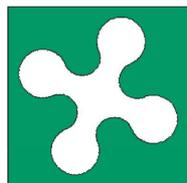




PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



**CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME**

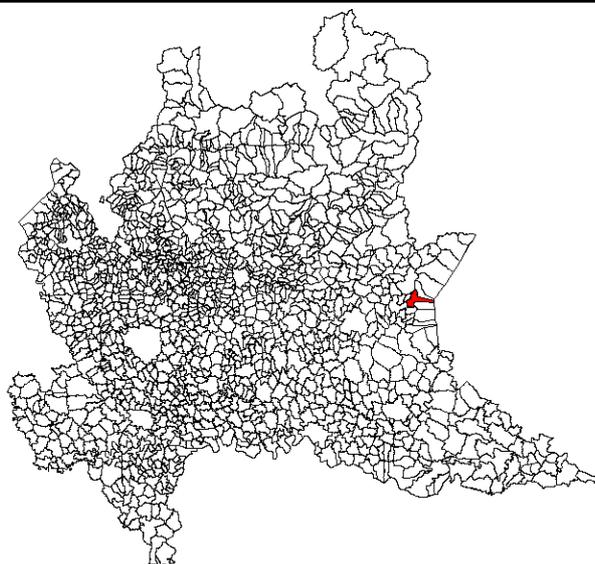
Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Lombardia

Comune di Salò



<p>Comune di Salò</p> 	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>ROSANNA LENTINI</p> <p>STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE</p> <p>Dott. Geol. Rosanna Lentini Dott. Geol. Damiano Scalvini Via Verdi 9 – 25080 Padenghe s/G (BS) Tel./Fax. 030.9914222 E-mail: info@lentinirosannageologia.it</p>	<p>Data</p> <p>Novembre 2014</p> <p>Revisione</p> <p>Ottobre 2015</p>
---	--	---

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

INDICE

1.	INTRODUZIONE – Riferimenti Normativi Specifici	2
1.1	Riferimenti Normativi Generali Relativi Alla Sismicità Nell’ambito Della Pianificazione Territoriale Lombarda.....	3
1.2	Metodologia Di Lavoro	6
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA’ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	11
2.1	Inquadramento Strutturale	11
2.2	Inquadramento Sismotettonico.....	14
2.3	Sismicità Storica.....	21
2.4	Faglie Sismogenetiche- Faglie Capaci	31
2.4	Normative Sismiche – Valori Di A_g	36
2.5	Risposta Sismica Del Sito Ai Sensi Del D.M. 14/01/08.....	39
2.5.1	Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica.....	40
2.5.2	Pericolosità sismica del sito – Parametri sismici di riferimento ai sensi del D.M. 14/01/08.....	42
2.5.3	Amplificazione Stratigrafica (Ss) e Topografica (St)	43
3.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	45
3.1	Inquadramento Geologico	45
3.2	Elementi Geologici-Stratigrafici	49
3.2	Inquadramento Geomorfológico Ed Elementi Di Dinamica Geomorfológica.....	59
3.3	Caratteristiche Idrogeologiche	70
4.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI – CARTA DELLE INDAGINI.....	74
5.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO – CARTA GEOLOGICO/TECNICA.....	76
6.	ANALISI DI LIVELLO 1 AI SENSI DELLA D.G.R. 9/2616/2011	97
6.1	Effetti Di Instabilità.....	97
6.2	Effetti Di Cedimenti E/O Liquefazione.....	99
6.3	Effetti Di Amplificazione Sismica Locale O Di Sito.....	100
7.	“CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) AI SENSI DEGLI ICMS”	102
7.1	Zone Stabili	103
7.2	Zone Stabili Suscettibili Di Amplificazione Locale	104
7.3	Zone Suscettibili Di Instabilità’	106
7.4	Forme Di Superficie	107
8.	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO 2	107
8.1	Effetti morfologici - Stima del valori dei Fattori di Amplificazione (Ft) di sito.....	108
8.2	Effetti litologici - Stima del Fattore di Amplificazione (Fa) di sito.....	110
8.3	Carta di Microzonazione sismica - Livello 2.....	117
9.	CONCLUSIONI	119



1. INTRODUZIONE – Riferimenti Normativi Specifici

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Salò (BS) (**Del. Giunta Comunale n° 120/2014 del 25/09/2014**) la scrivente *Dott. Geol. Rosanna Lentini* con la collaborazione del *Dott. Geol. Damiano Scalvini* hanno eseguito uno *Studio di Microzonazione Sismica* secondo i “*Criteri regionali per la realizzazione di studi di Microzonazione Sismica di cui all’Ordinanza P.C.M. n° 4007/2012 e s.m.i. e all’Ordinanza C.D.P.C 52/2013 e Decreto C. Di Protezione Civile 15 Aprile 2013*” (All.1 alla nota Z1.2012.0020672 del 08/08/2012 ed alla nota Z1.2013.0017362 del 07/11/2013).

Essendo lo studio eseguito in adempimento all’Ordinanza P.C.M. n° 4007 del 29/02/2012 esso prevede, ai sensi dell’Art. 5 della stessa Ordinanza, la sperimentazione della procedura prevista dagli “*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica -ICMS*” (Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e DVD, Gruppo di Lavoro MS, 2008).

Gli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica- ICMS”, ai sensi dei commi 6-7 dell’Art. 5 dell’OPCM 4007/2012, vengono integrati dagli “*Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica – Microzonazione Sismica*”, già previsti dall’Art. 5 comma 7 dell’Ord. P.C.M. 3907 del 13 Novembre 2010, predisposti ed aggiornati dalla *Commissione Tecnica per la microzonazione sismica*, di cui all’Art. 5 commi 7 e 8 dell’Ord. P.C.M. 3907/2010, istituita dal D.P.C.M. del 21/04/2011.

Il documento tecnico di riferimento (ICMS) ripercorre in gran parte le metodologie e gli standard operativi previsti nei criteri ed indirizzi proposti per l’esecuzione della Componente Geologica nella Pianificazione, in vigore in Regione Lombardia già dal 2005 (All.5 alla D.G.R. 8/1566/05 come modificata, in ultimo dalla D.G.R. 8/7374/08 e dalla D.G.R. 9/2616/11, vedi più diffusamente successivo ¶1.1 “*Riferimenti normativi generali relativi alla sismicità nell’ambito della pianificazione territoriale lombarda*”).

Le specifiche definite da Regione Lombardia con l’ “*All.1 alla nota Z1.2012.0020672 del 08/08/2012 ed alla nota Z1.2013.0017362 del 07/11/2013*”, poste alla base per l’affidamento del presente incarico, si prefiggono di “raccordare” la normativa nazionale a quella “regionale”; viene inoltre richiesto di eseguire lo studio di Microzonazione Sismica in applicazione della *Versione 3.0* degli “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica*” aggiornati in data (Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - *Ottobre 2013*).

Interpretando in maniera “integrata” tutte le normative sopracitate, talora parzialmente contraddittorie, si è pervenuti a definire una procedura operativa che preveda l’applicazione del **Livello 1 dei Criteri Regionali Lombardi** e del **Livello 1 previsto dagli ICMS** nonché, in maniera “mista”, del **Livello 2 previsto sia dagli ICMS che dai Criteri Regionali Lombardi.**



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Come verrà più diffusamente esemplificato al successivo ¶1.2, “*Metodologia di Lavoro*”, per tutto quanto concerne l’applicazione del 1° e 2° livello dei Criteri Regionali, ma anche per la redazione delle cartografie tematiche richieste per gli ICMS si è proceduto ad una **sostanziale revisione/integrazione** dell’*Aggiornamento della “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio” del territorio comunale di Salò, secondo i criteri ed indirizzi dell’art.57 della L.R. 11 Marzo 2005 n°12*” (Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti – Rev. 1 Giugno 2008) e degli specifici allegati.

Come risultato finale dell’applicazione del 1° e 2° Livello degli ICMS si è pervenuti alla realizzazione della “**Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) - Livello 1**” e della “**Carta delle Microzonazione Sismica - Livello 2**” .

In parallelo è stato svolto uno studio relativo all’**Analisi della Condizione Limite per l’Emergenza (CLE)** a cura del Dott. Ing. Gian Pietro Avanzi e che viene presentato nello stesso periodo del presente lavoro di Microzonazione Sismica.

1.1 RIFERIMENTI NORMATIVI GENERALI RELATIVI ALLA SISMICITA’ NELL’AMBITO DELLA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE LOMBARDA

L’**Ordinanza n° 3274 del 20/03/03** “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica”, ha di fatto modificato la classificazione sismica del territorio nazionale.

L’Ordinanza richiede alle Regioni di eseguire la valutazione di a_g sul proprio territorio e quindi di assegnare ogni area ad una delle zone della nuova classificazione.

La Regione Lombardia con **D.G.R. 7/14964 del 7/11/03** ha fornito alcune disposizioni preliminari per l’attuazione dell’Ord. 3274/2003, confermandone la classificazione dei territori comunali lombardi e prescrivendo l’adeguamento alle norme tecniche allegate.

In particolare il Comune di Salò, precedentemente classificato nella categoria sismica II, è stato incluso in zona sismica 2 come individuato dall’Allegato A della stessa Ordinanza e dall’Allegato A della D.G.R. n° 7/14964 del 7/11/03.

Già l’**Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 27/04/06** fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di Salò in zona sismica 2 ed in particolare nella sottozona caratterizzata da valori di a_g **compresi tra 0.150 e 0.175** (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).

Il nuovo **Testo Unico per l’edilizia** definisce, con il **D.M. del 14/09/05** e con le successive **modifiche e revisione del D.M. 14/01/2008**, le “Norme Tecniche per le costruzioni”, alla cui entrata in vigore definitiva (a partire dal 01/07/2009) è divenuto vigente l’obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica 1, 2 e 3.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Nell’ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (**D.M. 14/01/2008**) sono state, di fatto, adottate le stime di pericolosità sismica del progetto S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione amministrativa.

La **Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n. 8/7374 del 28/05/2008 e nella D.G.R. n°9/2616 del 30/11/2011 e s.m.i. (punto 1.4.3) che “la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’OPCM 3274/03) individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria”** e specifica altresì che **“ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell’All. B al citato D.M.”**. I dati riportati nell’All.B del D.M. 14/01/2008 coincidono per lo più con quelli riportati nell’Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l’utilizzo di programmi applicativi, quali “Spettri-NTC ver.1.0.3” (vedi paragrafi successivi).

Tuttavia di recente la Regione Lombardia con **D.G.R. X/2129 del 11/07/14** ha approvato un **“Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)”** che recepisce definitivamente la classificazione dell’OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 10 ottobre 2014 - n. X/2489, entrerà in vigore il 14 ottobre 2015.

La sopracitata D.G.R. ha recepito la classificazione dell’Ord. P.C.M. 3519/2006 ed ha pertanto confermato il Comune di Salò (BS) in **zona sismica 2** con valore di **$a_{gmax}=0,16175$** anche a livello regionale e pertanto ai fini pianificatori. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

Tuttavia attualmente, ai fini della pianificazione territoriale, si dovrà ancora tenere conto della classificazione riportata nella O.P.C.M. 3274 del 2003. Per quanto concerne il territorio comunale di Salò si sottolinea che la nuova classificazione conferma la stessa zona sismica di appartenenza (zona sismica 2).

La pubblicazione della **L.R. 12/05** e delle più recenti direttive attuative (in ultimo **D.G.R. n. 9/2616 del 30/11/2011 e s.m.i.** - Aggiornamento dei “Criteri ed indirizzi per la componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., in attuazione dell’art. 57, comma 1 della L.R. 11 marzo 2005, n.12”) introduce, rispetto alla precedente **L.R. 41/97** ed alle relative direttive della **D.G.R. 7/6645 del 29/10/2001**, ma anche rispetto alle prime direttive della **D.G.R. 8/1566 del 22/12/2005** emanate già in attuazione dell’art. 57, comma 1 della L.R. 11 marzo 2005, n.12, importanti innovazioni in fatto di redazione degli studi geologici ed in particolare riguardo all’analisi della componente sismica ed alla cartografia di vincolo e di fattibilità.

La normativa regionale prevede peraltro in fase di pianificazione **per tutti i comuni**, qualsiasi sia la zona sismica definita dall’Ord. P.C.M. 3274/03, **l’obbligo di eseguire la valutazione del rischio sismico** correlato alle condizioni geologiche e geomorfologiche



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

mediante l'applicazione del **Livello 1 di Analisi di Pericolosità Sismica Locale** secondo la metodologia e le procedure indicate, in ultimo, nell'**All. 5 della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011**.

Le condizioni locali possono infatti influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un'area. La procedura prevede quindi la valutazione di diversi gruppi di effetti locali (instabilità; cedimenti e/o liquefazioni; effetti di sito o di amplificazione litologica). I risultati dell'analisi di 1° livello regionale e le relative aree di pericolosità sismica locale (PSL) devono essere riportate nella “**Carta di Pericolosità Sismica**” da allegare al Documento di Piano.

Nei comuni ricadenti in zona sismica 1-2-3, ai sensi dell'Ord. P.C.M. 3274/2003, tenuto conto dei risultati dell'analisi di 1° livello, deve essere eseguito il **Livello 2 di Analisi di Pericolosità Sismica Locale**, applicando i metodi previsti dall'**All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011** e quindi mediante la caratterizzazione semi-quantitativa degli effetti di amplificazione attesi nelle aree perimetrate nella Carta di Pericolosità Sismica Locale in zone di PSL suscettibili di amplificazione.

La procedura fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattore di Amplificazione di sito (Fa); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche e morfologiche; il valore di Fa si riferisce agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s e 0.5 e 1.5 s, in funzione del periodo proprio delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide ed a strutture alte e flessibili.

L'applicazione del 2° livello della normativa regionale, in generale, consente l'individuazione delle aree in cui la normativa nazionale (Pericolosità Sismica di Base) risulta insufficiente a salvaguardare dagli effetti di amplificazione sismica locale (Fa calcolato superiore a Fa di soglia comunale, elaborati dalla Regione Lombardia e riportati nella Banca dati “soglie_lomb.xls”).

La metodologia permette inoltre di individuare la “Categoria di Sottosuolo”, maggiormente cautelativa, da adottare in progetto, al fine di riportare il valore di Fa di sito al di sotto di quello di soglia normativa.

Come risultato finale tali aree, come individuate sul territorio comunale, devono essere idoneamente segnalate nella “Carta di Fattibilità” allegata al Documento di Piano e devono essere associate a specifiche NTA che i Progettisti dovranno applicare per ciascun nuovo intervento.



1.2 METODOLOGIA DI LAVORO

Il presente studio sperimentale di Microzonazione Sismica, si configura quale sostanziale revisione/integrazione dell’*Aggiornamento della “Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio” del territorio comunale di Salò, secondo i criteri ed indirizzi dell’art.57 della L.R. 11 Marzo 2005 n°12*” (Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti – Rev. 1 Giugno 2008) e degli specifici allegati.

L’integrazione/revisione riguarda la Fase di Analisi limitatamente alla Componente Sismica e Geologico-Tecnica.

Lo studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito ai sensi degli “*Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica -ICMS*” (Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e DVD, Gruppo di Lavoro MS, 2008) e secondo le specifiche definite da Regione Lombardia nell’*All. 1 alla “nota Z1.2012.0020672 del 08/08/2012 ed alla “nota Z1.2013.0017362 del 07/11/2013”* e gli “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica*” aggiornati in data **Ottobre 2013** (Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - **Versione 3.0**).

Viene richiesta l’applicazione del **Livello 1 dei Criteri Regionali Lombardi** e del **livello 1 previsto dagli ICMS**; inoltre viene richiesto di applicare in maniera “mista” il **livello 2 previsto dagli ICMS e dai Criteri Regionali Lombardi.**

In adempimento alle specifiche tecniche citate si è proceduto ad una integrazione/revisione anche di taluni aspetti che risultavano già sviluppati negli Studi Geologici della “Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT” del Giugno 2008 al fine di renderli conformi agli “Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica richiesta” (Microzonazione Sismica – Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica – Art. 5 comma 7 dell’OPCM 3907 del 13/11/2010- vers. 3.0 dell’Ottobre 2013). Numerose tematiche sono state, peraltro, elaborate in maniera originale per il presente studio di Microzonazione Sismica.

Quale prima analisi del territorio d’interesse, in adempimento al ¶ 1.6.4 degli ICMS, è stata proposta un’ampia trattazione inerente la **Pericolosità di Base e degli Eventi di Riferimento** per il territorio d’interesse; si è proceduto alla descrizione della Sismicità Storica dell’area in stretta correlazione con la ricostruzione del Contesto Geologico-Strutturale e Sismotettonico e con la definizione dei Parametri Sismici di base derivanti dall’applicazione delle normative nazionali (D.M. 14/01/08 e Ord. P.C.M. 3274/04 e Ord. P.C.M. 3519/06) e regionali (D.G.R. 9/2616/2011)



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

E' stato quindi predisposto un capitolo inerente l'**Assetto Geologico-Strutturale e Geomorfologico** dell'area, con particolare riferimento a quanto già contenuto nello **Studio Geologico del territorio comunale vigente** (Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti – Luglio 2007; Rev.01 Giugno 2008 e Rev.02 Marzo 2009) ed alle tavole e relazioni tematiche ad esso allegate ("Carta Geologica", Luglio 2007 – Scala 1:10.000; "Carta della dinamica geomorfologica del Territorio", Luglio 2007 – Scala 1:10.000; "Carta del Dissesto con legenda Uniformata PAI", Luglio 2007, Rev.01 Giugno 2008 e Rev.02 Marzo 2009 – Tavv Nord e Sud -Scala 1:5.000 e Relazione Illustrativa con schede Tecniche).

I dati in esso riportati sono stati peraltro integrati con la consultazione di vari studi di letteratura che hanno interessato in maniera dettagliata il territorio comunale di Salò; in particolare si è fatto riferimento a "**La Frana di Salò**" (C. Baroni, Atti Tic. Sc. Terra, 33-1990) e "**Carta Geologica delle Prealpi Bresciane tra la Val Brenda e il M. Pizzocolo**" (C. Baroni, G. Bissolati, & P.L. Vercesi, Atti Tic. Sc. Terra, 38-1995).

Sono state inoltre raccolte presso l'Ufficio Tecnico tutte le **informazioni inerenti dissesti e fenomeni geomorfologici** avvenuti sul territorio comunale successivamente alla redazione dello Studio Geologico vigente ed in particolare anche durante gli eventi alluvionali occorsi nelle ultime settimane (Ottobre-Novembre 2014) ed in alcuni casi direttamente seguiti dalla scrivente.

Il passo successivo ha riguardato l'analisi dei **Dati Geotecnici e Geofisici**, per la quale si è proceduto ad integrare i dati già riportati nell' "**Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Salò**" (come riportati nella Relazione e nella "Carta della Pericolosità Sismica Locale" - Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti – Luglio 2007).

L'integrazione ha previsto dapprima la raccolta presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico Comunale di indagini esperite nel territorio per le pratiche edilizie a partire dal 2003-2004 con alcune pratiche riferite agli anni '90. Ulteriori e numerosi dati derivano dalle indagini geognostiche e dagli studi geologici eseguiti dagli scriventi, Dott. Geol. Rosanna Lentini e Dott. Geol. Damiano Scalvini, nonché dal Dott. Geol. Giorgio Crestana e dal Dott. Geol. Davide Gazzola, a partire dal 1997 e fino al 2014.

