

# **Rapporto quadro sulla sicurezza degli impianti con serbatoi verticali per carburanti e combustibili liquidi**

Sicurezza antisismica

**Versione riveduta**

Stato:      20 marzo 2018  
Versione:    6  
Status:      definitivo

---

## Indice

<b>1. Situazione iniziale e obiettivo della revisione .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Valutazione di impianti con serbatoi verticali in relazione a eventi sismici .....</b>	<b>4</b>
1. Introduzione .....	4
2. Comportamento di serbatoi verticali esposti all'effetto di eventi sismici .....	4
3. Norma attuale di dimensionamento (SIA 261) .....	4
4. Comparazione dei metodi di valutazione .....	5
5. Valutazione dei serbatoi verticali esistenti .....	5
6. Valutazione di nuovi serbatoi verticali.....	7
7. Bacini di contenimento .....	7
8. Procedimento per serbatoi che non adempiono i criteri .....	8
9. Osservazione conclusiva.....	8

Allegato 1: attuazione della sicurezza antisismica (allegato 5 capitolo 7 riveduti)

## 1. Situazione iniziale e obiettivo della revisione

Nel rapporto quadro sulla sicurezza degli impianti con serbatoi verticali per carburanti e combustibili liquidi (versione riveduta 2005) [1] viene trattata nell'allegato 4 la sicurezza antisismica di impianti di deposito. Nel capitolo 7 dell'allegato 5 la sicurezza antisismica dei singoli serbatoi è verificata mediante l'ausilio di diagrammi di flusso. Nei calcoli concernenti questi diagrammi è stata determinante in 6 su 7 casi la rotazione plastica della piastra di base, limitata tuttora dall'Eurocodice 8 [2] a 0.2 radianti (rad), risp. al 5% di tensione dell'acciaio.

Un gruppo di lavoro<sup>1</sup> ha esaminato questa problematica fin dal 2007 con l'obiettivo di elaborare soluzioni che permettano di gestire gli impianti con serbatoi verticali per quanto possibile in condizioni di sicurezza antisismica. La Commissione d'esperti prevenzione degli incidenti rilevanti è stata informata regolarmente in merito ai lavori del Gruppo di lavoro.

I lavori di ricerca finanziati da CARBURA e dall'UFAM [3] condotti al PF di Losanna hanno evidenziato che per la sismicità svizzera con magnitudini relativamente moderate possono essere ammessi angoli di sollevamento per rotazioni plastiche di fino a 0.4 rad senza rischio di perdite. Ciò ha permesso di rivedere i diagrammi di flusso elaborati a suo tempo.

Il presente promemoria si basa sugli allegati 4 e 5 (capitolo 7) del rapporto quadro [1]. I diagrammi riveduti sono stati integrati e, laddove necessario, sono stati aggiornati anche i dati in modo da permettere il trattamento della sicurezza antisismica per impianti con serbatoi verticali in base ai nuovi diagrammi di flusso. È quindi possibile rielaborare i provvedimenti pendenti per impianti con serbatoi verticali.

---

<sup>1</sup> Membri del gruppo di lavoro:

Blaise Duvernay (UFAM), Martin Rahn (CARBURA), Peter Buck (Tamoil), Christophe Dirren (VS) in sostituzione di Manfred Hutter (VS), Stephan Husen (BS) in sostituzione di Urs Vögeli (BS) e Marzio Giamboni (BS), Bruno Künzi, Joerg Rickenbacher (BL), Sven Heunert (UFAM), Martin Koller (Résonance SA), Alain Nussbaumer (EPFL-ICOM), Gary Prinz in sostituzione di Gustavo Cortés (EPFL-ICOM)

## 2. 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 dimensioni e dettagli costruttivi, si tratta pur sempre di 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 verificare gli attuali criteri, è stato commissionato uno studio al fine di esaminare il valore limite di 0.2 rad per la rotazione plastica stabilito dall'Eurocodice 8 [2]. Il corrispondente progetto di ricerca è stato affidato al Laboratoire de la Construction Métallique (ICOM) del PF di Losanna. Lo studio è giunto alla conclusione che il valore limite per l'angolo di sollevamento può essere raddoppiato a 0.4 rad [3]. In alcuni casi è ora risultato determinante l'imbozzamento elastico prima del raggiungimento dell'angolo di sollevamento ammissibile per la rotazione plastica. Di conseguenza, gli esistenti diagrammi di flusso sono stati adattati da Résonance Ingenieurs-Conseil SA [4].

### 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.

### 3. Norma attuale di dimensionamento (SIA 261)

La norma SIA 261 "Azioni sulle strutture portanti" (2014) [5] 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).

