un metodo di riconosciuta corrispondenza allo stato della scienza (per es. secondo Malhotra). Questa conclusione appare plausibile e sufficientemente conservativa anche alla luce di ricerche statistiche su danni sismici a serbatoi verticali non ancorati.

In base ai calcoli effettuati sono stati sviluppati i seguenti diagrammi di flusso mediante i quali è possibile determinare senza calcolo i serbatoi verticali non ancorati esistenti con sicurezza antisismica sufficiente ad evitare danni d'incidente rilevante.

5. Valutazione di serbatoi verticali esistenti

I seguenti diagrammi di flusso delle figure 3, 4 e 5 si applicano a serbatoi non ancorati esistenti, di tecnica costruttiva "usuale". Il termine "usuale" è qui definibile solo indirettamente.

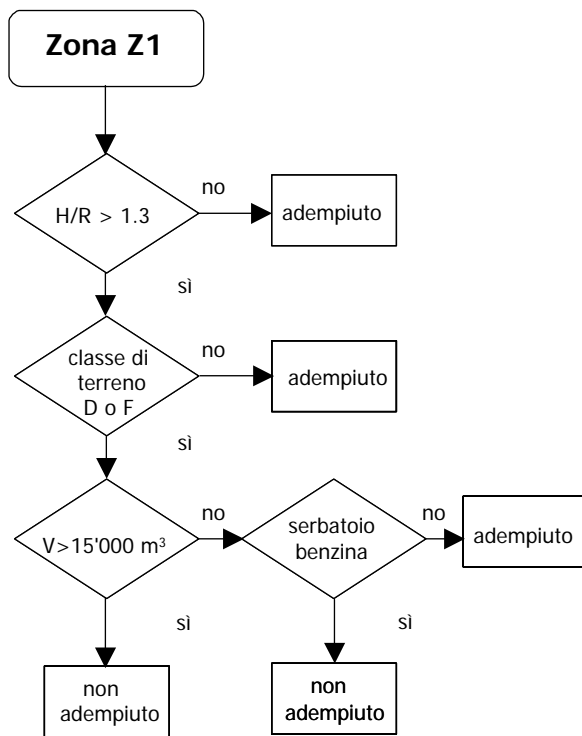


Figura 3: Diagramma di flusso per la zona Z1

Inusuale" sarebbe per esempio un serbatoio con un'altezza del mantello considerevolmente superiore a 26 m, o un serbatoio molto snello con un rapporto di $A/R > 4$. Per i serbatoi con dimensioni inusuali si deve ritenere, in assenza di prova speciale (vedi par. 6), che non adempiono i criteri di prova e che quindi, in caso d'evento, ne fuoriesce il liquido. Per i serbatoi ancorati si applicano i calcoli di facile esecuzione giusta l'Eurocodice 8.

Al fine di mantenerli possibilmente semplici e di facile impiego, i diagrammi di flusso non sono stati allestiti per impianti con serbatoi completi ma soltanto per singoli serbatoi. Vanno quindi controllati con un diagramma di flusso tutti i serbatoi di un impianto con serbatoi. "Adempito" significa che il relativo serbatoio può essere considerato senza ulteriore calcolo – per quanto concerne i danni d'incidente rilevante in caso di evento sismico giusta la norma SIA 261 (2003) [35] – a prova sismica. Il risultato "Non adempito" significa che il serbatoio pieno non può essere considerato senz'altro non problematico. In tal caso si procede come per un serbatoio verticale nuovo (vedi par. 6).