Infine sono state eseguite **nuove indagini sismiche** predisposte *ad hoc* (**n° 5 stendimenti di sismica multicanale con registrazione delle onde superficiali**, comprese quelle a bassa frequenza, ed elaborazione dei dati secondo la **procedura tipo MASW**, vedi "**Dati Sismostratigrafici - Nuove acquisizioni**", All. 3) per le finalità del presente studio ed ubicate in funzione di un'omogenea caratterizzazione degli ambiti di Pericolosità Sismica Locale individuati. Nell'All. 3 vengono riportati le procedure ed i risultati relativi ai nuovi stendimenti sismici predisposti in comune di Salò, nonché cenni metodologici rispetto alle tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Nel complesso, nel territorio comunale di Salò sono stati censiti **n° 200 punti d’indagine**.

Si è quindi proceduto alla redazione della “**Carta delle indagini**” (scala 1:5.000) I dati sono stati inoltre inseriti in un archivio informatico predisposto in conformità agli standard richiesti (“Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica richiesta” – Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica – Art. 5 comma 7 dell’OPCM 3907 del 13/11/2010-vers. 3.0 dell’Ottobre 2013); per la consultazione dei dati geognostici si fa pertanto riferimento al *data base* allegato.

Sulla base dei numerosi dati geotecnici e stratigrafici raccolti e della revisione ed analisi integrata della cartografia geologica esistente per il territorio comunale è stata dapprima predisposta una “**Carta Geologica con elementi Geomorfoloici**” (All.1 – Scala 1:10.000), quale base da cui derivare tutte le successive carte tematiche tra cui la prima è rappresentata dalla “**Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica**” (Scala 1:5.000).

L’ottima copertura dei dati geofisici e geotecnici ha permesso di definire un **Modello del Sottosuolo** soddisfacente e di individuare “**n° 37 sezioni stratigrafiche tipo**” a cui sono stati correlati elementi geologici (ambiente deposizionale dei terreni di copertura), litologici (denominazione litologica prevalente dei terreni di copertura) e geotecnici (grado di consistenza o di addensamento dei terreni di copertura) e **n° 4 sezioni tipo degli ambiti in frana**.

La successiva **Fase di Analisi della Componente Sismica** è stata quindi eseguita dapprima applicando le procedure indicate nella **D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/11**, ed in particolare secondo quanto prescritto per l’applicazione del **Livello 1 delle normative regionali (All. 5 alla D.G.R. 9/2616/2011 - “Analisi e valutazione degli effetti sismici di sito in Lombardia, finalizzate alla definizione dell’aspetto sismico nei Piani di Governo del Territorio”)**. E’ stata pertanto valutata la risposta sismica locale in relazione alle condizioni geologiche e geomorfologiche riconosciute che possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base dell’area e si è quindi proceduto alla redazione della “**Carta della Pericolosità Sismica Locale – Livello 1 ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011**” (scala 1:5.000),

E’ stata quindi predisposta, in parallelo e quale sintesi di tutti i dati raccolti di tipo geologico-tecnico e geofisico, l’analisi di **Livello 1 ai sensi della normativa nazionale (ICMS)**; è stata così redatta la “**Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) - Livello 1**” (scala 1:5.000). Per la sua elaborazione ci si è basati sulle “sezioni stratigrafiche tipo” ricostruite per il territorio d’interesse e si è tenuto conto del riconoscimento sul territorio delle **Zone Stabili**, con o senza suscettibilità all’amplificazione locale, delle **Zone suscettibili di Instabilità** e delle **Forme di superficie e sepolte**. Sono state predisposte **n° 2**



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Sezioni Litotecniche (All. 2) al fine di esemplificare in maniera più chiara i rapporti tra le unità riconosciute.

Successivamente **l’Analisi del Rischio Sismico** è proseguito **applicando in maniera mirata alle finalità del livello 2 degli ICMS la procedura di 2° livello richiesta dalla normativa regionale.**

E’ stata eseguita la caratterizzazione semiquantitativa degli **effetti di amplificazione litologica** degli eventi sismici attesi, secondo le metodologie indicate per l’analisi di 2° livello prevista dall’All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011, per i punti d’indagine geofisica di nuova acquisizione (**n° 5 stazioni geofisiche**) e reperiti da indagini pregresse (**n. 78 stendimenti sismici**) durante la fase di raccolta dei dati geotecnici-geofisici, e distribuiti sul territorio salodiano. E’ stato pertanto predisposto l’All. 4 “**Schede di verifica dell’Amplificazione Litologica ai sensi dell’All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011**”, con le elaborazioni per ciascun punto d’indagine.

La valutazione degli **effetti di amplificazione dovuti alla morfologia** è stata eseguita mediante l’applicazione delle procedure indicate nell’All.5 della D.G.R. n° 9/2616/2011. Per la delimitazione delle area di pericolosità sismica relative a zone di cresta e/o cocuzzolo (scenario Z3b) e di ciglio $H > 10$ m (scenari Z3a), sono state eseguite **n° 26 sezioni topografiche**, ortogonali ai versanti ed agli elementi morfologici riconosciuti (**All. 5 - “Sezioni di analisi degli effetti morfologici di amplificazione sismica”**).

I risultati relativi ai fattori di amplificazione litologica e topografica così elaborati hanno consentito di predisporre, nell’ambito del presente studio di Microzonazione Sismica, la “**Carta di Microzonazione Sismica - Livello 2**” (scala **1:10.000**).

Elaborati tecnici

- | | |
|--------|--|
| All. 1 | Carta Geologica con elementi geomorfologici e strutturali
(scala 1:10.000) |
| All. 2 | Sezioni Litotecniche |
| All. 3 | Dati Sismostratigrafici - Nuove acquisizioni |
| All. 4 | Schede di verifica dell’Amplificazione Litologica ai sensi dell’All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011 |
| All. 5 | Sezioni di analisi degli effetti morfologici di amplificazione sismica |



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Tavole cartografiche

Carta delle Indagini	(scala 1:5.000)
Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica	(scala 1:5.000)
Carta della Pericolosità Sismica Locale (PSL)	
- Livello 1 (ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011)	(scala 1:5.000)
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)	
- Livello 1	(scala 1:5.000)
Carta di Microzonazione Sismica	
- Livello 2	(scala 1:5.000)



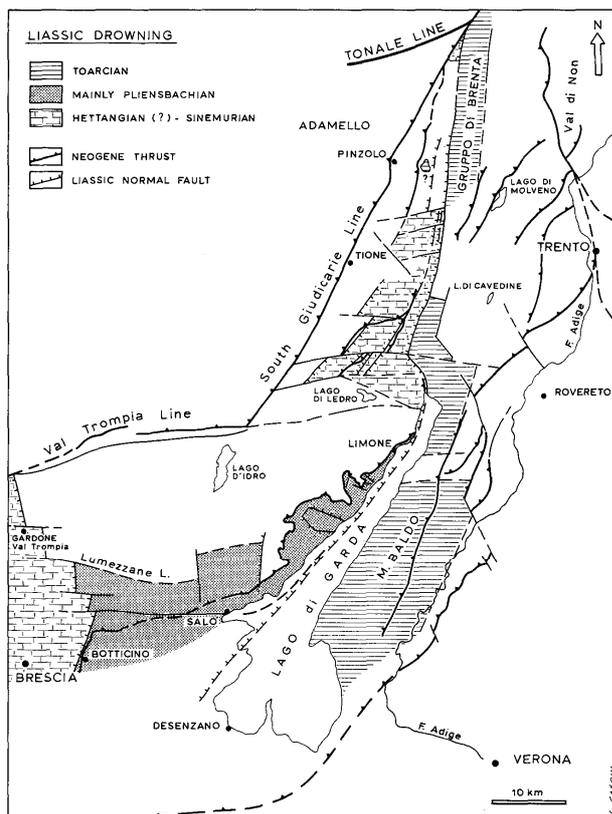
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Per l'intero territorio comunale di Salò, in adempimento all'O.P.C.M. 4007/2012, è stata applicata, in via sperimentale, la procedura prevista dagli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (ICMS - Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e DVD, Gruppo di Lavoro MS, 2008).

In questo capitolo, in adempimento al ¶ 1.6.4 degli ICMS si è proceduto alla descrizione della Sismicità Storica dell'area in stretta correlazione con la ricostruzione del Contesto Geologico-Strutturale e Sismotettonico; sono stati inoltre descritti i parametri sismici di base derivanti dall'applicazione delle normative nazionali (D.M. 14/01/08 e Ord. P.C.M. 3274/04 e Ord. P.C.M. 3519/06) e regionali (D.G.R. 9/2616/2001).

2.1 INQUADRAMENTO STRUTTURALE



Dal punto di vista strutturale la grande depressione del Lago di Garda rappresenta un'area “chiave” per l'interpretazione dell'assetto e dell'evoluzione tettonica di gran parte della regione alpina. Il territorio montano dell'Alto Garda, compreso nel settore prealpino bresciano orientale, è caratterizzato da una successione stratigrafica con formazioni di età compresa tra il Trias ed il Miocene, sovrapposte stratigraficamente e tettonicamente, costituendo sistemi di *thrust* embricati riconducibili strutturalmente alle direttrici regionali, identificabili con il Sistema Orobico o della Val Trompia, il Sistema Giudicariense e il Sistema Dinarico.

Figura 1 – “Sintesi dei principali elementi paleogeografici e paleotettonici del Lias nella Cintura Giudicariense” (da Castellarin & Picotti, 1990)

La fascia strutturale arcuata definita da questi sistemi rappresenta una cintura tettonica molto pronunciata determinatasi a seguito di meccanismi di inversione strutturale degli elementi tettonici distensivi del *rifting* mesozoico ad opera delle intense compressioni

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

neogeniche. Tale cintura si sviluppa sui margini Est e Sud del massiccio dell'Adamello e si propaga ampiamente sia verso Sud che verso Est, incorporando al suo interno la regione del Lago di Garda.

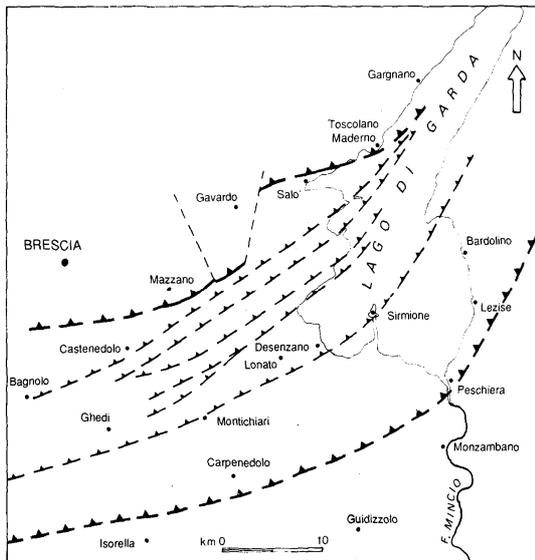


Figura 2 – “Sistema di embricazione nell'area del sottosuolo attorno alla sponda meridionale del Garda”

L'orientazione delle strutture risulta in primo luogo secondo la direzione NNE-SSW e NE-SW (Sistema Giudicariense) ed in subordine E-W (Linea della Val Trompia).

Il sistema giudicariense è dominato da accavallamenti a vergenza orientale e sud-orientale, con presenza diffusa di faglie trasversali di trasferimento. Ciò determina un assetto irregolare di tipo *en echelon*.

In particolare l'assetto strutturale della Sponda Occidentale Bresciana dell'Alto Garda e della continuazione del margine prealpino, verso Ovest, è caratterizzato dalla presenza del **Sovrascorrimento di Tremosine-Tignale-Costa**, al quale può essere ricondotto anche il **sovrascorrimento del Monte Selvapiana e del Monte Maddalena**, che risulta l'elemento strutturale dominante dell'intera regione prealpina orientale bresciana. Si tratta di una struttura di importanza regionale ascrivibile alla fase di deformazione giudicariense in grado di esercitare un forte controllo anche sulle strutture minori.

Per quanto riguarda il territorio di Salò per la descrizione degli elementi strutturali principali riconosciuti si fa riferimento alla **Carta Geologica con elementi geomorfologici e strutturali** (All. 1 - scala 1:10.000).

Seppure in territorio Salodiano non si riconosca direttamente il sovrascorrimento di Tremosine-Tignale-Costa, in quanto disposto in quadranti più settentrionali, si ritiene che lungo il versante meridionale del M. S. Bartolomeo siano presenti alcuni lineamenti tettonici riferibili al medesimo sistema.

In particolare è presente un sovrascorrimento ad andamento marcatamente NE-SW, sepolto al di sotto delle coltri detritiche della “Frana di Salò”, che si presume interessi il substrato roccioso afferente alla F.ne della Scaglia Lombarda e delle Marne Oligoceniche (vedi paragrafi

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

successivi). Poco più a Nord un'altro lineamento tettonico ad andamento da NE-SW ad E-W, con componente di sovrascorrimento, interessa oltre che la Scaglia Lombarda anche la sovrastante F.ne del Colle di San Bartolomeo (Conglomerati Inferiori).

Ancora a sistemi di sovrascorrimento ad andamento giudicariense sono riferibili la faglia rivierasca, il cui andamento è ipotizzato nell'immediato *off-shore* e la faglia di “Pompegnino” che si allunga all'incirca seguendo il confine con Roè Volciano e Vobarno. In corrispondenza di quest'ultimo lineamento tettonico l'assetto strutturale è fortemente complicato dalla presenza di numerose faglie ad andamento ancora NE-SW, che sovrappongono più volte le formazioni del substrato roccioso ed a cui si associano strutture plicative aventi la medesima orientazione, o ad andamento NW-SE che le dislocano e disarticolano in più punti.

Anche il crinale di M.te San Bartolomeo risulta articolato da strutture tettoniche, a componente prevalentemente inversa e ad andamento NNW-SSE, che interessano le unità della giovane formazione del Colle di San Bartolomeo (Pliocene med. e sup.) e dislocano in più punti i sovrascorrimenti ad andamento NE-SW.

Più decisamente orientata NW-SE è la faglia sepolta al di sotto dei conoidi alluvionali e dei depositi detritici che provenendo da Roè raggiunge la Riviera Gardesana.

La notevole densità ed interazione delle strutture tettoniche nel territorio montano di Salò comporta una talora non comune intensità di fratturazione dell'ammasso roccioso: unità quali la Scaglia Lombarda e le Marne Oligoceniche, che presentano un comportamento più plastico, risultano frequentemente ripiegate e tettonicamente molto disturbate.



2.2 INQUADRAMENTO SISMOTETTONICO

La sismicità del territorio è legata alla presenza di attività neotettonica, intendendo con questo termine i movimenti tettonogenetici relativi al periodo compreso tra il Pliocene e l'attuale (cioè negli ultimi 5,2 milioni di anni). Si possono distinguere movimenti neotettonici lineari che si sviluppano lungo superfici di discontinuità preesistenti (faglie o superfici di sovrascorrimento) e movimenti neotettonici areali che determinano sollevamenti e/o abbassamenti differenziali.

Un recente studio pubblicato su *Pure and Applied Geophysics* (03 Jul 2014 - *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valentini) censisce e classifica le faglie sismogenetiche cieche in Pianura Padana, riorganizzando le conoscenze esistenti alla luce dei terremoti emiliani del Maggio 2012 e prendendo in esame anche il margine prealpino cui afferisce il territorio gardesano.

Nel periodo di tempo considerato ed in un contesto di riferimento sufficientemente ampio, che per quanto concerne l'area gardesana ed il bordo sudalpino centrale (ambiti geologico-strutturali di riferimento per il territorio di Salò) coincide con l'intera regione padana compresa tra il margine alpino e quello appenninico, i lineamenti tettonici sono riconducibili a diversi sistemi regionali che generano complessi campi tensionali.

Nel settore settentrionale della pianura è presente il sistema di sovrascorrimenti S-vergenti che costituiscono la continuazione in pianura delle Prealpi Lombarde. Nella fascia meridionale della pianura si ha invece un pronunciato sistema di embricazione N-vergente che costituisce l'avanfossa essenzialmente pliocenica dell'Appennino settentrionale.

I due sistemi entrano in collisione nella parte mediana della pianura; il fronte settentrionale è inquadrabile all'interno dei sistemi di deformazione del Miocene medio-superiore, quello meridionale è essenzialmente pliocenico. A partire dalla fine del Pleistocene inf. entrambi i margini del Bacino Padano sono in sollevamento in seguito alla formazione di un bacino flessurale più simmetrico.

Il margine meridionale del bacino padano, a ridosso del fronte appenninico risente di tali movimenti in modo maggiormente consistente rispetto al margine settentrionale.

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica della pianura meridionale a partire dal Pliocene inferiore fino a tutto il Pleistocene si evidenzia una lenta subsidenza generalizzata non compensata dalla sedimentazione (Baraldi et alii, 1980). Nell'intervallo successivo (fino a 18.000 anni fa) si assiste ad un progressivo riempimento del bacino ed il motivo tettonico predominante continua ad essere l'abbassamento generalizzato di tutta l'area; tale movimento è stato dedotto dagli Autori in relazione al notevole spessore dei sedimenti continentali.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Pertanto attraverso alcuni milioni di anni il progressivo moto di avvicinamento della Placca Africana e della Placca Europea ha determinato prima **la nascita delle Alpi e degli Appennini** e poi ne ha sollevato le porzioni assiali creando il paesaggio montuoso che oggi conosciamo, secondo un meccanismo ancora attivo alla velocità di 1-3 metri per millennio. **L'avvicinamento di Alpi e Appennini secondo una direttrice circa N-S, e quindi il raccorciamento della Pianura Padana, è tuttora in atto**, come mostrano i dati geodetici satellitari. **In profondità questo raccorciamento si trasforma in uno sforzo di caricamento di faglie di tipo compressivo localizzate sia al piede delle Alpi Meridionali, sia al piede dell'Appennino Settentrionale.**

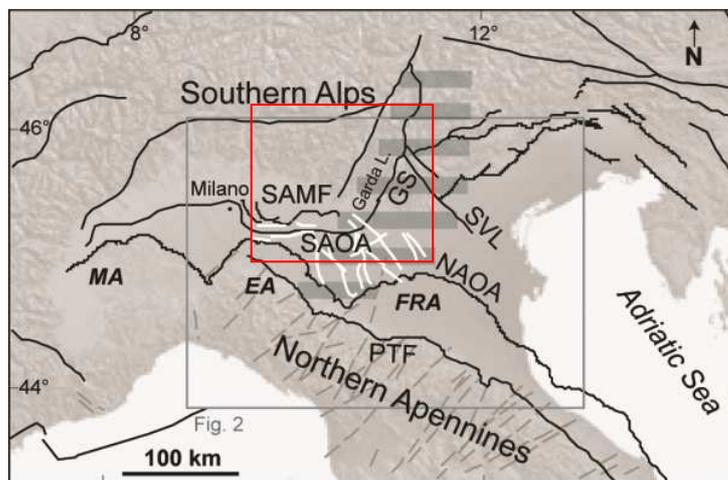


Figura 2 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valentini); Mappa strutturale semplificata della Pianura Padana. Linee nere: principali elementi tettonici; linee bianche: faglie ereditate; **SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; NAOA: arco esterno dell'Appennino Settentrionale; PTF: fronte pedeappenninico; MA: arco del Monferrato; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.**