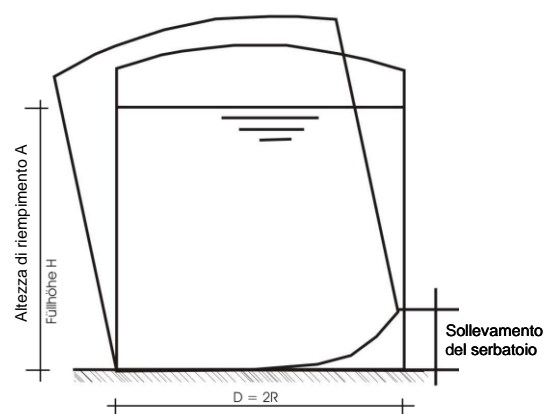


Figura 1: sollevamento del serbatoio non ancorato

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 (fig. 2). A ogni zona è associato per un terremoto di dimensionamento un valore quantificato dell'accelerazione orizzontale del terreno. Le accelerazioni minori risultano nella zona Z1, le maggiori nella zona Z3b.

L'influsso delle condizioni del terreno di fondazione va considerata mediante l'attribuzione dell'ubicazione dell'impianto con serbatoi a una delle classi di terreno A - F secondo la tabella 24 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. 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 [6] e SIA 261 [5]. 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

superamento 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 750 anni per la CO II e circa 1'000 anni per la CO III.

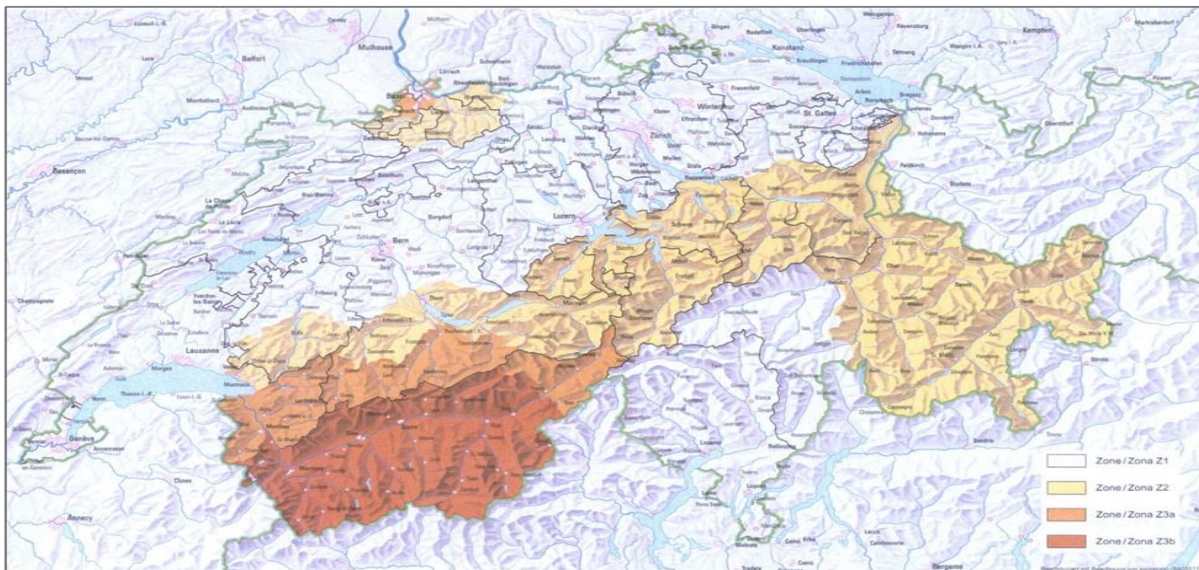


Figura 2: cartina delle zone sismiche [5]

#### 4. Comparazione dei metodi di valutazione

Nello studio menzionato [4] sono stati ricalcolati in base alle più recenti conoscenze e ai nuovi valori limite 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 previgenti. In particolare sono stati applicati i seguenti metodi:

- l'appendice A (informativa) all'Eurocodice (EC) 8, parte 4, stato 2006 [2]. Questo codice è considerato "stato della tecnica"
- il calcolo nonlineare secondo Malhotra (2000) [7]. Questo metodo è considerato alla redazione del presente rapporto "stato della scienza".

Un serbatoio verticale 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 dei 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: "inusuale" sarebbe per esempio un serbatoio con un'altezza del mantello considerevolmente superiore a 26 m o un serbatoio molto snello con un rapporto  $A/R > 4$ .

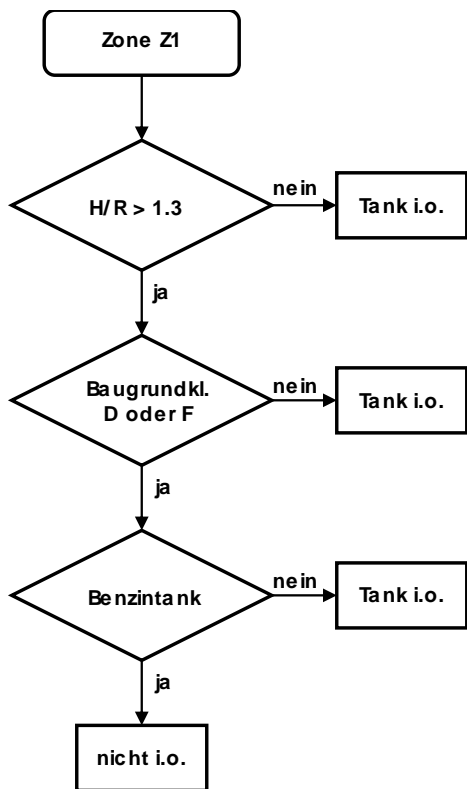


Figura 3: diagramma di flusso per la zona Z1

Per i serbatoi con dimensioni inusuali si deve ritenere, in assenza di prova speciale (cfr. 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 [2].