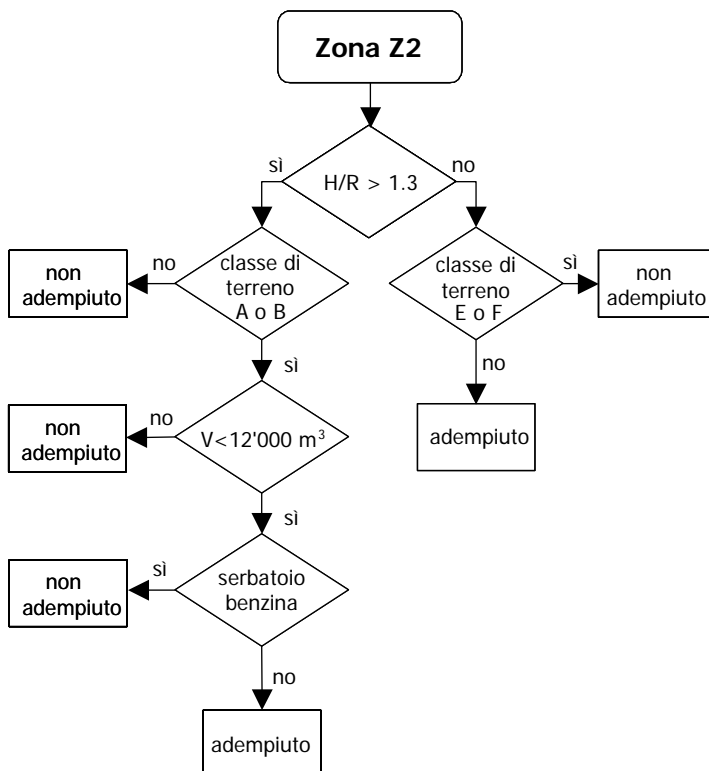


Figura 4: Diagramma di flusso per la zona Z2

La maggior parte dei serbatoi usuali in Svizzera supererebbero un terremoto di dimensionamento della zona Z1. Fanno eccezione i serbatoi con $A/R > 1.3$ su terreno di fondazione di classe D ed eventualmente F, che inoltre sono voluminosi o contengono benzina.

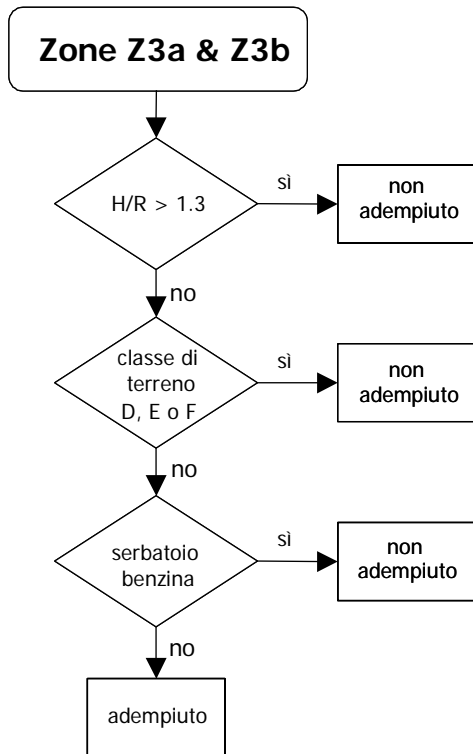


Figura 5: Diagramma di flusso per le zone Z3a & Z3b

I serbatoi molto compatti resisterebbero a un terremoto di progetto della zona Z2 quando non sono ubicati in un terreno di classe E o F. I serbatoi nella zona Z2 con $A/R > 1.3$ sono a priori a prova sismica solo se si trovano su un terreno di fondazione della classe A o B (assai raro!), non sono molto voluminosi e inoltre non contengono benzina.

Nelle zone Z3a e Z3b possono essere definiti a priori a prova sismica solo i serbatoi che risultano allo stesso tempo molto compatti, si trovano su un terreno di fondazione della classe A, B o C e inoltre non contengono benzina.

6. Valutazione di nuovi serbatoi verticali

In caso di nuova costruzione o trasformazione di un serbatoio verticale va prodotta in ogni caso una prova dettagliata della sicurezza antisismica. Ciò vale anche per i serbatoi verticali che in base ai diagrammi di flusso sopra indicati presentano il risultato "Non adempiuto".

La prova va fornita con l'ausilio di calcoli secondo Eurocodice 8 [36], Malhotra [34] o un altro metodo riconosciuto e di comprovata corrispondenza allo stato attuale della scienza.