Nel bresciano, dalla sponda occidentale del Garda fino ai dintorni di Brescia, le strutture di maggiore risalto morfo-strutturale sono quelle NNE-SSW del Sistema delle Giudicarie (GS), nonché le più antiche linee ad orientamento dinarico (NW-SE) e valsuganese/valtriumplino (circa E-W - SAOA), talora riattivate. Le strutture distensive più recenti sembrano essere attribuibili in ogni caso alle fasi di sollevamento plio-pleistocenico, con direzioni prevalenti NE-SW e NW-SE.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

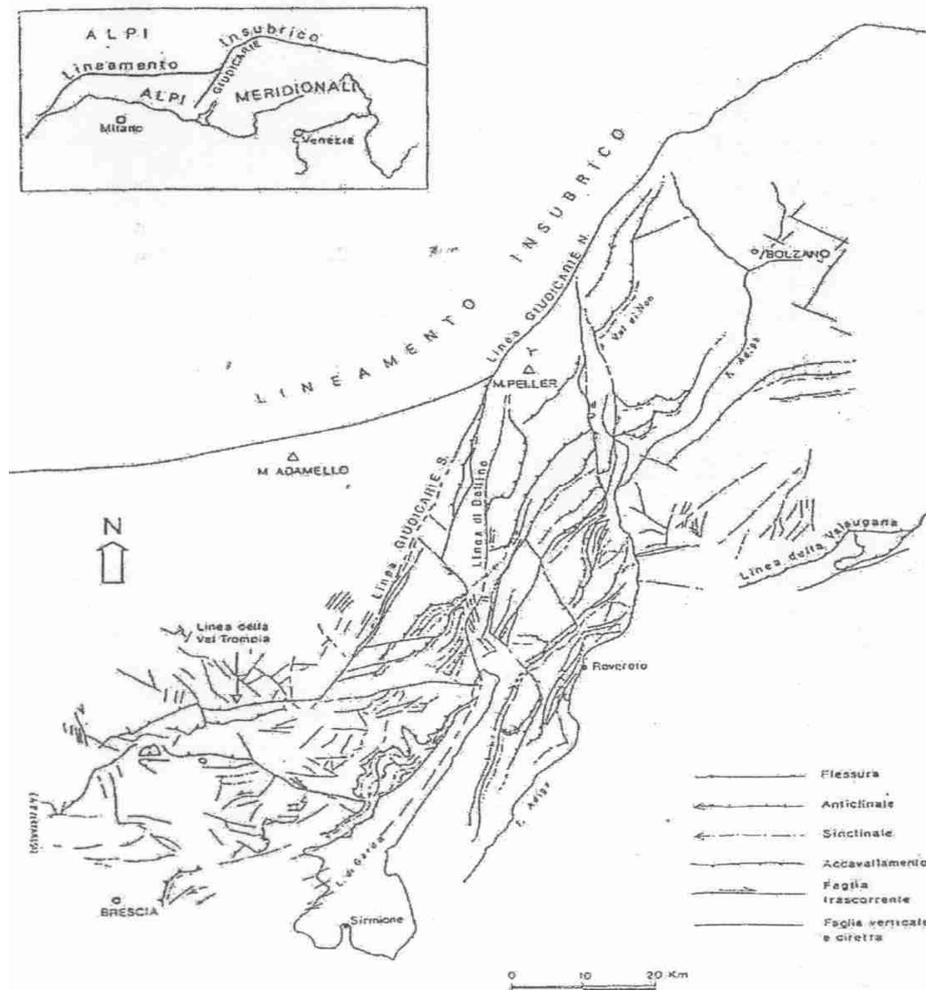


Figura 3 – “Strutture del Sistema delle Giudicarie e Val Trompia a S del Lineamento Insubrico” Schema semplificato da numerosi Autori in Castellarin (1981).

A livello strutturale la zona di Brescia, localizzata all’interno della cintura di deformazione dei sistemi della Valsugana e Val Trompia (circa E-W) e delle Giudicarie (NNE-SSW), si differenzia nettamente dall’area veronese, collocata all’esterno della stessa cintura sul bordo di una zona più rigida, tabulare e omoclinale.

Tuttavia, sebbene siano aree inserite in un contesto “strutturale” differente, l’attività sismica storica sia attorno a Verona che a Brescia documenta un legame tra i due settori, in quanto afferente ad una contesto “sismotettonico” maggiormente omogeneo.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

La localizzazione dell’attività sismica nelle Prealpi si concentra infatti lungo il margine della pianura e nelle fasce immediatamente adiacenti la zona pedemontana (vedi Figura 4).

Al contrario, la zona del nucleo della catena, del massiccio dell’Adamello, la zona del Lineamento Insubrico sono totalmente prive di attività sismica significativa e ancor meno sono attivi i nuclei strutturali più interni della catena nordalpina adiacente.

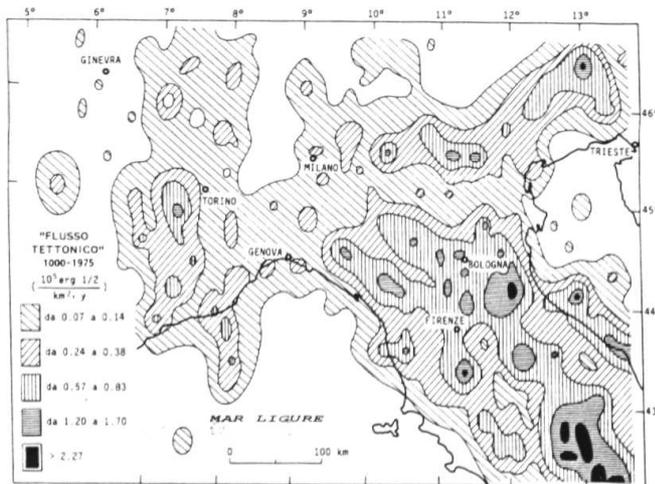


Figura 4 – “Flusso tettonico” medio (energia prodotta dai terremoti che attraversa l’unità di superficie nell’unità di tempo), valutato per gli ultimi 1000 anni nell’Italia settentrionale e in Lombardia. (Cattaneo et al., 1978)

La più importante area tettonica “sorgente” è rappresentata dall’area tirrenica e dalla zona appenninica interna, che sono state sottoposte a processi distensivi dal Miocene superiore in poi. A questa si associa lo spostamento della placca africana verso N al ritmo di circa 1 cm/anno.

L’effetto di questi due meccanismi si esprime soprattutto lungo i limiti dei grandi domini morfostrutturali, come la zona pedemontana compresa tra la Pianura Padana e le Prealpi ed anche la giunzione Alpi-Dinaridi (sistema Friulano).

Secondo alcuni autori la localizzazione comune dell’area di Verona e di Brescia, e più in generale di questa porzione dell’area padana, rispetto al campo tensionale residuo in atto sarebbe dunque la causa principale della loro sismicità.

Più recentemente la **relativamente elevata sismicità del territorio bresciano è stata interpretata come indicativa di una consistente attività neotettonica nella zona.**

Pur mancando uno studio che ricostruisca su vasta scala e in maniera soddisfacente i movimenti neotettonici nell’area bresciana, alcuni lavori, tra cui il recente studio di Vannoli, Burrato e Valensise (2014) già citato, permettono di delineare un primo quadro interpretativo. In particolare la corrispondenza e la connessione tra le strutture geologiche e le zone sismicamente attive dimostrerebbero come siano ancora in atto movimenti tettonici connessi all’orogenesi alpina. Molti autori ritengono infatti che la maggior parte delle superfici tettoniche segnalate nella letteratura geologica rivestano un’elevata e significativa importanza



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

nel quadro sismotettonico generale. Ciò è confermato dall’ubicazione degli ipocentri sismici del bresciano, posti in corrispondenza della parte più pellicolare della crosta (tra i 5 e i 15 km). Oltre ai movimenti lineari che si possono verificare lungo superfici di discontinuità preesistenti e che portano a classificare le faglie e le superfici tettoniche come attive, si sviluppano anche movimenti areali di carattere neotettonico. A tal proposito le strutture delineatesi a partire dal Pleistocene inf. possono costituire una sorgente sismogenetica, lungo le più recenti direzioni NE-SW e NW-SE o riattivando i sistemi già delineatesi nel neogene (E-W), riutilizzando le antiche superfici di sovrascorrimento e i loro frequenti svincoli trasversali.

Identificare e parametrizzare le faglie responsabili dei principali terremoti della Pianura Padana – ossia le sorgenti sismogenetiche – richiede che si prenda in dovuta considerazione la loro profondità, geometria e cinematica, sia rispetto all’assetto delle due catene montuose attualmente “in avvicinamento” (le Alpi e gli Appennini), sia rispetto all’assetto paleogeografico preesistente. L’avvicinamento delle due catene è infatti fortemente condizionato dalla presenza di un contesto geologico “ereditato”, caratterizzato da antiche piattaforme carbonatiche e depositi di bacini marini profondi separati da faglie estensionali sviluppatesi durante l’apertura della Tetide. Questa articolata paleogeografia controlla fortemente lo sviluppo, l’evoluzione e la forma dei fronti montuosi sepolti al di sotto dei depositi della pianura. La conoscenza della paleogeografia dell’area oggi occupata dalla Pianura Padana è quindi molto importante per individuarne e caratterizzarne le sorgenti sismogenetiche.

I dati di letteratura attribuiscono ai sistemi distensivi descritti una valenza superficiale, non superando i 10 km di profondità. E’ possibile che a livelli strutturali più profondi l’edificio della catena sia ancora influenzato da processi collisionali subduttivi. Sebbene sia ritenuta possibile la coesistenza di eventi sismici con caratteri compressivi in profondità che passino a sismi legati a distensione in superficie, non è stato tuttora elaborato un modello geodinamico che tenga conto in modo soddisfacente della coesistenza tra contrazione e distensione.

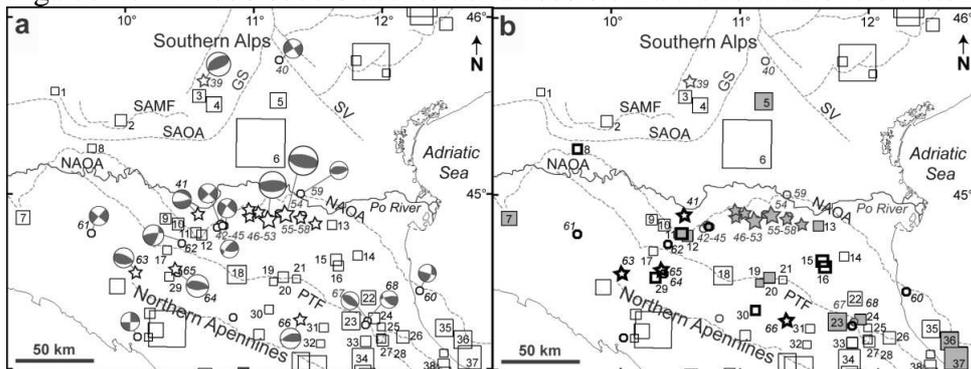


Figura 4 bis (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valentini): Terremoti storici e strumentali (CPTI11, Bollettino Sismico Italiano e ISIDe). I terremoti storici con $M \geq 5.3$ sono rappresentati con quadrati. I terremoti strumentali con $M \geq 5.0$ sono rappresentati con stelle; quelli con $4.5 \leq M < 4.9$ sono rappresentati con pallini. Tutti i terremoti sono collegati alle tabelle 1 e 2 attraverso il loro ID. a) Sismicità e meccanismi focali disponibili (Pondrelli et al., 2006; TDMT database). b) Terremoti multipli e terremoti profondi (i terremoti multipli sono rappresentati con pattern grigio; i terremoti profondi in grassetto).

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Al di sotto dei sedimenti della Pianura Padana esistono quindi strutture tettoniche attive e capaci di generare terremoti, come testimonia sia la sismicità strumentale dell’area, sia il verificarsi di importanti terremoti storici (Figura 4 bis). Recentemente, i *thrust* sepolti dell’Appennino Settentrionale si sono attivati durante la sequenza dell’Emilia del 2012. Una caratteristica comune delle sequenze emiliane del 1570, 1929 e 2012 è quella di essere costituite da più terremoti potenzialmente distruttivi, anche con magnitudo simile, che si susseguono nell’arco di giorni, settimane o mesi. Ma il più forte terremoto di cui si ha notizia nell’area padana è quello che il 3 gennaio del 1117 ha duramente colpito Verona e le aree poste a sud di essa (magnitudo stimata 6.7). La precisazione “di cui si ha notizia” è doverosa perché per molti secoli la Pianura Padana è stata sede di ampie aree paludose e di fitte e impraticabili foreste con sporadici nuclei abitati; esiste quindi la possibilità che altri forti terremoti accaduti nell’area siano stati poco risentiti dall’uomo o non siano stati risentiti affatto, e quindi che non siano stati adeguatamente documentati, apparendo come terremoti minori o scomparendo del tutto dalle fonti storiche.

Si vuole infine sottolineare come la distribuzione dell’intensità sismica (Figura 4) e l’andamento delle “zone sismiche” (Figura 5 – “Mappa di Pericolosità Sismica – Ord. P.C.M. 3519/2006) e “sismogenetiche” (Fig. 6 tratta da App. 2 al “Rapporto Conclusivo” – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G. Valensise; Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica - OPCM 3274/2003 - INGV) testimoni un legame tra l’attività sismotettonica del margine prealpino ed il settore di giunzione Alpi-Dinaridi.

L’andamento delle aree sismiche cui afferisce il territorio gardesano pur seguendo l’andamento del margine prealpino, possiede infatti massima intensità in corrispondenza del Sistema Friulano.

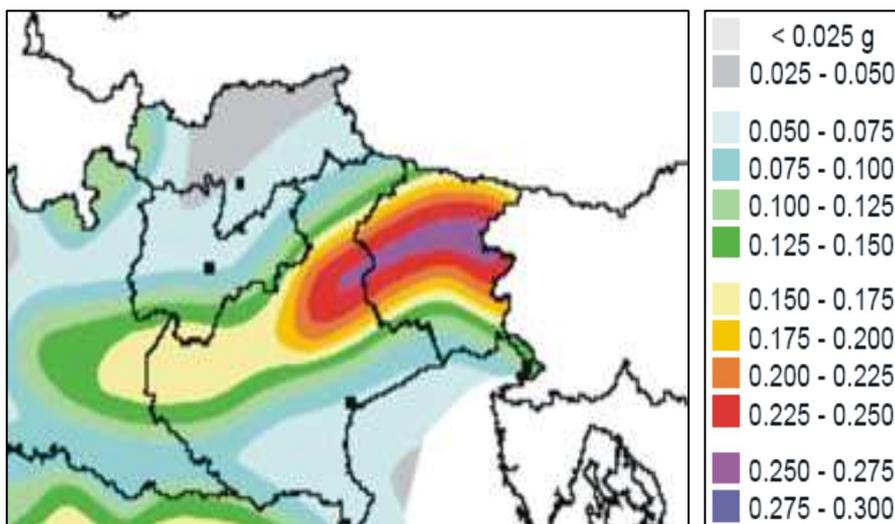


Figura 5 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (Ordinanza P.C.M. n° 3519 del 27/04/06)

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

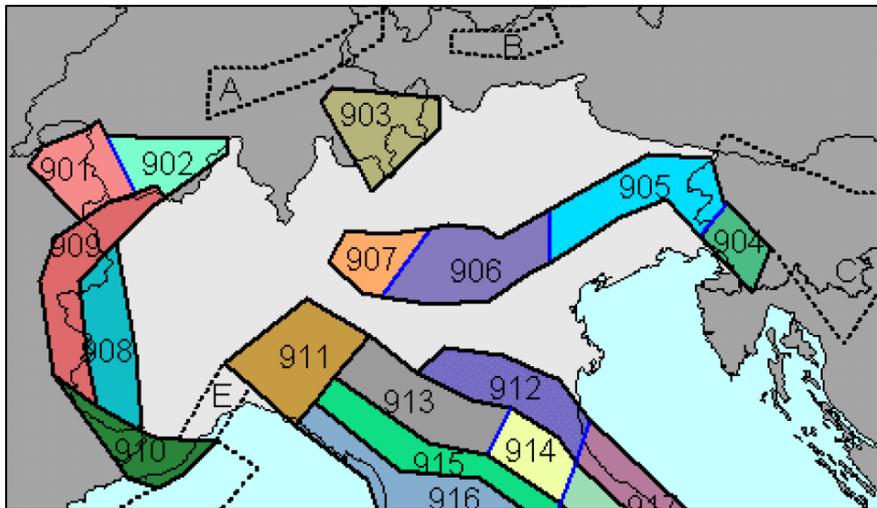


Figura 6 – Schema Zonazione Sismogenetica ZS9 tratta da “App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G. Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

Si rileva inoltre una sostanziale continuità tra le aree sismogenetiche del Sistema Dinarico-Friulano (zone ZS9 904-905) e quelle del margine prealpino veronese-bresciano-bergamasco (Zone ZS9 906-907) (Figura 6).

Alla giunzione Alpi-Dinaridi le deformazioni quaternarie e recenti riflettono il trasferimento delle deformazioni dal sistema di faglie trascorrenti destre, ad andamento dinarico, verso i sovrascorrimenti del sistema di *thrust* friulano, S-vergente (Figura 7).

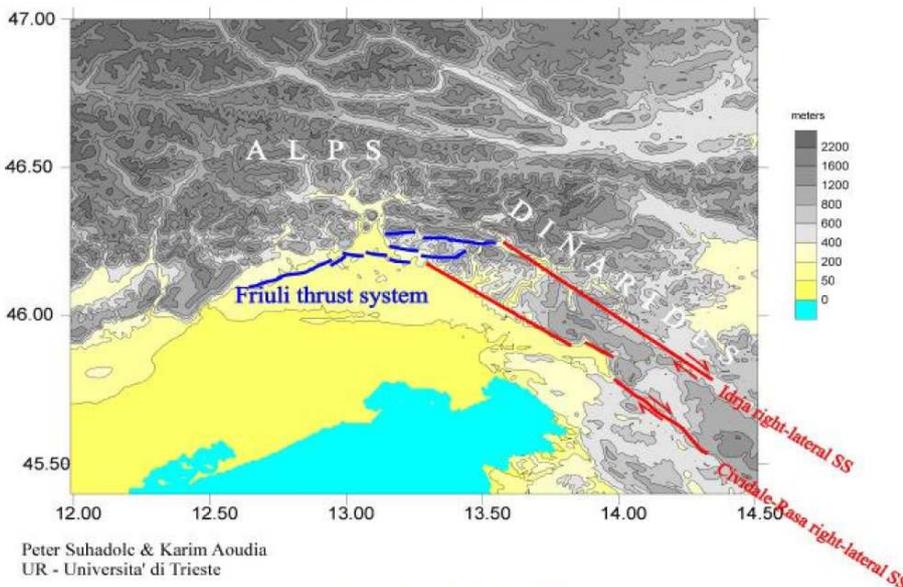


Figura 7 – Schema strutturale della giunzione Alpi Dinaridi.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

2.3 SISMICITÀ STORICA

L’area bresciana è stata interessata in epoca storica a partire dall’anno 1000 da eventi sismici inseriti già nel Catalogo CNR (Figura 6) e quindi nel “*Catalogo Parametrico dei terremoti italiani*” a cura del Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Tabella 1).