I diagrammi di flusso sono stati sviluppati per singoli serbatoi al fine di mantenerli semplici e di facile impiego. Di conseguenza, vanno applicati a tutti i serbatoi di un impianto. "Serbatoio i.o." significa che il corrispondente serbatoio può essere considerato senza ulteriore calcolo, per quanto concerne i danni d’incidente rilevante in caso di sisma giusta la norma SIA 261 (2014) [5], a prova sismica. Il risultato "non i.o." significa che il serbatoio pieno non può essere considerato senz’altro non problematico. In tal caso si procede in base al par. 8.

I serbatoi tozzi con  $A/R < 1.3$  possono essere ritenuti in tutte le zone sismiche, indipendentemente dalla classe di terreno di fondazione e dal contenuto, sufficientemente resistenti ai sismi.

La maggior parte dei serbatoi usuali in Svizzera resisterebbe a un terremoto di dimensionamento della zona Z1. Fanno eccezione i serbatoi di benzina con  $A/R > 1.3$  su terreni di fondazione di classe D e F (fig. 3).

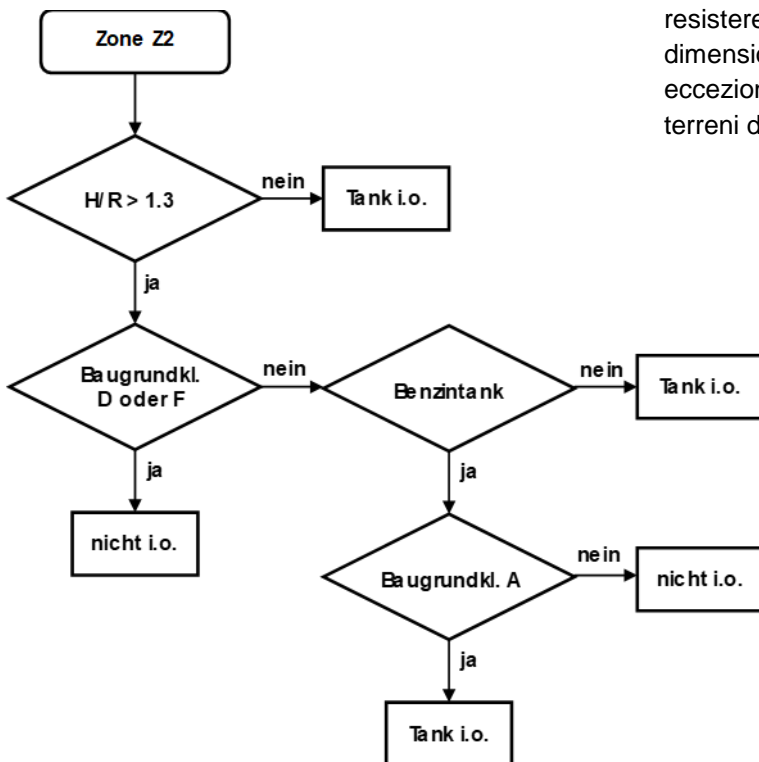


Figura 4: diagramma di flusso per la zona Z2

Nella zona sismica Z2 i serbatoi snelli ( $A/R > 1.3$ ), ubicati su un terreno di fondazione di classe D o F non possono essere definiti a priori parasismici. Lo stesso vale anche per tutti i serbatoi contenenti benzina, salvo in caso d'ubicazione su un terreno di fondazione di classe A (fig. 4).

Nelle zone sismiche Z3a e Z3b i serbatoi tozzi ( $A/R < 1.3$ ) di costruzione usuale sono sufficientemente resistenti ai sismi. Per contro, nei serbatoi snelli ( $A/R > 1.3$ ) occorre partire dal presupposto che non possono essere definiti a priori sufficientemente resistenti ai sismi salvo se si tratta di un serbatoio non contenente benzina su un terreno di fondazione della classe A (fig. 5).