7. Bacini di contenimento

In Svizzera, i serbatoi per oli minerali sono generalmente collocati in un bacino di contenimento. In caso di 5 o più serbatoi nello stesso bacino, la sua capacità deve corrispondere almeno al maggiore dei seguenti valori delle direttive Carburia [4], risp. dell'ordinanza contro l'inquinamento delle acque con liquidi nocivi (Oliq) [37]:

- 40 % del volume di tutti i serbatoi nello stesso bacino (cfr. [4]) o
- volume del serbatoio maggiore nel bacino (cfr. [4] e [37]).

Per i serbatoi verticali costruiti prima del 1972 valgono in parte norme divergenti. Se un bacino di contenimento è in grado di trattenere tutto il liquido che fuoriesce dai serbatoi perdenti in seguito a un evento sismico, non risulterebbe un danno d'incidente rilevante. Da ciò consegue che, dal punto di vista dell'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti, il danno è irrilevante se il volume esistente del bacino è maggiore del volume complessivo dei serbatoi non a prova sismica e fintanto che il bacino di contenimento rimane intatto. Questa condizione si basa sul caso più sfavorevole con tutti i serbatoi a rischio sismico pieni. Dovrà essere valutato nel singolo caso se è opportuno allentare lievemente questa condizione laddove è improbabile che tutti i serbatoi a rischio siano contemporaneamente pieni.

Il bacino può essere racchiuso mediante muri o dighe in terra battuta senza interruzione. Le opere di protezione sono generalmente costruzioni robuste in grado di resistere adeguatamente alle sollecitazioni di un evento sismico. I singoli elementi sono predisposti a una pressione unilaterale del liquido. Per motivi co-

struttivi, nei muri perimetrali, lo strato di armatura esterno è generalmente solo insignificativamente più debole dell'armatura all'interno del bacino. La sollecitazione dovuta alla pressione del liquido è di regola maggiore delle forze che si manifestano in caso d'evento sismico. Si può anche assumere che in caso di terremoto inizialmente le vasche siano vuote. Le eventuali costruzioni giuntate devono essere in grado di assorbire i reciproci spostamenti di elementi di muratura adiacenti senza spaccarsi.

Il gruppo d'esperti è giunto alla conclusione che in Svizzera si può partire generalmente dal presupposto che i bacini di contenimento nelle zone sismiche 1 e 2 rimangono intatti in caso di un terremoto di dimensionamento giusta la norma SIA 261.

Nelle zone 3a e 3b, per contro, non è possibile una siffatta affermazione generale. In queste zone occorre produrre la corrispondente prova.

8. Procedimento per serbatoi che non adempiono i criteri

Il risultato "Non adempiuto" nei diagrammi di flusso significa che il serbatoio pieno non può essere definito a priori non problematico e che occorre pertanto una

prova singola o del serbatoio o mediante calcoli secondo EC 8 [36], Malhotra [34] o un altro metodo riconosciuto e di comprovata corrispondenza allo stato della scienza se la capienza e/o la resistenza antisismica del bacino di contenimento risulta insufficiente.

"Adempiuto" per contro significa che il relativo serbatoio può essere considerato senza ulteriore calcolo – per quanto concerne i danni d'incidente rilevante in caso di evento sismico giusta la norma SIA 261 (2003) [35] – a prova sismica.

9. Osservazione conclusiva

Le indicazioni sulle probabili forze dei terremoti giusta la norma SIA 261 sono vincolate, in base all'uso internazionale, a una probabilità di emanazione del 10% entro 50 anni. Il corrispondente periodo di ritorno di 475 anni è utilizzato in diverse norme edilizie per il dimensionamento di opere dell'edilizia usuali (CO I secondo la norma SIA 261). Con la scelta della classe d'opera CO II per serbatoi per olio combustibile e CO III per serbatoi di benzina, questi valori vengono di fatto aumentati e ammontano per la CO II a ca 800 e per la CO III a ca 1200 anni.