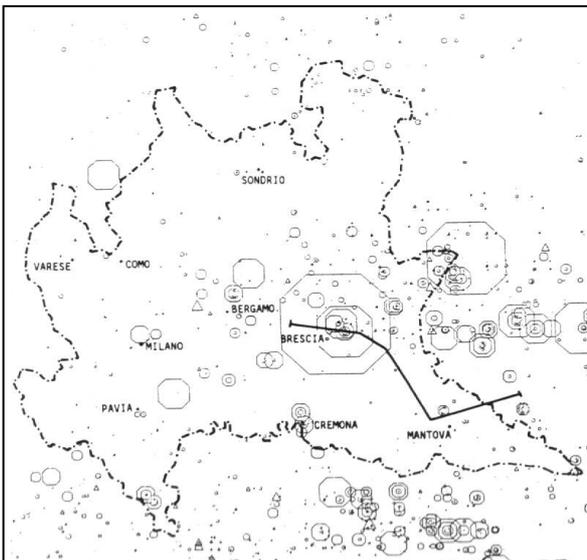


Figura 6 – Terremoti segnalati in Lombardia dall’anno 1000 al 1984. La dimensione dei poligono è proporzionale alla magnitudo dei sismi. (tratto da A.A.V.V. “*Guide Geologiche Regionali -Alpi e Prealpi Lombarde-11 itinerari*”, 1990)

Tabella 1 – Eventi sismici con Magnitudo > 4, inclusi nel “Catalogo Parametrico dei terremoti italiani – CPTI04” avvenuti entro il 2002 nel raggio di **100 km da Salò**.

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
27	1065	3	27	6		BRESCIA	45.55	10.22	4.99	907
30	1117	1	3	13		VERONESE	45.33	11.2	6.49	906
43	1197					BRESCIA	45.55	10.22	4.80	907
47	1222	12	25	11		BASSO BRESCIANO	45.48	10.68	6.05	906
59	1276	7	28	18	30	ITALIA SETTENT.	45.08	9.55	4.91	911
74	1303	3	22	23		PIACENZA	45.052	9.693	4.25	911
89	1334	12	4			VERONA	45.43	11	4.25	906
90	1345	1	31			CASTELNUOVO	44.81	10.564	4.25	912
93	1346	2	22	11		FERRARA	44.92	11.02	5.75	912
107	1365	9	21	5	45	VERONA	45.43	11	4.25	906
113	1383	7	24	20		PARMA	45.058	9.915	4.25	911
121	1396	11	26			MONZA	45.58	9.27	5.27	907
125	1402					VERONA	45.438	10.994	4.53	906
126	1403	1	17			VERONA	45.8	11.6	4.53	906
130	1409	11	15	11	15	PARMA	44.8	10.33	4.53	913
144	1438	6	11	20		PARMENSE	44.85	10.23	6.61	913
146	1445	3	21	13	30	VERONA	45.438	10.994	4.25	906
159	1465	4	6	21	30	VERONA	45.12	10.661	4.25	

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
165	1471					BRESCIA	45.544	10.214	4.25	907
181	1485	9	1			PADOVA	45.355	11.722	4.32	
185	1491	1	24	23	30	VERONA	45.42	11.43	5.27	906
219	1521	1	26	10	30	BRESCIANO	45.55	10.217	4.53	907
221	1522	10	5	8		CREMONA	45.136	10.024	4.25	
235	1540	9	1			BRESCIA	45.533	10.217	4.53	907
264	1572	6	4	22		PARMA	44.851	10.422	4.93	913
271	1576	9	26	6		BERGAMO	45.667	9.667	4.53	907
284	1593	3	8			BERGAMO	45.694	9.67	4.53	907
302	1606	8	22			BERGAMO	45.694	9.67	4.80	907
322	1623	2	20			CHIESA	46.3	9.767	4.53	903
333	1628	11	4	15	15	PARMA	44.801	10.329	4.99	913
346	1642	6	13	22		BERGAMO	45.694	9.67	4.80	907
365	1661	3	12			MONTECCHIO	45.73	10.07	4.99	907
383	1683	5	25			V. GIUDICARIE	46.024	10.864	4.76	
411	1693	7	6	9	15	GOITO	45.28	10.644	5.13	906
501	1732	2	27			PARMA	44.801	10.329	4.53	913
511	1738	11	5		30	PARMA	44.906	10.028	5.31	913
550	1756	2	25	21		ROSE'	45.75	11.75	4.25	906
583	1771	8	15			SARNICO	45.667	10	4.53	907
589	1774	3	4			PARMA	44.801	10.329	4.53	913
620	1781	9	10			CARAVAGGIO	45.497	9.644	4.80	907
631	1783	7	28			VAL DI LEDRO	45.878	10.808	4.80	906
647	1786	4	7			PIACENZA	45.298	9.595	5.18	911
686	1799	5	29	19		CASTENEDOLO	45.403	10.271	0.225	906
694	1802	5	12	9	30	VALLE DELL'OGGIO	45.42	9.85	5.54	907
703	1806	2	12			NOVELLARA	44.862	10.671	5.11	912
714	1810	5	1			MALCESINE	45.764	10.809	4.53	906
717	1810	12	25		45	NOVELLARA	44.898	10.712	5.15	912
730	1815	2	26	6		SCHIO	45.7	11.383	4.25	906
761	1826	6	24	12	15	SALO'	45.6	10.517	4.40	906
780	1829	9	6	19	30	CREMONA	45.136	10.024	4.80	
791	1831	9	11	18	15	REGGIANO	44.75	10.55	5.43	912
798	1832	3	13	3	30	REGGIANO	44.77	10.47	5.57	913
827	1839	8	9	8	45	BAGNOLO MELLA	45.5	10.167	4.53	907
840	1841	10	15	22		SANGUINETTO	45.167	11.11	4.53	
877	1851	8	3			GIUDICARIE	45.938	10.561	4.70	
906	1857	2	1			PARMENSE	44.749	10.48	5.12	913
950	1866	8	11	23		MONTE BALDO	45.727	10.783	4.99	906
956	1868	2	20	20		GARDA OR.	45.709	10.774	4.53	906
957	1868	5	22	21		ROVERETO	45.888	10.869	4.25	
1005	1876	4	29	10	49	MONTE BALDO	45.75	10.78	4.74	906
1021	1877	10	1	7	27	MALCESINE	45.764	10.809	4.80	906
1040	1879	2	14			GARGNANO	45.607	10.536	4.25	906
1076	1882	2	27	6	30	ROVETTA	45.878	9.926	4.70	907
1082	1882	9	18	19	25	MONTE BALDO	45.72	10.77	4.99	906
1099	1884	9	12			PONTOGLIO	45.57	9.856	4.53	907
1103	1885	2	26	20	48	SCANDIANO	45.208	10.169	5.06	
1124	1886	10	15	2	20	COLLECCHIO	44.75	10.306	4.53	913
1131	1887	5	20	4	12	OGGIONO	45.833	9.4	4.25	
1170	1891	6	7	1	6	VALLE D'ILLASI	45.57	11.17	5.61	906
1171	1891	6	15			PESCHIERA	45.43	10.767	4.53	906
1180	1891	12	22			SONDRIO	46.139	9.829	4.25	903
1181	1892	1	5			GARDA OCC.	45.591	10.482	4.70	906
1196	1892	8	9	7	58	TREGNAGO	45.567	11.167	4.99	906

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

N	Anno	Me	Gi	Or	Mi	AE	Lat	Lon	Msp	ZS9
1209	1894	2	9	12	48	TREGNAGO	45.567	11.15	4.99	906
1217	1894	11	27			FRANCIACORTA	45.568	10.192	4.69	907
1241	1895	10	12	1	45	M.MALTISSIMO NAGO	45.767	10.833	4.53	906
1262	1897	1	27	1	35	RECOARO	45.748	11.202	4.25	906
1305	1898	11	16			SALO'	45.636	10.458	4.25	906
1337	1901	1	20	6	30	POGGIO RUSCO	45	11.1	4.53	
1353	1901	10	30	14	49	SALO'	45.58	10.5	5.55	906
1455	1907	4	25	4	52	BOVOLONE	45.318	11.073	4.67	906
1474	1908	3	15	7	50	CRESPADORO	45.623	11.207	4.77	906
1622	1915	10	10	23	10	REGGIO EMILIA	44.732	10.469	4.78	913
1664	1918	1	13	12		LODI	45.333	9.5	4.56	911
1672	1918	4	24	14	21	LECCESE	45.778	9.631	4.86	907
1674	1918	7	19	19	3	SALO'	45.326	10.438	4.17	906
1688	1919	9	16	2	18	SVIZZERA	46.4	10	4.32	903
1696	1919	11	23	1	50	BRESCIANO	45.656	10.245	4.46	907
1723	1921	9	12		25	ASOLO	45.77	11.768	4.52	906
1792	1927	8	13		57	ALTA ENGADINA	46.274	9.698	4.47	903
1808	1928	6	13	8		CARPI	44.797	10.872	4.54	912
1854	1931	4	14	22	13	GIUDICARIE	45.973	10.665	4.60	
1872	1932	2	19	12	57	MONTE BALDO	45.63	10.73	4.77	906
1889	1934	3	23	1	46	PISOGNE	45.8	10.1	4.25	907
1916	1936	6	22	3	44	CASTELNUOVO	45.5	10.767	4.53	906
1928	1937	6	7	22	2	PEJO	46.343	10.551	4.36	
1931	1937	9	17	12	19	PARMA OVEST	44.8	10.3	4.15	913
1960	1940	5	1	9	36	NOCETO	44.8	10.183	4.61	913
1981	1942	6	20	14	42	ARCO	45.916	10.882	4.09	906
2013	1947	12	25	20	42	GARDONE TROMPIA	45.7	10.2	4.46	907
2017	1948	7	17	19	34	BAZENA	45.9	10.4	4.69	907
2047	1950	5	6	3	43	REGGIANO	44.731	10.67	4.01	912
2054	1951	5	15	22	54	LODIGIANO	45.254	9.55	5.09	911
2144	1960	2	19	2	30	GIUDICARIE	45.806	10.625	4.53	906
2169	1961	11	23	1	12	CAPRINO BERGAMASCO	45.717	9.567	4.53	907
2230	1967	4	3	16	36	CORREGGIO	44.8	10.75	4.36	912
2255	1968	6	22	12	21	POSINA	45.8	11.3	4.53	906
2277	1970	4	19	18	16	GAVARDO	45.65	10.45	4.16	906
2303	1971	7	15	1	33	PARMENSE	44.82	10.35	5.59	913
2351	1975	1	11	15	54	GARDA OR.	45.621	10.733	4.18	906
2357	1975	6	1	13	25	CIMA BRENTA	46.2	10.9	4.25	
2372	1976	12	13	5	24	RIVA DEL GARDA	45.894	10.799	4.60	906
2396	1979	2	9	14	44	TREZZO SULL'ADDA	45.617	9.467	4.80	907
2437	1983	11	9	16	29	PARMENSE	44.765	10.27	5.16	913
2456	1987	5	2	20	43	REGGIANO	44.797	10.697	4.98	912
2458	1987	5	24	10	23	GARDA	45.722	10.661	4.47	906
2470	1989	9	13	21	53	PASUBIO	45.87	11.172	4.88	906
2483	1991	11	20	1	54	ALPI CENTRALI	45.993	9.427	4.59	903
2503	1995	10	29	13		BRESCIA-BERGAMO	45.709	9.927	4.39	907
2509	1996	10	15	9	55	CORREGGIO	44.782	10.683	5.26	912
2528	1999	12	29	20	42	ALPI CENTRALI	46.464	10.267	4.55	903
2534	2000	6	18	7	42	REGGIANO	44.786	10.746	4.41	912

Msp: Magnitudo; ZS9: zona sorgente

Per quanto concerne le denominazioni delle zone sorgente si fa riferimento a “Zonazione sismogenetica ZS9 – App. 2 al Rapporto Conclusivo – Marzo 2004” a cura di C. Meletti e G.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Valensise (Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM 3274/2003 - INGV).

Per la zona sismogenetica di riferimento (ZS9 906) i terremoti di magnitudo più elevata ($M > 5$), avvenuti in epoca antica, sono segnalati nel 1117 ($M=6.49$) con epicentro nel veronese, nel 1222 ($M=6.05$) con epicentro nel Basso Bresciano, nel 1491 ($M=5.27$) con epicentro a Verona, nel 1693 ($M=5.13$) con epicentro a Goito e nel 1891 ($M=5.61$) con epicentro in Valle d'Ilasi.

Nel secolo scorso per l'area gardesana sono i terremoti con epicentro a Salò e Monte Baldo che hanno fatto segnare i valori di magnitudo più elevati (1901 $M=5.55$ e 1932 $M=4.77$) e più recentemente si segnalano i sismi del 1976 ($M=4.60$) e del 1987 ($M=4.47$) rispettivamente con epicentro a Riva del Garda e nell'area del Garda. Nel veronese si segnalano nel 1907 e nel 1908 i sismi di Bovolone e Crespadoro ($M=4.67$ e $M=4.77$) e nel 1989 di Pasubio ($M=4.88$).

Anche l'evento sismico localizzato in Friuli ($M=5.8$ e 6.6 del 1976) ed i sismi di magnitudo maggiore avvenuti nel recente passato nella Regione Dinarica hanno prodotto un certo risentimento nell'area bresciana e bergamasca.

Successivamente al 2002 (anno di riferimento della tabella in allegato) si sono verificati altri eventi, seppure di magnitudo non elevata, con epicentro nel Bresciano (area sebina e area gardesana meridionale). Si segnala invece per intensità l'evento sismico verificatosi il 24/11/04, con magnitudo 5.2 e con epicentro nell'immediato entroterra di Salò (Figura 7).



Figura 7: Area epicentrale del sisma del 24/11/2004

L'epicentro del sisma si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle Giudicarie (Figura 8), affioranti nel settore montano prealpino (dove generano i sismi gardesani) e sepolti in corrispondenza della Pianura Padana (dove generano i sismi di Brescia, nel 1222, e della

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Valle dell'Oglio, nel 1802). Si noti il generale accordo tra la localizzazione degli eventi sismici e l'andamento delle strutture tettoniche.

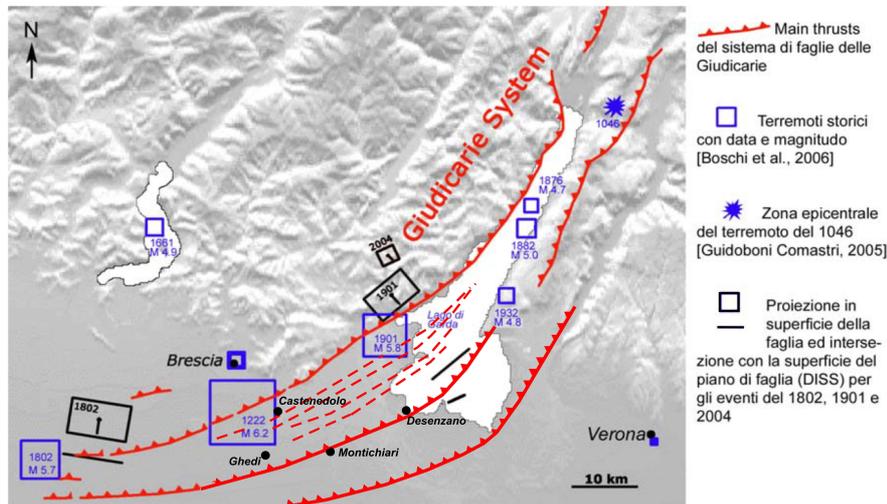


Figura 8: Schema sismotettonico dell'area Gardesana con proiezione dei principali sismi storici dell'area (modificato da "Progetto S3 - Scenari di scuotimento in aree di interesse prioritario e/o strategico - F. Pacor e M. Mucciarelli - Luglio 2007)

Si segnala un **recente terremoto di Magnitudo 4.0** avvenuto il giorno **28 Agosto 2014** e localizzato nel distretto sismico *Zona Lago di Garda*, a circa 2,6 km di profondità e pochi chilometri di distanza dalle coste di **Gargnano** (Figura 9); è seguita nella stessa area e nella medesima giornata (h. 19.52) un ulteriore evento sismico di magnitudo 2.6 registrato a circa 9,2 km di profondità.

Un terremoto di **magnitudo 2.7** è stato rilevato nei giorni seguenti nel distretto sismico *Prealpi Lombarde* e più precisamente in *Val Sabbia* il **giorno 4 Settembre 2014** alle ore 4.56 (Figura 10).



Figura 9: Area epicentrale del sisma del 28/08/2014 ore 19:49 (M= 4.0)



Figura 10: Area epicentrale del sisma del 04/09/2014 ore 4:56 (M= 2.7)

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Anche in questo caso l’epicentro dei sismi si colloca in corrispondenza dei *thrust* del Sistema delle Giudicarie (Figura 8) confermando l’accordo tra la localizzazione degli eventi sismici gardesani e prealpini e l’andamento delle medesime strutture tettoniche.

Si segnalano infine nel 2011 e nel 2012 due “crisi sismiche” che hanno interessato il nord Italia con terremoti che hanno quasi raggiunto o superato magnitudo 5.



Figura 11: Localizzazione del sisma principale dello sciame sismico dell’estate 2011 (stella rossa) e della serie di sismi verificatisi nell’inverno 2012 (stelle bianche)

Lo **sciame sismico dell’estate 2011** ha avuto come scossa più significativa il terremoto del 17 Luglio 2011 di magnitudo 4.7, con area epicentrale a ridosso dei confini provinciali di Mantova e Rovigo (come si evince dalla Figura 11), nel distretto sismico denominato *Pianura Padana Lombarda* dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.).

Tali sismi così come quelli con le massime intensità storiche riscontrate nei comuni del sud-ovest della Provincia di Mantova, sono da collegarsi con la vicinanza all’area sismogenetica del Reggiano-Ferrarese - Parmense (zone sismogenetiche ZS9 → 912-913, Figura 4) e con la presenza dell’edificio appenninico (*thrust* nord-vergenti) sepolto al di sotto delle coltri quaternarie dei depositi di pianura.

Lo **sciame sismico dell’inverno-primavera 2012** è stato caratterizzato da una serie di sismi (Figura 11) le cui scosse più intense sono avvenute con il terremoto del 25 Gennaio 2012 di magnitudo 4.2 (area epicentrale posta a circa 10 km dalla città di Verona nel distretto sismico *Prealpi Venete*) e con i terremoti del 25 e 27 Gennaio 2012 rispettivamente di magnitudo 4.9 e 5.0 (area epicentrale tra Parma e Reggio Emilia nel distretto sismico denominato *Pianura*

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Padana Emiliana il primo e nel distretto sismico denominato *Frignano* il secondo). Il 18 Marzo è stato registrato il sisma di magnitudo inferiore ($M=3.1$), che ha avuto luogo con area epicentrale nei pressi di Ala (TN), nel distretto sismico denominato *Lago di Garda*.

In primavera si è attivata la sequenza sismica di Modena-Ferrara del Maggio 2012 che ha compreso il terremoto del 20 Maggio 2012 di magnitudo 5.9, avvenuto alle ore 04:03:52 italiane, con area epicentrale posta presso Finale Emilia-Mirandola (MO) (Figura 12), nel distretto sismico *Pianura Padana Emiliana*. Seguono nella stessa area, nelle giornate del 20-21 Maggio, oltre 190 repliche tra cui un sisma di magnitudo 5.1 (Figura 13) e ben dieci sismi con magnitudo compresa tra 4 e 5 (Figura 14).