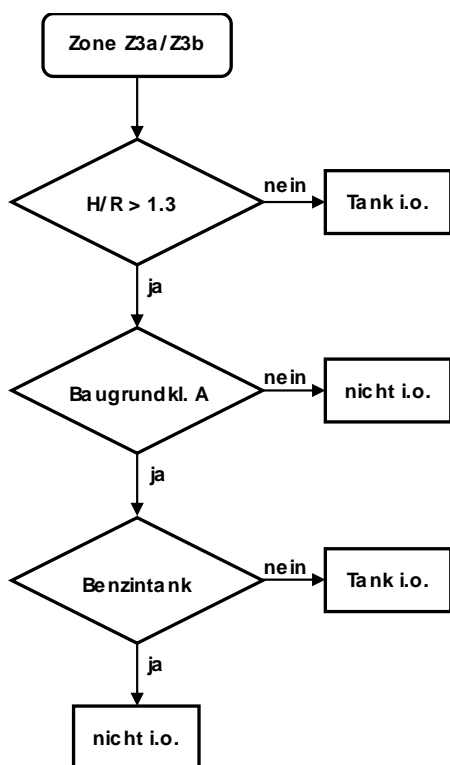


Figura 5: diagramma di flusso per le zone Z3a/Z3b

## 6. Valutazione di nuovi serbatoi verticali

In caso di nuova costruzione o sostanziale trasformazione nonché in presenza di dimensioni inusuali di un serbatoio verticale va

prodotta in ogni caso una prova dettagliata della sicurezza antisismica.

La prova va fornita con l'ausilio di calcoli secondo Eurocodice 8 [2], Malhotra [7] o un altro metodo riconosciuto corrispondente allo stato attuale della scienza. Va comunque osservato il nuovo valore limite di 0.4 rad per la rotazione plastica.

## 7. Bacino di contenimento

In Svizzera, i serbatoi per oli minerali sono generalmente collocati in un bacino di contenimento. A norma delle direttive CARBURA [8] il bacino di contenimento deve ritenere il volume utile del maggiore contenitore di deposito nel bacino di contenimento. Inoltre occorre computare riserve per le quantità di acqua di spegnimento ai sensi del concetto di protezione antincendio.

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 costruttivi, nei muri perimetrali lo strato di armatura esterno è generalmente solo insignificativamente più debole dell'armatura all'interno. 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 esistenti costruzioni giuntate devono essere in grado di assorbire i reciproci spostamenti di elementi di muratura adiacenti senza spaccarsi.

In Svizzera si può partire generalmente dal presupposto che i bacini di contenimento nella zona sismica Z1 rimangano intatti in caso di un terremoto di dimensionamento giusta la norma SIA 261.

Per bacini di contenimento nella zona Z2 sono invece possibili liquefazioni del suolo. Nei terreni di fondazione di classe A e B questo rischio può essere escluso. Per altre classi di terreni di fondazione (per esempio sabbie o limi saturi d'acqua sciolti) va prodotta una prova semplificata per quei bacini di raccolta in cui non tutti i despositi sono "in ordine".

Nelle zone Z3a e Z3b va prodotta una corrispondente prova indipendentemente dalla classe di terreno di fondazione.

### **8. Procedimento per serbatoi che non adempiono i criteri**

Il risultato "non i.o." nei diagrammi di flusso significa che il serbatoio pieno non può essere definito a priori non problematico. Occorre pertanto una prova singola per il serbatoio mediante calcoli secondo EC 8 [2], Malhotra [7] 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. Va comunque osservato il nuovo valore limite di 0.4 rad per la rotazione plastica.

"Serbatoio i.o." 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 (2014) [5] – a prova sismica.

Se la prova secondo EC8 o Malhotra non comprova la sicurezza antisismica e il volume di ritenzione è insufficiente occorre adottare misure per il serbatoio. Possibili misure sono l'ampliamento del volume di ritenzione mediante scolmatori e la riduzione dell'altezza di riempimento del serbatoio. Un'altra possibile misura è il rafforzamento del serbatoio.

### **9. Osservazione conclusiva**

Con l'innalzamento del valore limite si eleva anche il numero di serbatoi verticali classificati parasismici. La rielaborazione dei diagrammi di flusso facilita inoltre l'analisi con uno strumento aggiornato per la classificazione dei serbatoi.

#### Riferimenti bibliografici:

- [1] Rapporto quadro sulla sicurezza degli impianti con serbatoi verticali per carburanti e combustibili liquidi, Ufficio centrale svizzero per l'importazione di carburanti e combustibili liquidi in cooperazione con l'Ufficio federale dell'ambiente, delle foreste e del paesaggio, edizione riveduta 2005
- [2] EUROCODICE 8, parte 4: Silos, serbatoi e tubazioni, UNI ENV 1998-4, Appendice A. Comitato Europeo di Normalizzazione, Bruxelles, 2006.
- [3] EPFL, Prinz G.S. und A. Nussbaumer; Seismic Performance of Unanchored Liquid Storage Tank Shell-to-base Connections - Phase 2, Rapporto EPFL N°174640, Losanna, 2012
- [4] Résonance Ingénieurs Conseils SA, Erdbebensicherheit bestehender unverankerter Stehtanks bezüglich störfallrelevanter Schäden, 2015
- [5] SOCIETÀ SVIZZERA DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI; Norma SIA 261, Azioni sulle strutture portanti, edizione 2014
- [6] SOCIETÀ SVIZZERA DEGLI INGEGNERI E DEGLI ARCHITETTI; Norma SIA 260, Basi per la progettazione di strutture portanti, edizione 2003
- [7] MALHOTRA P. Practical Nonlinear Seismic Analysis of Tanks, Earthquake, Spectra, Vol. 16, 473 - 492, 2000
- [8] CARBURA, Richtlinien für Tankanlagen, 1974 (con le aggiunte 1992 e 2009)