Figura 12: Area epicentrale del sisma del 20/05/2012 ore 4:03 ($M= 5.9$)

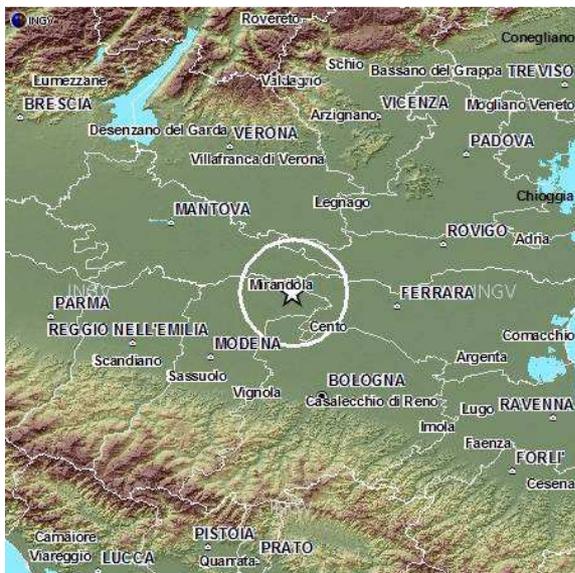
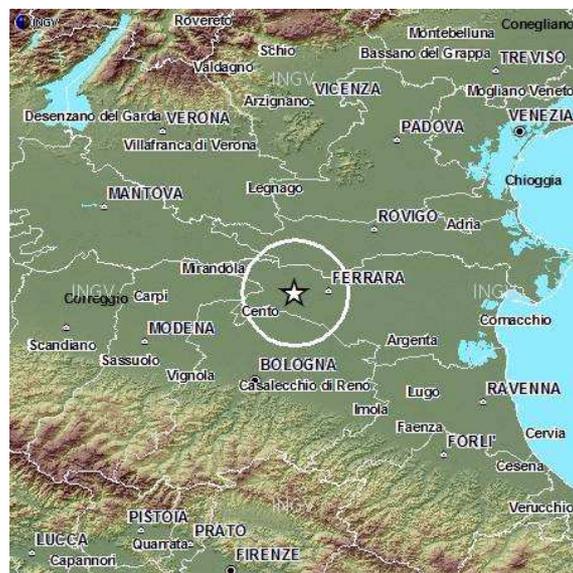


Figura 13: Area epicentrale del sisma del 20/05/2012 ore 15:18 ($M= 5.1$)



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

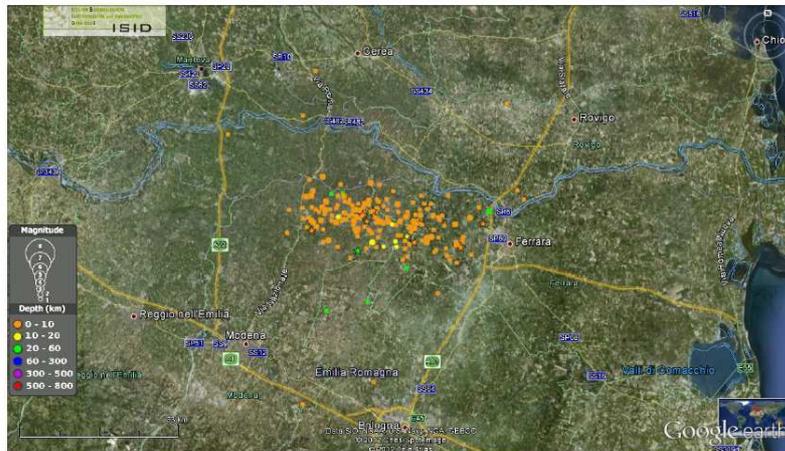
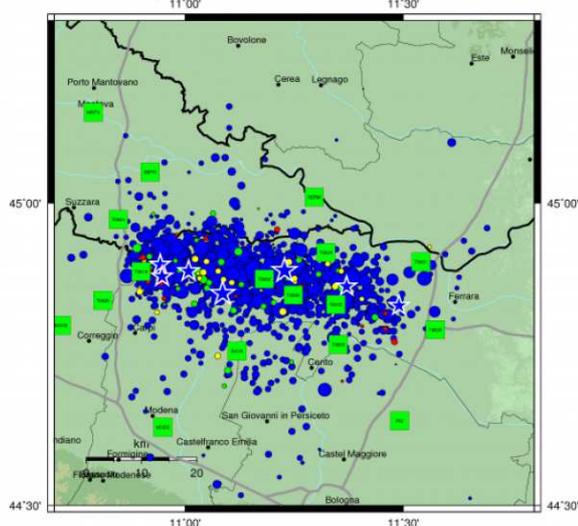


Figura 14: Mapa epicentrale aggiornata alle 19 del 21 Maggio 2012. Le stelle indicano i terremoti di magnitudo maggiore di 4. L'intera struttura delineata dalle repliche si estende per quasi 40 km in senso Est-Ovest tra la bassa modenese e la periferia Ovest di Ferrara (fonte: *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 21/05/2012*).

Mapa Epicentrale della Sequenza Sismica
per il periodo 16-05-2012 : 07-06-2012



Aggiornata al 2012-06-07,05:45:01 UTC, numero di eventi 1587

	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	18	28	39	1302
3.0 <= MI < 4.0	1	0	0	166
4.0 <= MI < 5.0	0	0	0	26
MI >= 5.0	0	0	0	7

Stato della rete

- Funzionante
- Parzialmente funzionante
- Guasta

(<http://iside.rm.ingv.it>)

La distribuzione degli epicentri mostra chiaramente che tutte le scosse siano riferibili ad un'articolata e complessa struttura tettonica compressiva a direzione circa E-W appartenente alla porzione frontale, sepolta, dell'Appennino settentrionale (arco sepolto ferrarese).

La serie sismica è proseguita intensamente fino alla data del 07 Giugno 2012 con un numero complessivo di 1587 eventi.

Nella mappa epicentrale della sequenza sismica elaborata da INGV (Figura 15) si evidenzia la progressiva attivazione di un'area sempre più ampia della struttura tettonica con spostamento dell'attività verso Ovest; la sequenza ha compreso un ulteriore terremoto di magnitudo molto elevata (M=5.8) avvenuto alle ore 9 del giorno 29 Maggio e, in totale, ben 7 scosse sismiche con magnitudo M >5.

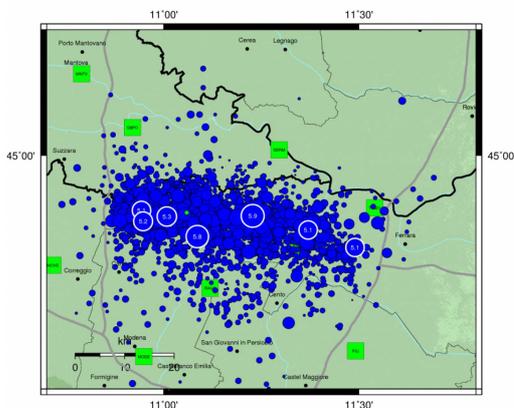
Figura 15 – (fonte: *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 07/06/2012*).

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Durante la stagione estiva ed autunnale 2012 l'attività sismica in queste aree ha proseguito seppure con sismi di intensità minore, con un numero complessivo di eventi registrati alla data del 1 Ottobre pari a 2466 sismi (di cui 2241 con $M < 3$, 189 con $3 < M < 4$; 27 con $4 < M < 5$, e 7 con $M > 5$); si segnala un terremoto avvenuto il giorno 3 Ottobre c.a. di Magnitudo pari a 4.5, avvenuto alle ore 16:41 italiane, con area epicentrale posta in prossimità dei Comuni Bettola-Farini-Morfasso (PC), nel distretto sismico denominato *Valle del Trebbia*, alle medesime latitudini dei terremoti parmensi-ferraresi ma verso quadranti più occidentali; le strutture tettoniche attivate mostrano meccanismi di attivazione trascorrenti.

Nel comunicato di aggiornamento *Terremoti in Pianura Padana* redatto il 5 Novembre 2012 dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e consultabile sul sito internet <http://terremoti.ingv.it/it/ultimi-eventi/842-terremoti-in-pianura-padana-emiliana.html> si evidenzia come non vi sia stato negli ultimi mesi dell'anno 2012 un incremento significativo sia per intensità che per numero degli eventi sismici (il numero di eventi registrati tra 1 Ottobre 2012 e 5 Novembre 2012 è pari a 28 sismi con $M < 3$ – Figura 16). Potrebbe pertanto essere in fase di esaurimento la "crisi sismica" iniziata nel Gennaio 2012; si rileva altresì che contestualmente alla diminuzione di questa attività si siano attivati altri distretti sismici italiani seppure con magnitudo massime di minore entità.

Mappa Epicentrale della Sequenza Sismica per il periodo 16-05-2012 : 01-10-2012



Aggiornata al 2012-10-01, 13:00:05 UTC, numero di eventi 2466

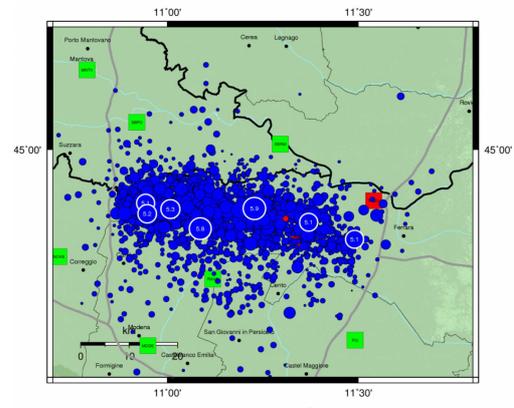
	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	0	0	1	2242
3.0 <= MI < 4.0	0	0	0	189
4.0 <= MI < 5.0	0	0	0	27
MI >= 5.0	0	0	0	7

Stato della rete

■ Funzionante ■ Parzialmente funzionante ■ Guasta

(<http://iside.rm.ingv.it>)

Mappa Epicentrale della Sequenza Sismica per il periodo 16-05-2012 : 05-11-2012



Aggiornata al 2012-11-05, 13:00:09 UTC, numero di eventi 2494

	Oggi	Ieri	2gg fa	Precedenti
MI < 3.0	1	0	0	2270
3.0 <= MI < 4.0	0	0	0	189
4.0 <= MI < 5.0	0	0	0	27
MI >= 5.0	0	0	0	7

Stato della rete

■ Funzionante ■ Parzialmente funzionante ■ Guasta

(<http://iside.rm.ingv.it>)

Figura 16 – (fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – Comunicato del 01/10/2012 e Comunicato del 05/11/2012).

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Appare in ogni caso plausibile che i recenti sismi italiani, seppure ubicati in zone sismogenetiche diverse e caratterizzati da profondità ipocentrali e meccanismi focali differenziati e peculiari di sistemi di faglie differenti, siano riferibili ad un unico scenario “geodinamico” a larga scala. Infatti l’intera regione mediterranea è stata interessata, nello stesso periodo, da una fase di marcata attività sismica lungo i margini delle placche tettoniche ed in particolare della microplacca adriatica, come esemplificato dalla mappa dei sismi di seguito riportata e relativa al giorno 1 Febbraio 2012 e 30 Maggio 2012 (Figura 17).

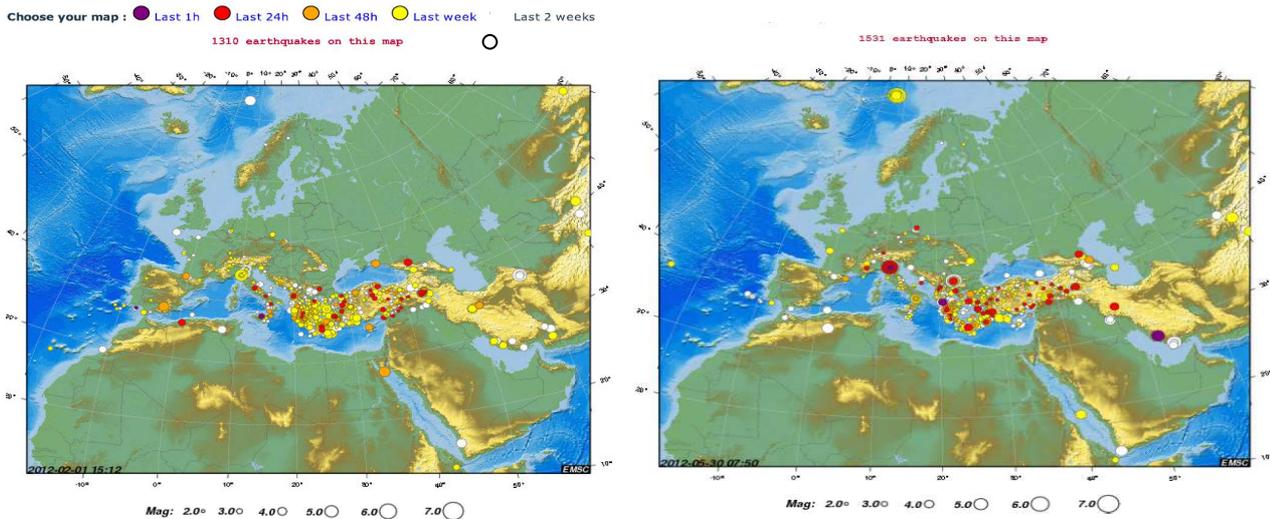


Figura 17 – Mappe dei sismi del 1 Febbraio e del 30 Maggio 2012 (European Mediterranean Seismological Centre).

Peraltro la mappa dei sismi del giorno 12/02/2013 (Figura 18) mostra una significativa e generalizzata diminuzione di attività tellurica nell’area mediterranea rispetto all’anno 2012.

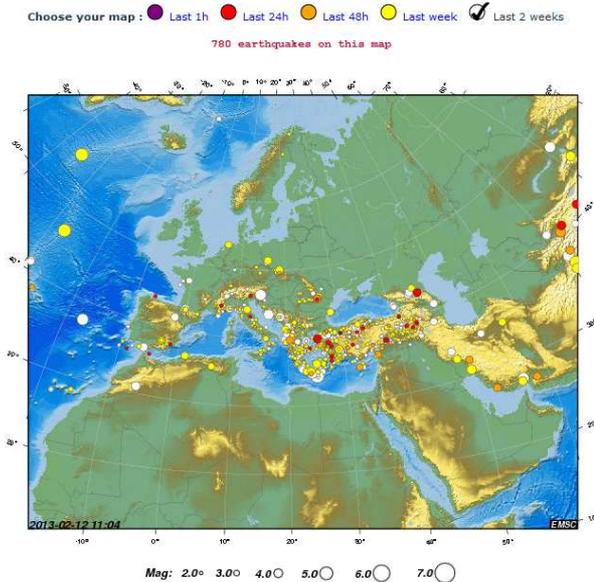


Figura 18 – Mappe dei sismi del 12 Febbraio 2013 (European Mediterranean Seismological Centre).

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Una sostanziale conferma della ricostruzione sopraproposta dei recenti eventi sismici che hanno interessato l’area padana viene dalla lettura dello studio *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain* (Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise, Luglio 2014)

2.4 FAGLIE SISMOGENETICHE- FAGLIE CAPACI

Sulla base dei dati raccolti, tra i quali in particolare si segnalano studi prodotti dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) tra cui il recente *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain* (Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise, Pure and Applied Geophysics Luglio 2014) appare probabile che le faglie cartografate in territorio di Salò (vedi ¶ 2.1) siano state **attive in età più recente rispetto ai 40.000 anni indicati negli ICMS** al fine di individuare le cosiddette “**Faglie Capaci**”.

Tenendo conto di tutto quanto illustrato in riferimento all’ambito sismotettonico ed alla sismicità storica che caratterizza il territorio di Salò (¶2.2 e ¶2.3) e dell’assetto geologico-strutturale regionale e locale (¶2.1) si è proceduto a consultare i cataloghi ed i data base dedicati (Progetto ITHACA) seppure essi siano tutt’ora in fase di “implementazione”, nonché le nuove interpretazioni dei sistemi di faglie proposti negli studi di neotettonica recenti.

Un’importante caratteristica che accomuna i terremoti della Pianura Padana e dei margini prealpini è che, in virtù della loro cinematica e del loro contesto geologico, anche i più superficiali tra essi non producono fagliazione della superficie topografica, o comunque non sono noti effetti di terremoti del passato che potrebbero essere ricondotti a fagliazione superficiale. In altre parole, le faglie della Pianura Padana non arrivano a tagliare la superficie terrestre ma si fermano in profondità, e prendono per questo il nome di **faglie cieche**. Ne consegue che le faglie padane possono essere investigate solo tramite metodi indiretti.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Lo studio dell’INGV, appena pubblicato su *Pure and Applied Geophysics*, ha ripreso in esame e riorganizzato tutte le conoscenze sulla geologia, sulla tettonica e sulla sismicità della Pianura Padana. Le faglie cieche della Pianura Padana sono state suddivise in quattro gruppi principali (Figure 19 e 20):

- Gruppo #1: i **thrust superficiali delle Alpi e degli Appennini**, che includono sia i sistemi di faglie che corrono ai piedi dei rispettivi rilievi sia i fronti più esterni in pianura;
- Gruppo #2: i **thrust profondi dell’Appennino settentrionale**;
- Gruppo #3: le strutture “ereditate”;
- Gruppo #4: le **strutture trasversali alle catene delle Alpi e dell’Appennino**.

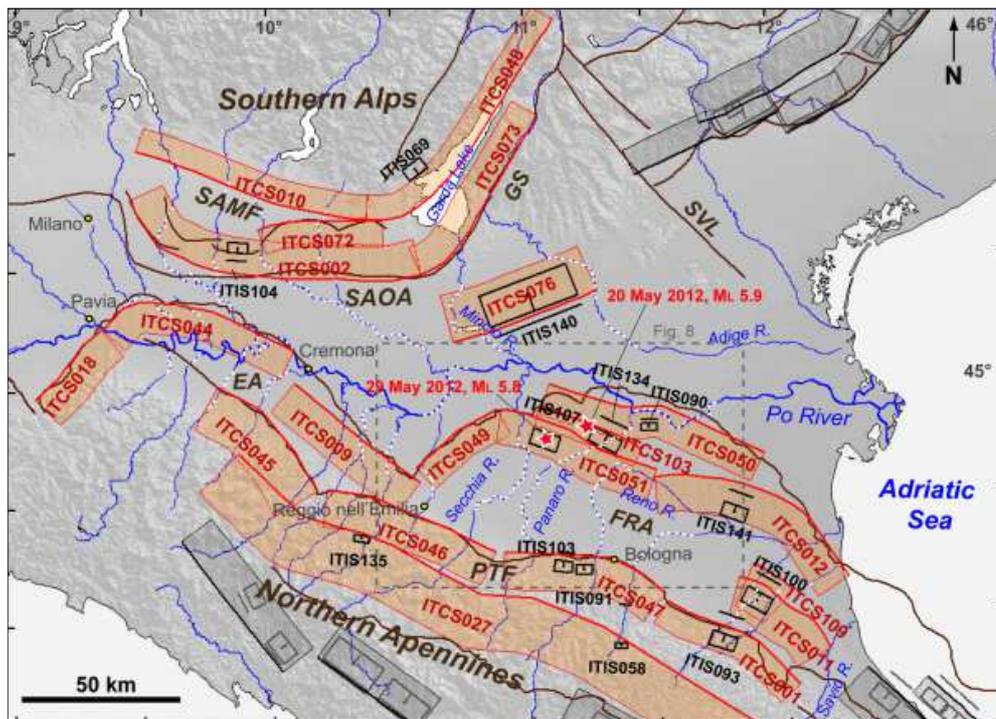


Figura 19 (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Sorgenti Sismogenetiche Individuali (ISS) e Sorgenti Sismogenetiche Composite (CSS) della Pianura Padana (rappresentate rispettivamente con rettangoli neri e fasce rosse; per le definizioni si vedano Basili et al., 2008; DISS v. 3.2). Le anomalie della rete di drenaggio sono evidenziate in tratteggio bianco. SAMF: fronte montuoso delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; GS: Sistema delle Giudicarie; SVL: Schio-Vicenza; PTF: fronte pedeappenninico; EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

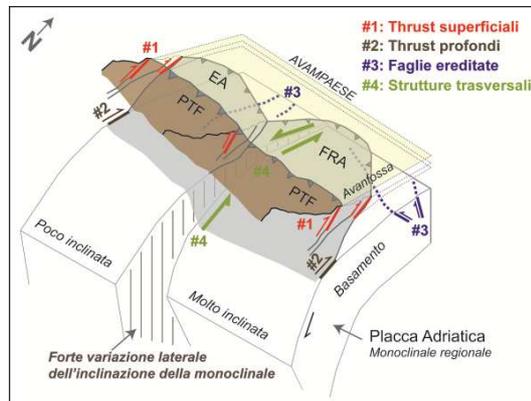


Figura 20 (tratta da *The Seismotectonics of the Po Plain (Northern Italy): Tectonic Diversity in a Blind Faulting Domain*- Paola Vannoli, Pierfrancesco Burrato, Gianluca Valensise): Schema semplificato che illustra i quattro gruppi di sorgente sismogenetica identificati in Pianura Padana nel recente studio. Oltre ai thrust superficiali e profondi, sono presenti le faglie ereditate che tagliano l'avampaese e le strutture trasversali. Queste ultime sono state interpretate, in questo studio, come la risposta fragile della litosfera superiore alla variazione dell'inclinazione della monoclinale regionale. EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo; PTF: fronte pedeappenninico.