## Allegato 1

### 7. Sicurezza antisismica

Le grandezze d'influenza determinanti per la valutazione della sicurezza antisismica sono la posizione geografica (zone di rischio sismico), le condizioni geologiche dell'ubicazione dell'impianto (natura del terreno di fondazione) e la geometria (rapporto tra altezza e raggio A/R). Indipendentemente da ciò, devono adempiere i requisiti anche le condotte dei prodotti da e verso i contenitori.

#### *Zone sismiche*

In base alla norma SIA 261, Azioni sulle strutture portanti, edizione 2014, la Svizzera è suddivisa nelle quattro zone sismiche Z1, Z2, Z3a e Z3b. Le zone sono state determinate in base alla sismicità storica e attuale e adattate ai confini politici.

#### *Natura del terreno di fondazione*

L'influenza della natura del terreno di fondazione è da considerare mediante l'attribuzione dell'ubicazione dell'impianto con serbatoi a una classe di terreno di fondazione da A a F secondo la tabella 24 della norma SIA 261.

#### *Geometria*

Il parametro determinante è il rapporto tra l'altezza del mantello A e il raggio R del contenitore.

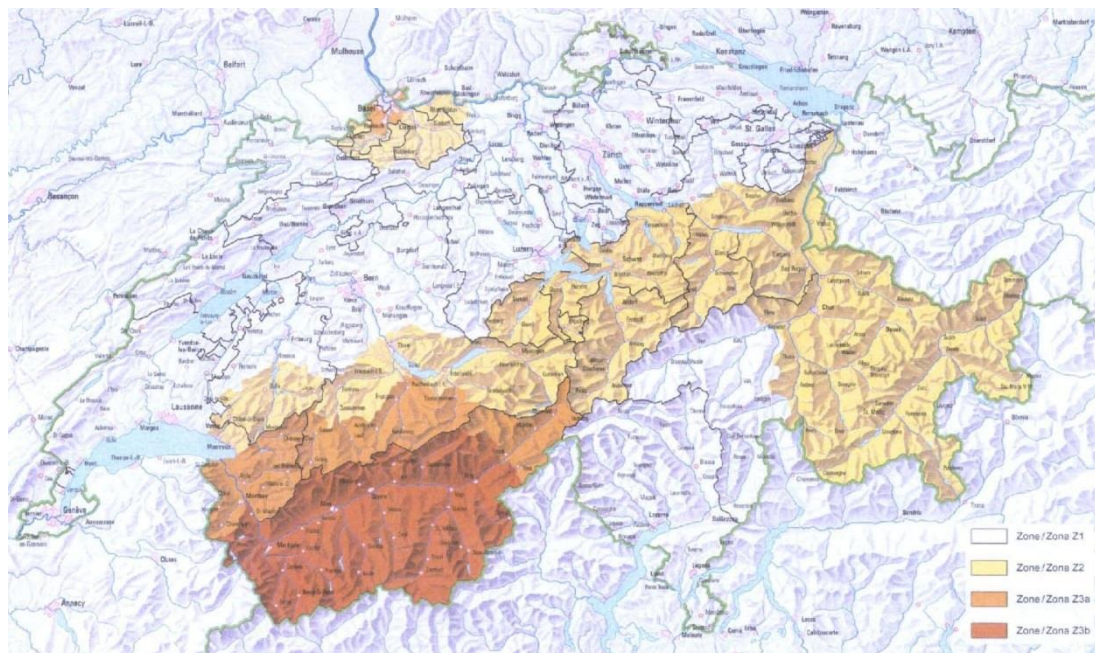
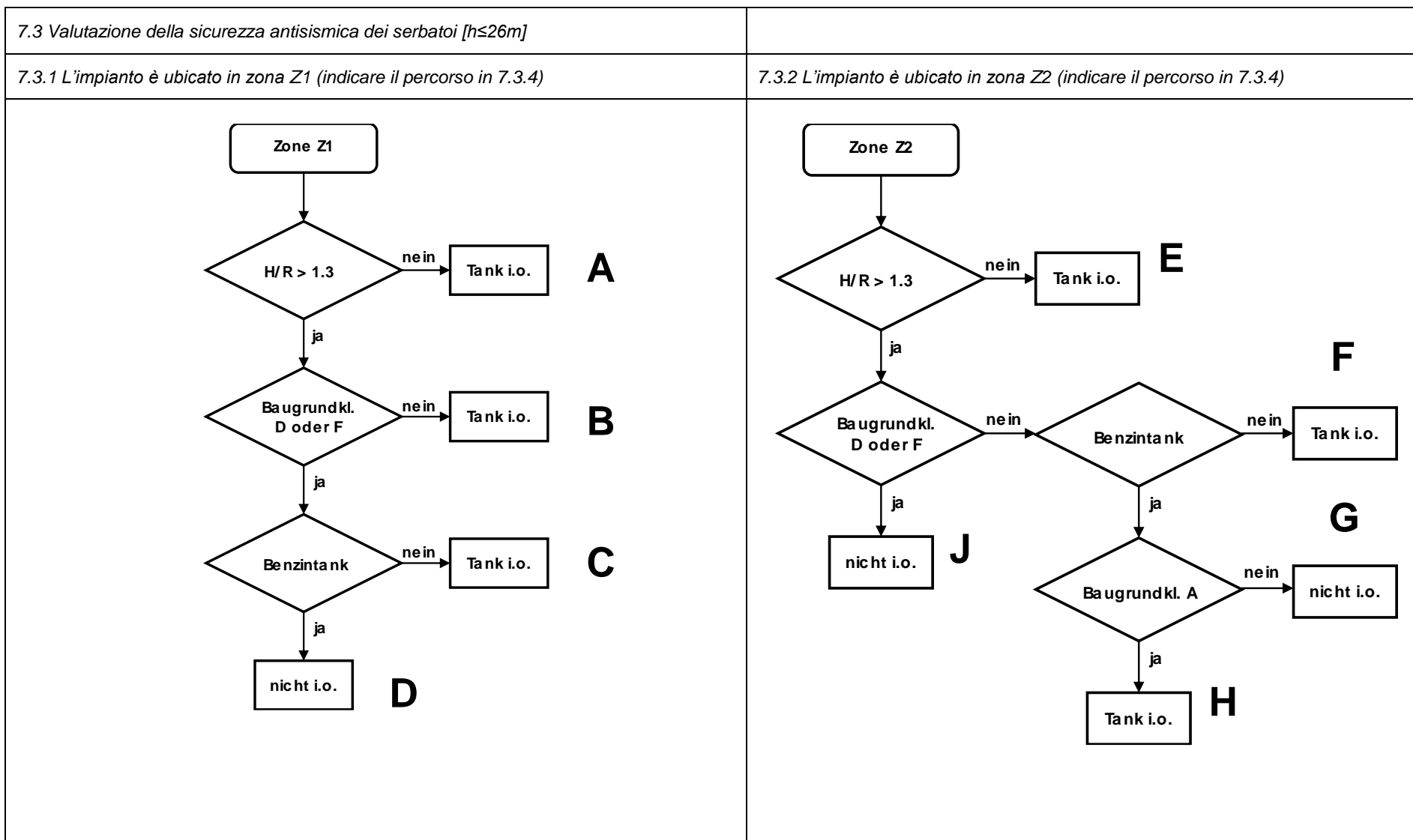