Nello stesso studio si elabora una tabella (Tabella 1) che rappresenta un primo tentativo di attribuire ogni forte terremoto storico Pianura Padana a questi quattro grandi gruppi di faglie ed a singole strutture tettoniche note.

Tabella 1

ID	Data	Località	Intensità	M _w	Multiplo	Profondo	Sorgente(i)	Gruppo	Struttura tettonica
3	30 ott 1901	Salò	VIII	5.7	N/A	N	ITIS069; ITCS048	#1	SAMF

Tabella 1: Parametri dei maggiori terremoti storici dell'area di studio (CPTI11 e Boschi e Guidoboni, 2003). Ogni terremoto è stato, in via preliminare, assegnato ad un gruppo e, quando possibile, ad una struttura tettonica. S: Sì; N: No; N/A: Non applicabile. EA: arco Emiliano; FRA: arco Ferrarese-Romagnolo; PTF: fronte pedeappenninico; SAMF: fronte delle Alpi Meridionali; SAOA: arco esterno delle Alpi Meridionali; DR: rampa profonda; SVL: Schio-Vicenza; AVML: Arbia- Val Marecchia; PSL: Prato-Sillaro; VVL: Viareggio-Val di Lima-Bologna; EL: Enza; ML: Montone; UDS: struttura tettonica ignota.

Il terremoto di Salò storico (ID 3) del 30 Ottobre 1901 di M 5.7 viene attribuito a sistemi di faglie superficiali (#1) (ITIS069 in Fig. 19) ed in particolare ad un *thrust* (faglia inversa) cieco, lungo circa 7 km a direzione N231 immergente verso NW.

Per la cosiddetta **Sorgente di Salò** gli Autori propongono una collocazione su una *deep ramp* afferente al Sistema delle Giudicarie; la geometria ed il cinematismo della sorgente sono state scelte seguendo le considerazioni geodinamiche e di geologia regionale come ricostruite nella letteratura geologica ed illustrate ampiamente nei paragrafi precedenti. La soluzione focale del recente **terremoto del 24 Novembre 2004 di M 5.2**, avvenuto pochi km a Nord della Sorgente di Salò, ha permesso di affinare ulteriormente i dati sismogenetici.

La profondità della Sorgente di Salò, oltrechè essere stata indirizzata dalla profondità del sisma del 2004 (8 km) è stata scelta seguendo l'analisi del risentimento macrosismico del



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

terremoto del 1901; si ha infatti una vasta area danneggiata con una massima intensità I pari a 8 MCS nella città di Salò.

Gli Autori riportano alcune ipotesi, lasciando nel contempo aperte alcune questioni interpretative, che mettono in relazione la Sorgente di Salò con i sistemi tettonici e sismogenetici delle aree adiacenti e geologicamente correlabili (vedi quanto già descritto al ¶ 2.3 ed illustrato in Fig. 8, sotto riproposta).

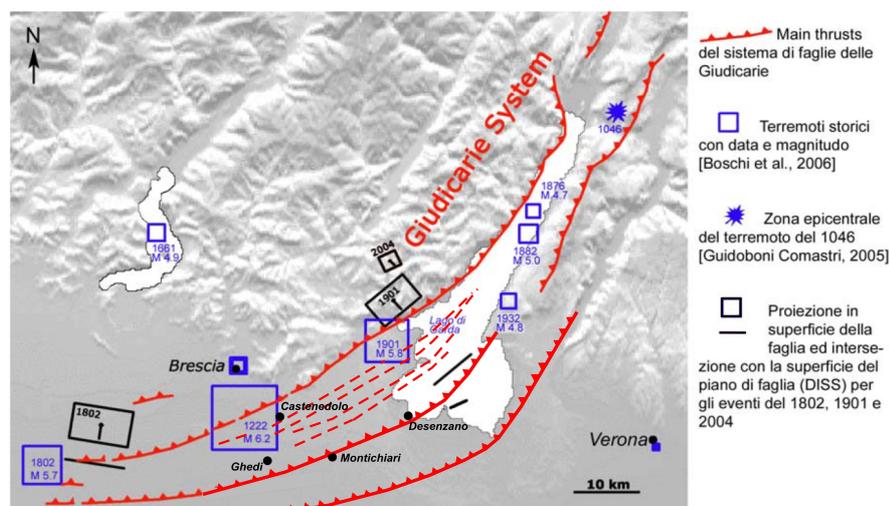


Figura 8: Schema sismotettonico dell'area Gardesana con proiezione dei principali sismi storici dell'area (modificato da "Progetto S3 - Scenari di scuotimento in aree di interesse prioritario e/o strategico - F. Pacor e M. Mucciarelli - Luglio 2007)

In primo luogo con la configurazione geometrica proposta **la faglia inversa di Salò si potrebbe connettere con il sistema di thrust superficiale della catena del Monte Baldo**, seppure non siano ancora definite in maniera univoca le relazioni strutturali tra i vari elementi. Rimane inoltre da chiarire se la porzione profonda del *thrust* del Monte Baldo sia ugualmente sismogenetica (come proposto da Galadini et al. [2001]).

Ad Ovest della Sorgente di Salò, **la continuità laterale del fronte attivo del thrust può essere provata dalle evidenze geomorfologiche e sismologiche**: 1) a sud di Brescia, nell'area epicentrale del terremoto del 1222 (M 6.2), la superficie di aggradazione sedimentaria riferibile al LGM (Livello di Massimo Glaciale) è deformata e le colline di Castenedolo e Ciliverghe potrebbero rappresentare l'espressione morfologica di un *thrust* ramp superficiale 2) più verso Ovest la Sorgente di Orzinuovi, responsabile del terremoto del 12 Maggio 1802 (M 5.7), controlla localmente l'andamento delle linee di drenaggio dei corsi d'acqua. Pertanto il *thrust* e la sorgente di Salò potrebbero essere connessi con le strutture responsabili del recente sollevamento delle colline di Castenedolo and Ciliverghe a Sud di Brescia.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

La consultazione del Data Base di ISPRA (Progetto ITHACA – Fig. 21) ha permesso di verificare che anche in questo caso siano segnalati, per il territorio d’interesse, più sistemi di indicati come “Faglie Capaci” e cioè attivi negli ultimi 40.000 anni.

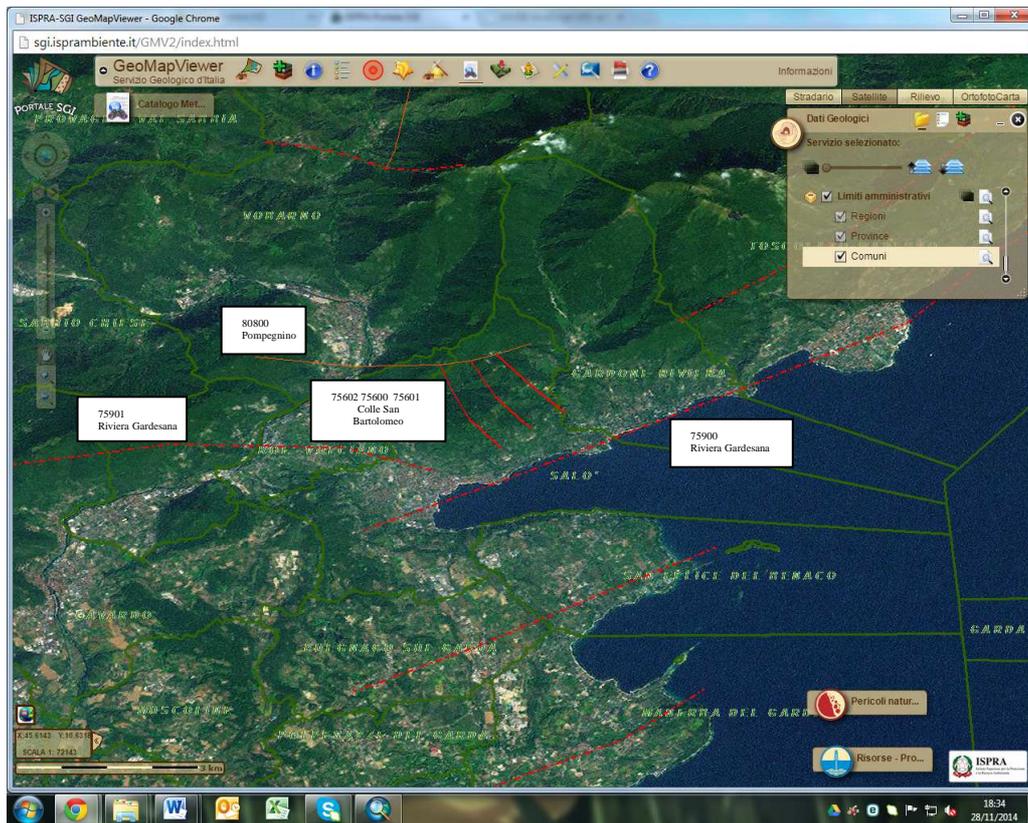


Figura 21 (tratta e modificata da ISPRASGI GeoMapViewer / SGI.ISPRAMBIENTE.IT/gmv2/index.html).

In particolare sono state riconosciute 3 faglie ad andamento marcatamente NE-SW e pertanto riferibili al Sistema Giudicariense e compatibili con la Sorgente di Salò (sopra descritta) codificate come **75901** e **75900** e denominate entrambe **Riviera Gardesana** (rispettivamente proveniente dall’entroterra gardesano e allungata nell’immediato offshore lacustre da Salò verso Gardone Riviera) e **80800** denominata **Pompegnino**. Per le faglie Riviera Gardesana viene ipotizzata (media affidabilità) un’attività storica (< 3.000 anni) ed un rango di faglie primarie, per la faglia di Pompegnino viene stimata (media affidabilità) un’attività Olocenica generica (<10.000 anni).

Un ulteriore sistema di 3 faglie ad orientazione NW-SE, denominate Colle San Bartolomeo, di rango subordinato e per il quale le stime hanno bassa affidabilità, è individuato con i codici 75600-75601-75602.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Rimandando alle **schede in allegato** per maggiori dettagli descrittivi dei sistemi di faglie inseriti nel data base di ISPRA si vuole qui sottolineare che preso atto di quanto riportato nei data base nazionale e nella più recente letteratura inerente le faglie sismogenetiche si è ritenuto di considerare entro il territorio d’interesse la specifica tematica.

E’ stato pertanto applicato il metodo di correlazione tra le strutture individuate nella cartografia ITHAKA ed in letteratura e gli elementi strutturali descritti al ¶ 2.1 e riportati nella **Carta Geologica con elementi Geomorfoloici e Strutturali** (All.1 – Scala 1:10.000). Si è così pervenuti ad individuare le faglie che, con buona attendibilità e sulla base delle conoscenze scientifiche attuali, possano essere identificate quali faglie capaci ai fini del presente studio ed inserite nelle apposite categorie di microzonazione sismica ai sensi degli ICMS (vedi paragrafi successivi).

2.4 NORMATIVE SISMICHE – VALORI DI a_g

Il **D.M. 05/03/1984** istituiva l’elenco dei comuni considerati “sismici”; il territorio comunale di **Salò** veniva in esso classificato quale appartenente alla “**II Categoria Sismica**”.

La normativa sismica (D.M. 16 Gennaio 1996) in Italia, anteriormente al Marzo 2003, suddivideva il territorio nazionale in tre categorie di pericolosità (elevata, media e bassa). Per ciascuna categoria sono assegnati un grado di sismicità (S) ed un coefficiente di intensità sismica ($C=(S-2)/100$). Lo spettro di progetto $S_a(T)$ si ottiene moltiplicando il coefficiente C (pari a 0.10g - 0.07g - 0.04g in ordine decrescente di pericolosità sismica) per una forma spettrale $R(T)$ indipendente dalle condizioni del sottosuolo. Queste normative sismiche non tengono conto del ruolo del terreno sulla modifica di forme ed ordinate spettrali, se non con la moltiplicazione dello spettro per il coefficiente di fondazione ϵ che di regola è unitario, salvo che per “terreni particolarmente compressibili” per i quali si consiglia di incrementare ϵ fino a 1.3.

L’**Ordinanza PCM n° 3274 del 20/03/03** e Norme Tecniche allegate, che inserisce il territorio di **Salò in zona sismica 2**, fa riferimento a metodologie più recenti in cui il moto sismico è caratterizzato anche in relazione alle condizioni locali. In tale direzione si è già mosso l’Eurocodice 8 (EC8) che stabilisce le regole per il progetto e la costruzione di strutture in zona sismica per i paesi membri della Comunità Europea. Secondo l’EC8, come anche secondo l’OPCM 3274/03, i territori nazionali vengono suddivisi in zone sismiche in funzione della pericolosità locale, descritta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa alla superficie di un sito rigido di riferimento (a_g). I valori di accelerazione massima fissati nella nuova ordinanza per le zone 1, 2, 3 e 4 (rispettivamente 0.35g - 0.25g - 0.15g - 0.05g) recepiscono la proposta del G.N.D.T. (1985) e risultano maggiori di quelli della precedente normativa. La normativa allegata all’OPCM 3274/03 richiede alle Regioni di eseguire la valutazione di a_g sul proprio territorio e quindi di assegnarli ad una delle zone della nuova classificazione.

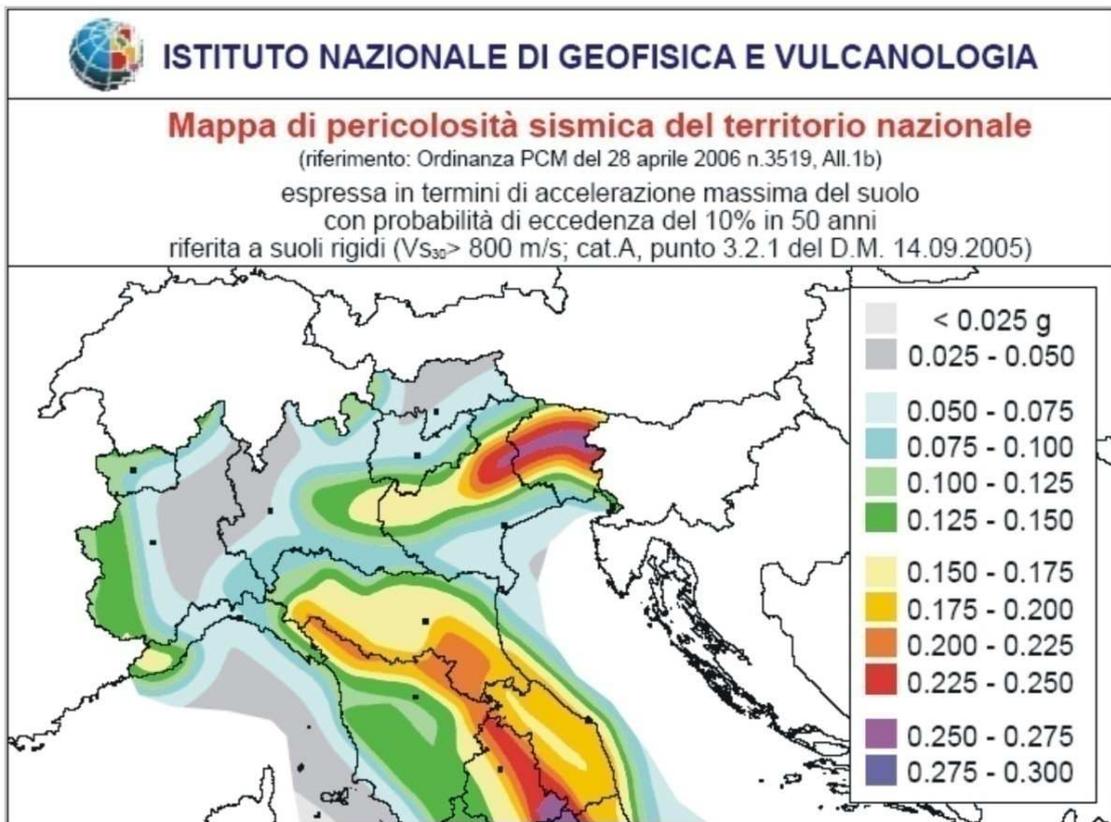


STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

La Regione Lombardia con D.G.R. 7/14964 del 7/11/03 ha fornito alcune disposizioni preliminari per l'attuazione dell'OPCM 3274/03, confermando la classificazione dei territori comunali lombardi riportata nell'Ordinanza e l'adeguamento alle norme tecniche allegate.

In ogni caso la normativa sismica ed i parametri relativi a ciascun territorio risultano in veloce e continua revisione, soprattutto nell'ambito della convenzione tra INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) e DPC (Dipartimento Protezione Civile) che prevede l'assistenza per il completamento e la gestione della "mappa di pericolosità sismica" prevista dall'OPCM 3274/03.

Già l'**Ordinanza P.C.M. 3519 del 28/04/06** fornisce una revisione dei valori di a_g sul territorio nazionale ed inserisce il territorio di **Salò in zona sismica 2**, ed in particolare nella sottozona caratterizzata da valori di a_g compresi tra 0.150 e 0.175 (accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni).



Più recentemente nell'ambito della revisione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008) sono state adottate le stime di pericolosità sismica del progetto

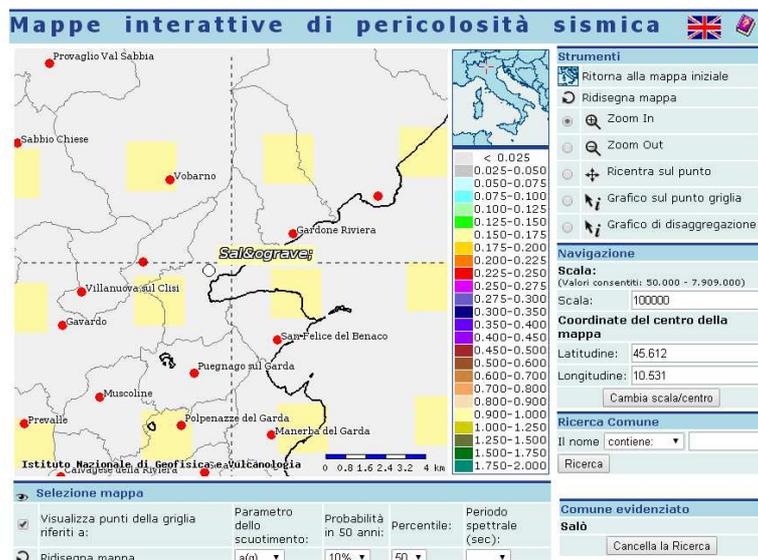
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

S1, concludendo il percorso iniziato nel 2003. Tali stime superano il concetto di classificazione a scala comunale e sulla base di 4 zone sismiche. Tuttavia le 4 zone sismiche mantengono una funzione prevalentemente amministrativa. La Regione Lombardia ha stabilito nella D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/2011 (punto 1.4.3) che “*la suddivisione del territorio in zone sismiche (ai sensi dell’OPCM 3274/03) individua unicamente l’ambito di applicazione dei vari livelli di approfondimento in fase pianificatoria*” e specifica altresì che “*ai sensi del D.M. 14/01/2008, la determinazione delle azioni sismiche in fase di progettazione non è più valutata riferendosi ad una zona sismica territorialmente definita, bensì sito per sito, secondo i valori riportati nell’All. B al citato D.M.*”. I dati riportati nell’All.B del D.M. 14/01/2008 coincidono per lo più con quelli riportati nell’Ord. 3519/2006, e sono in ogni caso determinabili mediante le coordinate geografiche e l’utilizzo di programmi applicativi, quali “Spettri-NTC ver.1.0.3” (vedi paragrafi successivi).

Tuttavia di recente la Regione Lombardia con **D.G.R. X/2129 del 11/07/14** ha di recente approvato un “*Aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia (L.R. 1/2000, art. 3, c. 108, lett. d)*” che recepisce definitivamente la classificazione dell’OPCM 3519/2006 e che, sulla base della successiva D.G.R. 10 ottobre 2014 - n. X/2489, entrerà in vigore il 14 ottobre 2015.

La sopracitata D.G.R. ha recepito la classificazione dell’Ord. P.C.M. 3519/2006 ed ha pertanto confermato il Comune di Salò (BS) in **zona sismica 2** con valore di $a_{gmax}=0,16175$ anche a livello regionale e pertanto ai fini pianificatori. Ciò ha di fatto sanato una difformità di classificazione nazionale/regionale che creava non pochi problemi tecnico-progettuali.

Si forniscono in proposito i dati di pericolosità sismica riportati sul link <http://zonesismiche.mi.ingv.it> relative al sito d’interesse:



2.5 RISPOSTA SISMICA DEL SITO AI SENSI DEL D.M. 14/01/08

Con l'entrata in vigore del nuovo Testo Unico, che definisce con D.M. 14/01/08 le “Norme Tecniche per le Costruzioni”, è divenuto vigente l'obbligo di eseguire la progettazione in prospettiva sismica in tutte le aree classificate in zona sismica. Tuttavia le stesse NTC/08, per siti ricadenti in zona sismica 4, ammettono metodi di calcolo previsti dalle normative precedenti (Cap. 2.7 del D.M. 14/01/08 - Verifiche alle Tensioni Ammissibili secondo il D.M. 14/02/92, il D.M. 20/11/87 ed il D.M. 11/03/88) per costruzioni di tipo 1 e 2 e per Classi d'Uso I e II; si prescrive che in tal caso le azioni sismiche debbano essere valutate secondo il D.M. 16/01/1996, assumendo pari a 5 il Grado di Sismicità S.

Per la valutazione dell'Azione Sismica di un sito il Testo Unico (D.M. 14/01/08) richiede l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle in esso riportate, nonché l'applicazione di quanto previsto ai paragrafi 3.2.3.2, 3.2.3.3, 3.2.3.4 e 3.2.3.5.

Nel caso in cui non siano state condotte specifiche analisi di Risposta Sismica Locale la normativa prevede che possano venire utilizzati i metodi semplificati previsti dal D.M. 14/01/08.

Il **Modello Geologico-Geotecnico e Geofisico** e le **Caratteristiche Geomorfologiche** del sito (**Categoria di Sottosuolo** e la **Categoria Topografica**) dovranno, in tal caso, essere utilizzate per la stima dell'Azione Sismica e più in generale per la progettazione delle opere.

Mediante il programma Excel “Spettri-NTC (ver. 1.0.3)” è possibile definire gli Spettri di Risposta Elastici ed i Parametri di Pericolosità Sismica definiti per il sito di progetto sulla base dei risultati del progetto S1 – INGV (**Fase 1**).

Lo sviluppo delle **Fasi 2 e 3**, per la definizione degli Spettri di Risposta Elastici di progetto, relativi ai vari Stati Limite, necessita la conoscenza e/o la scelta di parametri progettuali di competenza dei Tecnici Progettisti delle opere.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

2.5.1 Categoria di Sottosuolo e Categoria Topografica

Viene di seguito riepilogata la modalità di classificazione e caratterizzazione dei terreni secondo quanto indicato dalle norme tecniche per il progetto sismico allegate al D.M. 14/01/08.

Il **sottosuolo** deve essere classificato secondo le tabelle allegate al D.M. 14/01/08 e riportate di seguito:

Tabella 3.2.II – *Categorie di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo*

Categoria	Descrizione
S1	Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Il valore di $V_{s,30}$ viene stimato utilizzando l'espressione:

$$V_{s,30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{s,i}}} \quad [\text{m/s}] \quad (3.2.1)$$

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Secondo il D.M.14/01/08 ed in base ai dati sismostratigrafici esaminati (vedi paragrafi successivi) nel territorio di Salò sono state riconosciute le seguenti categorie di sottosuolo:

Ambito Geologico	Categoria di Sottosuolo
Settore Montano - Pedemontano	A B-C-E
Settore Collinare	B-C
Settore Pianura/Fondovalle	B-C

Per quanto concerne le **caratteristiche geomorfologiche** si potrà fare riferimento alla tabella 3.2.IV del D.M. 14/01/08.

Tabella 3.2.IV – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Per il territorio di Salò, caratterizzato da ambiti fortemente eterogenei, possono essere riconosciute **tutte le categoria topografiche**, con **netta prevalenza della categoria T2**.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

2.5.2 Pericolosità sismica del sito – Parametri sismici di riferimento ai sensi del D.M. 14/01/08

Per il territorio d'interesse, possono essere stimati per varie frequenze annuali di superamento, i valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla Pericolosità Sismica mediante il programma Spettri-NTC ver.1.0.3, utilizzando le coordinate geografiche.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

LONGITUDINE: 10,532 LATITUDINE: 45,6095

Ricerca per comune

REGIONE: Lombardia PROVINCIA: Brescia COMUNE: Salò

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo

- Sito esterno al reticolo
- Interpolazione su 3 nodi
- Interpolazione corretta

Interpolazione: superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

Nodi del reticolo intorno al sito



INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Al fine di definire compiutamente tali parametri bisogna tenere conto della classe d'uso dell'edificio di progetto (rif. → paragrafo 2.4.2 NTC-08) e della strategia di progettazione (applicazione della **Fase 2 della procedura**).

Tenuto conto delle finalità del presente studio ed **indicativamente** si riportano di seguito i valori stimati per il territorio di Salò e per una **Classe d'Uso IV** (ai sensi del paragrafo 2.4.2 NTC-08) ipotizzando una progettazione per strutture strategiche (**Fase 2**).

Si riportano indicativamente i parametri progettuali ed i relativi periodi di riferimento da utilizzare per i diversi Stati Limite:

Vita Nominale della costruzione (in anni) - V_N	50			
Coefficiente d'uso della costruzione - C_U	2,0			
Periodo di Riferimento per la costruzione (in anni) T_R	SLO 60	SLD 101	SLV 949	SLC 1950

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

I valori dei parametri sismici normativi (a_g , F_0 e T_c^*) relativi alla pericolosità sismica stimati secondo la **progettazione strategica** (Classe d'uso IV “Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità”) sono di seguito elencati:

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	60	0,063	2,470	0,247
SLD	101	0,082	2,473	0,253
SLV	949	0,204	2,485	0,278
SLC	1950	0,261	2,471	0,286

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Si allegano gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno SL, nonché i diagrammi con la variabilità dei valori dei parametri a_g , F_0 e T_c^* in funzione del periodo di ritorno T_R associati a ciascun SL.

Rimane in ogni caso in carico al Tecnico Progettista delle Strutture, o ad un'eventuale valutazione congiunta con il Geologo, la determinazione (**Fase 3**) dell'Azione Sismica di Progetto e quindi dello Spettro di Progetto Elastico (SLE) o Inelastico (SLU).

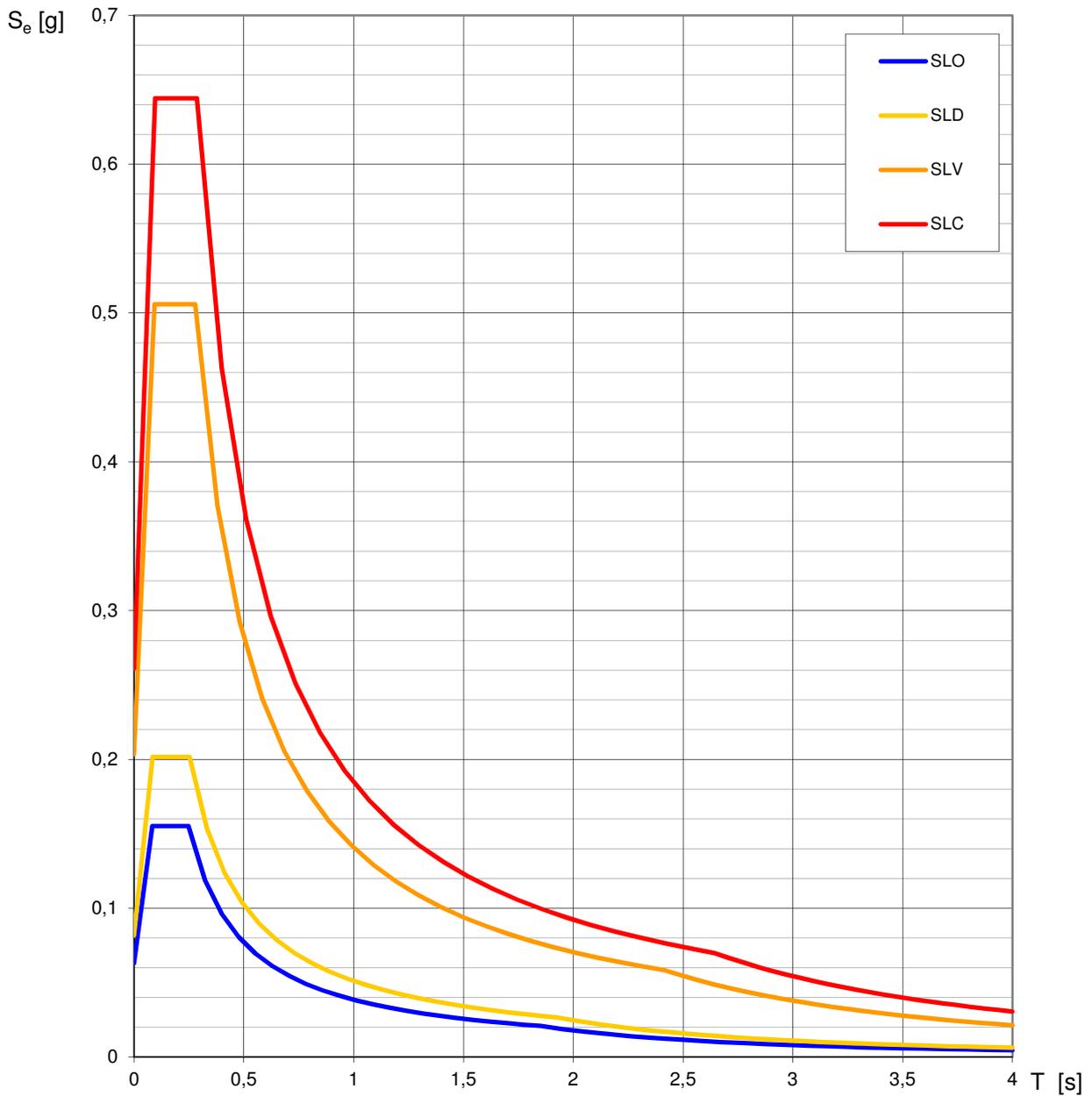
2.5.3 Amplificazione Stratigrafica (S_s) e Topografica (S_t)

Per l'utilizzo dei metodi, delle formule e delle tabelle riportate nella nuova revisione del Testo Unico (D.M. 14/01/08) si potrà tenere conto della categoria di sottosuolo stimata e dei valori dei parametri di pericolosità sismica del sito e potranno essere applicate le seguenti espressioni:

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

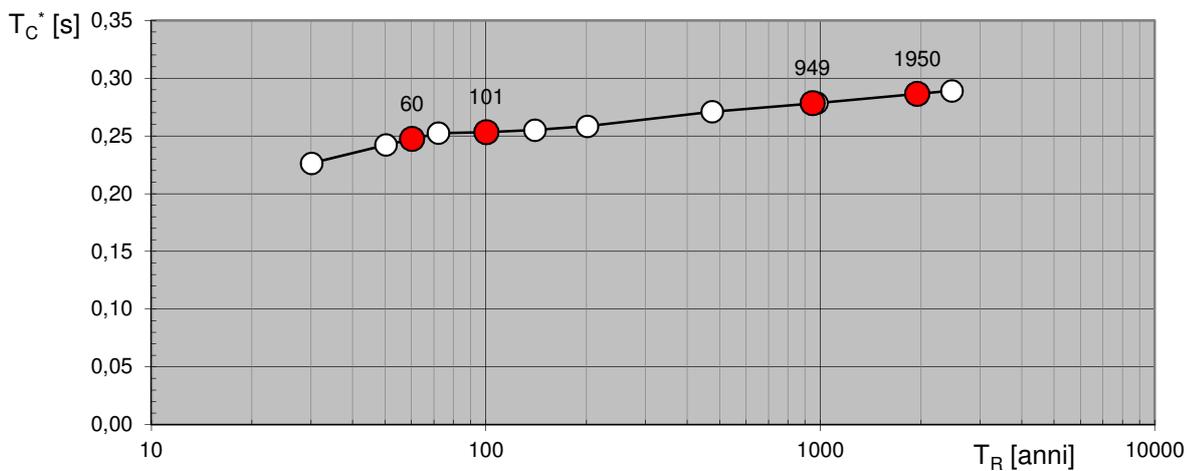
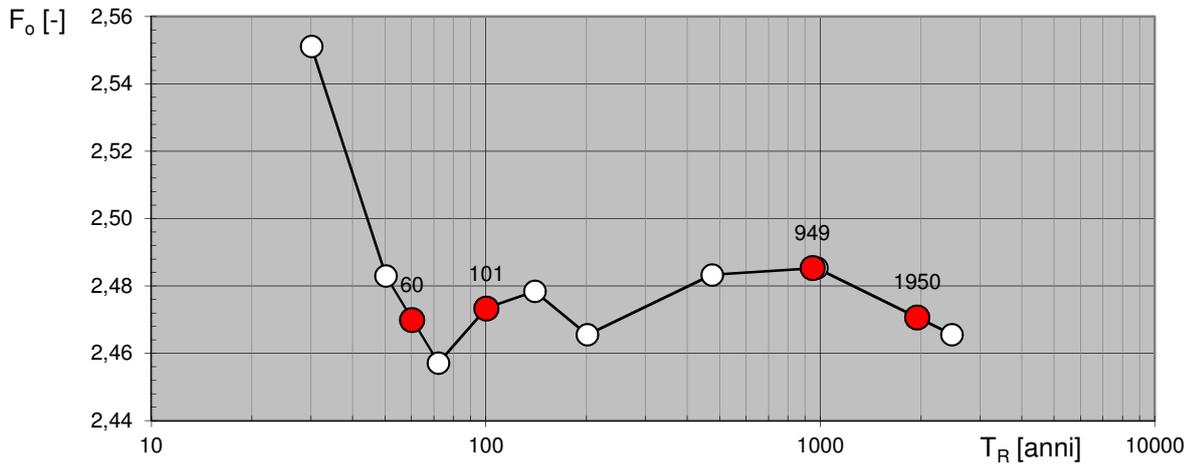
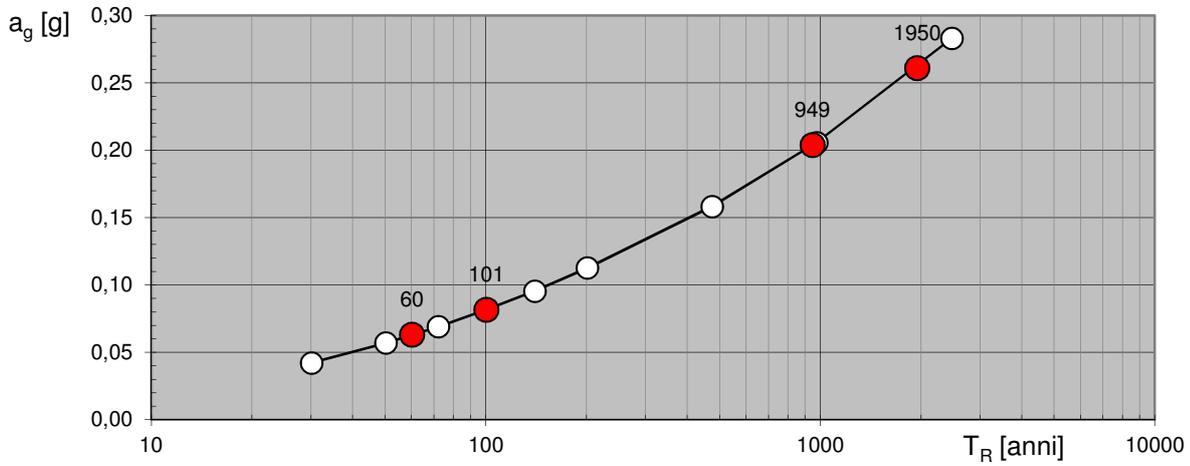
Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Per il territorio di Salò e nell’ipotesi di **progettazione strategica** (Classe d’uso IV “Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità”) sono di seguito elencati per le verifiche allo Stato Limite di Danno (SLD) ed allo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV) i relativi valori a seconda delle categorie di sottosuolo caratteristiche (considerando cautelativamente una categoria topografica T2 e un coefficiente topografico S_t pari a 1,2):

Cat. Sottosuolo		B	C	D	E
SLD	S_S	1,200	1,500	1,800	1,600
	C_C	1,448	1,652	2,484	1,992

Cat. Sottosuolo		B	C	D	E
SLV	S_S	1,198	1,396	1,641	1,443
	C_C	1,421	1,602	2,370	1,919

Per tener conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_t riportati nella seguente tabella:

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_t

Categoria topografica	Ubicazione dell’opera o dell’intervento	S_t
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

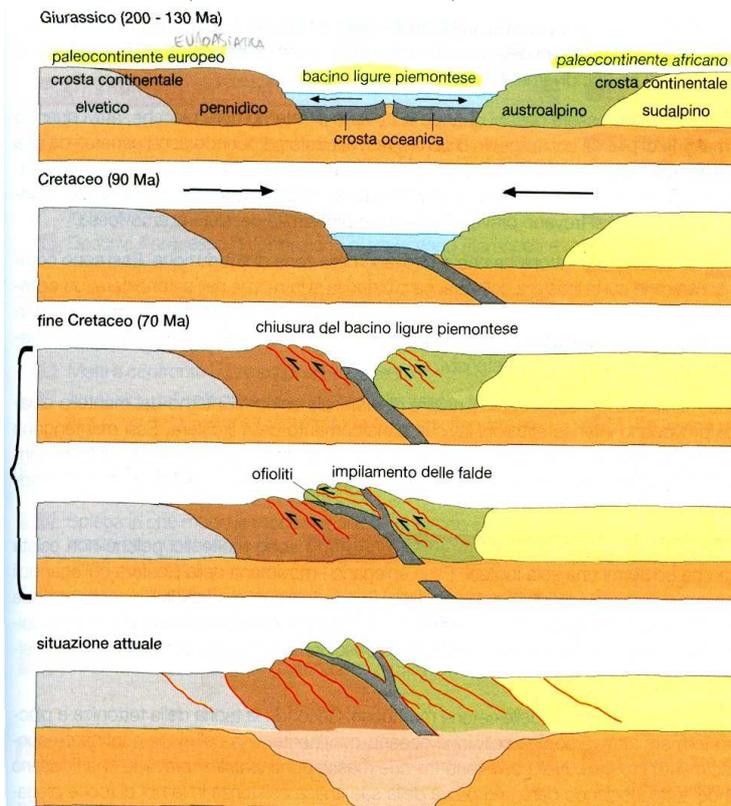
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Salò, con una superficie complessiva di circa 27,3 km², si affaccia sull'omonimo golfo del Lago di Garda, essendo delimitato ad W ed a S dalle **colline moreniche gardesane** ed a N dai **rilievi prealpini del Monte San Bartolomeo e del Monte Trat**.