Figura 1: carta delle zone di rischio sismico secondo la norma SIA 261 [4]

7.1 Dimensionamento dei serbatoi verticali																																																																																																	
<p>Informazioni sui singoli serbatoi: altezza A, raggio R, rapporto A/R, volume e la designazione relativa al bacino di contenimento.</p>	I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato.																																																																																																
	<p>Allegato separato? <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no</p>																																																																																																
<p>Nei serbatoi con dimensioni inusuali (<math>A &gt; 26</math> m o <math>A/R &gt; 4</math>) nella tabella 7.3.4 va crociato "non i.o." e fornita la prova della sicurezza antisismica se il volume del bacino di contenimento non è sufficiente per la ritenzione del volume del serbatoio.</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Serbatoio n.</th> <th>Altezza A [m]</th> <th>Raggio R [m]</th> <th>Rapporto A/R</th> <th>Volume [m<sup>3</sup>]</th> <th>Bacino di contenimento n.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Serbatoio n.	Altezza A [m]	Raggio R [m]	Rapporto A/R	Volume [m <sup>3</sup> ]	Bacino di contenimento n.																																																																																										
	Serbatoio n.	Altezza A [m]	Raggio R [m]	Rapporto A/R	Volume [m <sup>3</sup> ]	Bacino di contenimento n.																																																																																											

<p>7.2 Classe di terreno di fondazione</p>	<p>Su quale classe di terreno di fondazione è edificato l'impianto?</p>																					
<p>Classificazione e carta secondo la norma SIA 261, Azione sulle strutture portanti, edizione 2014, paragrafo 16.2.2, tabella 24 e appendice F</p> <p>Per la classe di terreno F e per le ubicazioni in cui la cui natura del terreno di fondazione non può essere classificata, sono necessarie analisi particolari per la determinazione dell'azione sismica.</p> <p>Per i principali agglomerati della Svizzera l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM) elabora carte in scala 1:25'000 che rappresentano l'estensione delle diverse classi di terreno secondo SIA 261. 2</p> <p>Anche il geoportale della Confederazione mette a disposizione dati:  <a href="http://map.bafu.admin.ch">http://map.bafu.admin.ch</a> -&gt; Pericoli naturali -&gt; Terremoti</p> <p>- Classi sismiche dei terreni di fondazione</p> <p>- Zone sismiche</p> <p>In quale zona di rischio sismico si trova l'impianto?</p> <table border="1" data-bbox="181 1002 1025 1230"> <tr> <td>Zona Z1</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>se corrisponde, avanti a 7.3.1</td> </tr> <tr> <td>Zona Z2</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Se corrisponde, avanti a 7.3.2</td> </tr> <tr> <td>Zona Z3a / Z3b</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td>Se corrisponde, avanti a 7.3.3</td> </tr> </table>	Zona Z1	<input type="checkbox"/>	se corrisponde, avanti a 7.3.1	Zona Z2	<input type="checkbox"/>	Se corrisponde, avanti a 7.3.2	Zona Z3a / Z3b	<input type="checkbox"/>	Se corrisponde, avanti a 7.3.3	<p>Sono disponibili informazioni accertate?</p> <p>Fonte: _____</p>	<p><input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no</p>											
	Zona Z1	<input type="checkbox"/>	se corrisponde, avanti a 7.3.1																			
	Zona Z2	<input type="checkbox"/>	Se corrisponde, avanti a 7.3.2																			
Zona Z3a / Z3b	<input type="checkbox"/>	Se corrisponde, avanti a 7.3.3																				
<table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="1032 376 1144 443">Classe di terreno</th> <th data-bbox="1151 376 1805 443">Descrizione</th> <th data-bbox="1812 376 2049 443"></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1032 448 1144 552"><b>A</b></td> <td data-bbox="1151 448 1805 552">Roccia o altre formazioni geologiche tipo roccia, che includono strati superficiali di materiale più debole di spessore massimo di 5 m</td> <td data-bbox="1812 448 2049 552"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1032 557 1144 735"><b>B</b></td> <td data-bbox="1151 557 1805 735">Depositi di sabbia molto densa, ghiaia, o argilla molto consistente con spessore di almeno parecchie decine di metri, caratterizzati da un graduale aumento delle proprietà meccaniche con la profondità</td> <td data-bbox="1812 557 2049 735"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1032 740 1144 887"><b>C</b></td> <td data-bbox="1151 740 1805 887">Depositi profondi di sabbia densa o mediamente addensata, ghiaia o argilla consistente con spessore variabile da parecchie decine di metri a molte centinaia di metri</td> <td data-bbox="1812 740 2049 887"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1032 892 1144 1038"><b>D</b></td> <td data-bbox="1151 892 1805 1038">Depositi di terreni sciolti o poco addensati (con o senza alcuni strati coesivi di bassa consistenza), o di terreni per la maggior parte coesivi da poco a mediamente consistenti</td> <td data-bbox="1812 892 2049 1038"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1032 1043 1144 1190"><b>E</b></td> <td data-bbox="1151 1043 1805 1190">Un profilo di terreno costituito da strati superficiali alluvionali con valori di <math>v_s</math> simili a quelli dei tipi C o D e spessore che varia tra circa 5 m e 20 m, giacente su un substrato di materiale più rigido con <math>v_s &gt; 800</math> m/s</td> <td data-bbox="1812 1043 2049 1190"><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1032 1195 1144 1340"><b>F</b></td> <td data-bbox="1151 1195 1805 1340">Depositi strutturalmente sensibili, organici o di consistenza molto bassa (per es. torba, creta lacustre, masse frananti) di spessore superiore a 10 m</td> <td data-bbox="1812 1195 2049 1340"><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	Classe di terreno	Descrizione		<b>A</b>	Roccia o altre formazioni geologiche tipo roccia, che includono strati superficiali di materiale più debole di spessore massimo di 5 m	<input type="checkbox"/>	<b>B</b>	Depositi di sabbia molto densa, ghiaia, o argilla molto consistente con spessore di almeno parecchie decine di metri, caratterizzati da un graduale aumento delle proprietà meccaniche con la profondità	<input type="checkbox"/>	<b>C</b>	Depositi profondi di sabbia densa o mediamente addensata, ghiaia o argilla consistente con spessore variabile da parecchie decine di metri a molte centinaia di metri	<input type="checkbox"/>	<b>D</b>	Depositi di terreni sciolti o poco addensati (con o senza alcuni strati coesivi di bassa consistenza), o di terreni per la maggior parte coesivi da poco a mediamente consistenti	<input type="checkbox"/>	<b>E</b>	Un profilo di terreno costituito da strati superficiali alluvionali con valori di $v_s$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore che varia tra circa 5 m e 20 m, giacente su un substrato di materiale più rigido con $v_s > 800$ m/s	<input type="checkbox"/>	<b>F</b>	Depositi strutturalmente sensibili, organici o di consistenza molto bassa (per es. torba, creta lacustre, masse frananti) di spessore superiore a 10 m	<input type="checkbox"/>	
Classe di terreno	Descrizione																					
<b>A</b>	Roccia o altre formazioni geologiche tipo roccia, che includono strati superficiali di materiale più debole di spessore massimo di 5 m	<input type="checkbox"/>																				
<b>B</b>	Depositi di sabbia molto densa, ghiaia, o argilla molto consistente con spessore di almeno parecchie decine di metri, caratterizzati da un graduale aumento delle proprietà meccaniche con la profondità	<input type="checkbox"/>																				
<b>C</b>	Depositi profondi di sabbia densa o mediamente addensata, ghiaia o argilla consistente con spessore variabile da parecchie decine di metri a molte centinaia di metri	<input type="checkbox"/>																				
<b>D</b>	Depositi di terreni sciolti o poco addensati (con o senza alcuni strati coesivi di bassa consistenza), o di terreni per la maggior parte coesivi da poco a mediamente consistenti	<input type="checkbox"/>																				
<b>E</b>	Un profilo di terreno costituito da strati superficiali alluvionali con valori di $v_s$ simili a quelli dei tipi C o D e spessore che varia tra circa 5 m e 20 m, giacente su un substrato di materiale più rigido con $v_s > 800$ m/s	<input type="checkbox"/>																				
<b>F</b>	Depositi strutturalmente sensibili, organici o di consistenza molto bassa (per es. torba, creta lacustre, masse frananti) di spessore superiore a 10 m	<input type="checkbox"/>																				





<b>7.4 Confronto volume fuoriuscita / ritenzione</b>																																
<p>La capienza del singolo bacino di contenimento è sufficiente per la ritenzione del volume dei serbatoi ivi collocati e classificati come “non i.o.”?</p> <p>Calcolo della capienza del bacino di contenimento:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. calcolare la superficie lorda del bacino di contenimento</li> <li>2. dedurre la superficie di base dei serbatoi non inadempienti -&gt; superficie netta</li> <li>3. moltiplicando la superficie netta per l'altezza del muro del bacino meno 0.18 m (per la quantità d'acqua di spegnimento) si ottiene la capienza.</li> <li>4. i volumi dei serbatoi che risultano “non i.o.” vanno cumulati.</li> <li>5. se la quantità addizionata è superiore alla capienza totale occorre crociare no.</li> </ol>	I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato.																															
	Allegato separato? <span style="float: right;"><input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no</span>																															
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">← Bacino di contenimento</div> <div style="text-align: center;">← Serbatoio →</div> </div>																															
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th style="width: 10%;">Bacino</th> <th style="width: 15%;">Capienza F [m<sup>3</sup>]</th> <th style="width: 15%;">Non i.o. Serbatoio n.</th> <th style="width: 15%;">Volume I<sub>i</sub> [m<sup>3</sup>]</th> <th style="width: 15%;">Volume cumulato Σ I<sub>i</sub></th> <th style="width: 10%;">F &gt; Σ I<sub>i</sub></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td>Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____</td> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____</td> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____</td> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td>Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____</td> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no</td> </tr> </tbody> </table>	Bacino	Capienza F [m <sup>3</sup> ]	Non i.o. Serbatoio n.	Volume I <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> ]	Volume cumulato Σ I <sub>i</sub>	F > Σ I <sub>i</sub>			Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____			<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no			Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____			<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no			Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____			<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no			Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____			<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no	
	Bacino	Capienza F [m <sup>3</sup> ]	Non i.o. Serbatoio n.	Volume I <sub>i</sub> [m <sup>3</sup> ]	Volume cumulato Σ I <sub>i</sub>	F > Σ I <sub>i</sub>																										
		Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____			<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no																											
		Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____			<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no																											
		Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____			<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no																											
		Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____ Serbatoio: ___ I: _____			<input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no																											
Il risultato va riportato nella sezione 7.6.																																

7.5 Valutazione bacino di contenimento																							
<p>La resistenza dei bacini di contenimento va comprovata nei casi seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- zona sismica Z2 (salvo classi di terreno di fondazione A e B) per quei bacini di raccolta in cui non tutti i depositi sono "in ordine".</li> <li>- zone sismiche Z3a/Z3b</li> <li>- nel caso di serbatoi nel bacino di contenimento che risultano "non i.o." (dalla sezione 7.4).</li> </ul>	I dati vanno inseriti nella presente tabella o compilati in un allegato separato.																						
	Allegato separato? <input type="checkbox"/> sì <input type="checkbox"/> no																						
	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Bacino di contenimento</th> <th rowspan="2">Prova in allegato n.</th> <th colspan="2">Il bacino resiste al sisma secondo la prova?</th> </tr> <tr> <th>sì</th> <th>no</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table>	Bacino di contenimento	Prova in allegato n.	Il bacino resiste al sisma secondo la prova?		sì	no			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
	Bacino di contenimento			Prova in allegato n.	Il bacino resiste al sisma secondo la prova?																		
		sì	no																				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>																				
Osservazioni:																							
Il risultato va riportato nella sezione 7.6.																							