Pertanto da punto di vista geologico Salò ricade lungo il contatto tra l'ambito morenico gardesano ed il settore prealpino bresciano orientale ed è contraddistinto nella porzione montana del territorio dalla presenza del **substrato roccioso pre-Quaternario**, costituito da diverse formazioni di età compresa tra il Cretaceo ed il Pliocene, di natura prevalentemente carbonatica, che risultano sovrapposte stratigraficamente e tettonicamente, costituendo sistemi di *thrust* riconducibili strutturalmente alle direttrici tettoniche regionali.

Le formazioni rocciose affioranti nella porzione di territorio d'interesse risultano deposte in un contesto geologico molto differente dall'attuale ed in un lasso di tempo compreso prevalentemente tra il Trias e l'Eocene (Alto Garda) e localmente esteso fino all'Oligocene-Miocene inf. (Medio-Basso Garda).



L'ambito geologico-strutturale della regione dell'Alto Garda appartiene al Domino Sudalpino, o Alpi Meridionali, che rappresenta il settore di catena alpina posto a sud della Linea Insubrica.

La tettonica distensiva Permiano-Giurassico culmina con l'apertura dell'Oceano Ligure-Piemontese; la regione del Sudalpino rappresentava un margine continentale passivo con bacini piuttosto articolati con presenza di alti strutturali separati da faglie distensive.

Le Prealpi Bresciane, nel contesto generale, afferiscono al "Bacino Lombardo", un settore subsidente in cui si depositarono imponenti successioni sedimentarie all'interno di sottobacini controllati

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

da una vivace attività tettonica distensiva (Giurassico-Cretaceo 180-130 Ma). Gli eventi tettonici compressivi che hanno coinvolto il margine prealpino a partire all'incirca dal Cretaceo Superiore (**orogenesi alpina**) hanno modificato, talora in maniera radicale, i rapporti giacitureali e di sovrapposizione reciproca portando all'attuale giacitura strutturale degli ammassi rocciosi. Gli eventi tettonici hanno inoltre comportato l'alterazione e la fratturazione degli ammassi rocciosi stessi con modalità (duttili o fragili) ed intensità fortemente dipendenti dall'età, dalla litologia e dal contesto strutturale di riferimento. In alcuni casi la deposizione delle formazioni rocciose si è protratta fino alle prime fase compressive dell'orogenesi alpina, in epoca cretaceo-oligocenica e fino ad oligo-miocenica.

In particolare lungo il versante meridionale del M.te S. Bartolomeo è presente un sovrascorrimento principale, con direzione all'incirca parallela alla linea di costa, che sovrappone la *Scaglia Lombarda* sulle *Marne Oligoceniche*. Sono altresì presenti delle faglie subverticali, più recenti, che interessano, oltre alle formazioni citate, anche i sovrastanti depositi della *Formazione di S. Bartolomeo* depositisi posteriormente al sovrascorrimento. Si rimanda ai paragrafi ¶2.1-¶2.2-¶2.3 per un più dettagliato **inquadramento strutturale-sismotettonico e sismogenetico** del territorio d'interesse

Al disopra del substrato roccioso, sono presenti **depositi glaciali**, correlabili alle varie fasi di evoluzione dell'apparato morenico gardesano, estesamente affioranti nel settore collinare e localmente mascherati o sostituiti/rielaborati, nel settore montano, da **coperture detritiche**, accumulate nei tratti di versante caratterizzati da minore gradiente topografico.

Il territorio di Salò si colloca entro il **Medio-Alto Garda Bresciano**, che si estende tra le cerchie moreniche originate nel Quaternario, a seguito del ritiro dei ghiacciai alpini trasfluenti dalla Valle dell'Adige e del Chiese e canalizzati nel solco strutturale gardesano preesistente e con andamento giudicariense. Esso riveste inoltre un importante significato geologico e morfologico essendo inserito nell'anfiteatro morenico meglio rappresentato e più esteso d'Italia.

Le cerchie moreniche, con andamento circa concentrico rispetto alla linea di costa del lago, segnano le diverse fasi di espansione dei ghiacciai. Da un punto di vista cronostratigrafico le cerchie moreniche possiedono in linea generale età crescente allontanandosi dalla linea di riva.

Durante lo scioglimento delle masse glaciali si originavano torrenti fluvio-glaciali che smantellavano i cordoni morenici già formati e deponevano il materiale nelle depressioni rimaste entro le diverse cerchie.

Tra i rilievi morenici sono talora presenti ampi ripiani, delimitati da scarpate, che corrispondono a terrazzi di *kame* formatisi durante le fasi di ritiro del ghiacciaio. Il dilavamento del fronte dei ghiacciai ad opera delle acque di fusione, ha determinato altresì l'accumulo di materiali a contatto con le stesse masse glaciali.

Talora le cerchie moreniche appaiono discontinue a seguito dell'azione di sfondamento praticata dagli stessi corsi d'acqua fluvio-glaciali.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Alcune depressioni o conche presenti sul territorio corrispondono a strutture relitte, formate nei pressi del fronte glaciale.

In letteratura le cerchie più interne sono riferite per lo più alla fase glaciale Würmiana mentre quelle più esterne sono attribuite al Riss, anche se non esiste uniformità di classificazione delle cerchie moreniche alle singole glaciazioni da parte dei diversi Autori.

Va in ogni caso sottolineato come possono essere distinte oscillazioni del ghiacciaio di ordine minore nell'ambito delle singole fasi Würm e Riss sia per i periodi glaciali che per quelli interglaciali.

Un punto di riferimento e/o di partenza per la cartografia geologica relativa a questo settore è la "*Carta Geologica dell'anfiteatro morenico del Garda - Tratto occidentale*", redatta da Venzo nel 1957.

Studi stratigrafici recenti ("**Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development**"; Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) attribuiscono i depositi morenici e fluvioglaciali affioranti nell'area di Salò limitatamente alla Fase di M.te Fatta (Pleistocene Inf.-Medio) e di Carpendenolo (Pleistocene med.) e più diffusamente alla Fase di Solferino (Pleistocene Superiore).

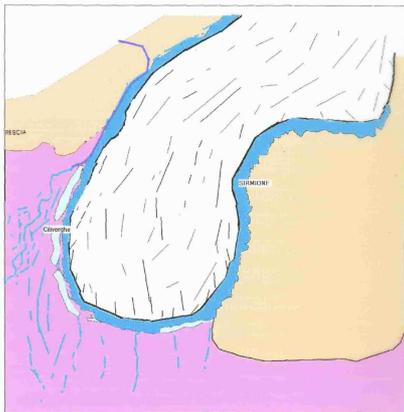


Fig. 17 - Fase morenica di Fatta

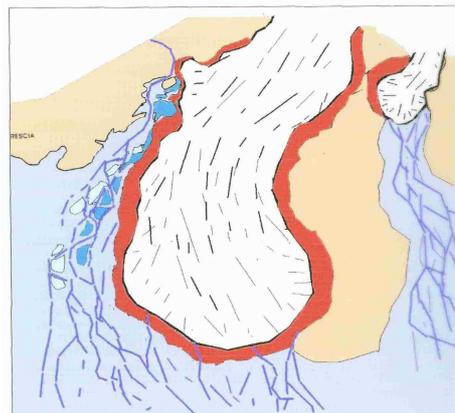


Fig. 19 - Fase morenica di Carpendenolo

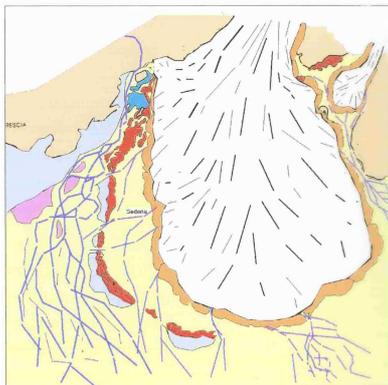


Fig. 20 - Fase morenica di Sedena

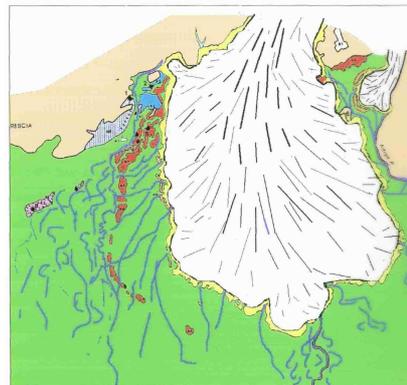


Fig. 21 - Fase morenica di Solferino

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

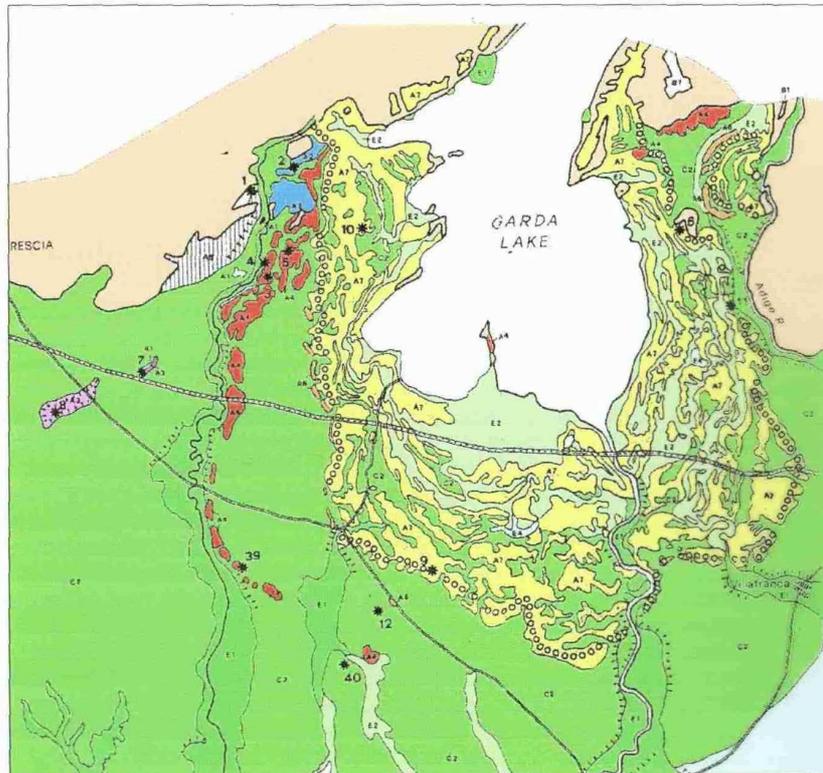


Fig. 23 - Disposizione attuale delle morene

Figure tratte da “**Paleosols and vetusols in the central Po plain -Northern Italy- a study in quaternary Geology and Soil Development**” (Cremaschi M., Ed. Unicopli, Milano, 1987) e modificate dal Dott. Geol. Damiano Scalvini.

Anche nella “**Carta Geologica delle Prealpi Bresciane tra Val Vrenda e il M.te Pizzoccolo 1/25.000**” (Baroni, Bissolati e Vercesi, 1995), vengono applicati i moderni sistemi stratigrafici. I rilievi cartografici di questi Autori comprendono il territorio di Salò e Roè Volciano; si ritiene che l’apparato glaciale riferito all’Unità di Solferino (Unità di Solferino di Cremaschi M., 1987) possa essere correlata all’Unità di Roè Volciano di Baroni et Al. (1995) ed all’Unità di San Felice d/B (Studio Geologico del Territorio Comunale di San Felice del Benaco – R. Lentini e G. Crestana, Maggio 2008); l’unità di Benecco e di Pellegrina possono essere rispettivamente correlate all’Unità di M.te Faita (Cremaschi, 1987) e di Carpenedolo (Cremaschi, 1987).

L’attuale revisione stratigrafica del quaternario mediante nuove interpretazioni e metodologie potrà introdurre, anche a breve termine, nuove e più precise interpretazioni.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Con il passaggio alle fasi post-glaciali e pertanto verso le attuali condizioni climatiche i fenomeni geomorfici legati all'idrografia superficiale ed alla gravità si sostituirono a quelli glaciali apportando modifiche al paesaggio. Si impostò gradualmente anche la rete idrografica diretta verso l'esterno delle cerchie collinare o direttamente verso il lago. In corrispondenza delle depressioni intermoreniche meglio sviluppate si formarono aree palustri.

La formazione del Lago di Garda ebbe una certa influenza sul modellamento della fascia costiera. Variazioni del livello del lago hanno più di una volta determinato un avanzamento della linea di riva. (C. Baroni “*Note sulla paleogeografia olocenica della costa occidentale del Lago di Garda*”, Geogr. Fis. Din. Quat., 8 - 1985). Significativo, perché ampiamente documentato lungo la sponda del Garda, è il livello situato a circa 70 m s.l.m. riferibile al post glaciale.

Di conseguenza in prossimità della costa le fasce depresse di origine glaciale poterono essere colmate con **depositi lacustri**. La fascia costiera del lago divenne un ambiente di deposizione di materiali fini associati ai **depositi più grossolani delle spiagge**.

Alla base dei versanti montani e collinari sono inoltre presenti **depositi di conoide di deiezione antichi**, con spessori a volte rilevanti correlati al livello di stazionamento alto del Lago, reincisi dai **conoidei alluvionali più recenti**, che costituiscono la fascia pedemontana e gli apparati deltizi degli elementi idrografici attuali.

Particolare interesse riveste la presenza, nel M.te S. Bartolomeo, di un antico **corpo di frana**.

Infine l'azione antropica di modellamento della superficie topografica, dapprima essenzialmente legata alle pratiche agricole e di pesca e successivamente alla progressiva urbanizzazione, ha portato nel tempo il territorio all'attuale configurazione.

Lungo la fascia perilacustre, gran parte del centro storico di Salò risulta altresì impostato su **materiali di riporto**.

3.2 ELEMENTI GEOLOGICI-STRATIGRAFICI

Le caratteristiche litologiche del territorio comunale sono riportate nella “**Carta Geologica con elementi geomorfologici e strutturali** (All. 1 – scala 1:10.000).

Per quanto concerne le datazioni e le descrizioni litologiche si è fatto riferimento ai dati raccolti (vedi paragrafi successivi) ed alle numerose pubblicazioni consultate ed in particolare, oltre allo *Studio Geologico del territorio comunale vigente* (Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti – Luglio 2007; Rev.01 Giugno 2008 e Rev.02 Marzo 2009), alle *Note illustrative della Carta Geologica delle Prealpi Bresciane tra la Val Vrenda e il M.Pizzoccolo* (C. Baroni e P.L. Vercesi, 1995) ed alle *Note illustrative della Carta Geologica delle Prealpi Bresciane a Sud dell'Adamello* (A. Boni & G. Cassinis, 1973). Infine si è tenuto conto anche di quanto riportato nello studio “*La Frana di Salò*” (C. Baroni, 1990)



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Si procede pertanto alla descrizione delle principali caratteristiche delle unità litostratigrafiche presenti entro il territorio comunale partendo dalle più antiche:

SUBSTRATO ROCCIOSO

Medolo (Med) – Domeriano-Hettangiano?

Calcari per lo più marnosi di colore grigio chiaro o grigio scuro, ben stratificati, con letti e noduli di selce e giunti marnosi e argillitici grigio-verdastri.

Formazione di Concesio (Con) – Calloviano inf.-Toarciano

Calcari e calcari marnosi talora detritici da grigi a nocciola, spesso selciosi, ben stratificati, con intercalazioni di marne grigio verdastre.

Formazione di Navone (Nav) – Dogger

Calcari marnoso-silicei con frazione selciosa abbondante o prevalente. La colorazione verdastra e grigio scura, sempre con tonalità di verde permette facilmente la sua identificazione. Essa evidenzia passaggi graduali sia con la F.ne di Concesio sia con il soprastante Selcifero Lombardo. Poco fossilifera presenta spessori massimi della decina di metri con affioramenti significativi in territorio di Salò nella zona a meridione del M.te Trat.

Selcifero Lombardo (SL) – Titoniano-Calloviano sup.

Comprende marne e calcari marnosi di colore rosso con selci (Rosso ad Aptici), passanti verso il basso a selci policrome stratificate (Radiolariti).

Maiolica (Ma) – Barremiano-Titoniano.

Calcari biancastri con selci a stratificazione variabile, ma generalmente di potenza limitata e frequenti interstrati pelitici sottili. Gli strati calcarei hanno spessore variabili ma in genere sono di potenza alquanto limitata (centimetrico-decimetrica). La potenza della formazione è stimabile nell'ordine del centinaio di metri (sino a circa 250 m); tuttavia la definizione dello spessore reale è difficile in quanto le deformazioni plastiche hanno prodotto marcati raccorciamenti e locali ripetizioni della successione. Il passaggio tra il Rosso ad Aptici e la maiolica è marcato da una sottile brecciolina.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Scaglia Lombarda – Cenomaniano-Eocene medio

L'unità della “Scaglia Lombarda” è costituita da marne argillose rosa salmone intenso o rosso mattone, con intercalazioni di calcari marnosi compatti; nella parte inferiore sono presenti straterelli di arenaria verde, seguiti da banchi calcarei marnosi e verso la parte superiore sono presenti fitte alternanze di marne argillose e marne calcaree.

“Scaglia Variegata” (Scv)

La Scaglia Variegata è costituita da marne fogliettate, di colore in prevalenza grigiastro e nerastro, alternantisi inizialmente con altre rosso-vinate e grigio-verdastre, che vengono poi a prevalere; superiormente si hanno marne ancora fogliettate, color rosa salmone e rosso vinaccia chiaro con interstrati più compatti.

La Scaglia Variegata che affiora nella Valle Madonna del Rio è rappresentata da un'alternanza di calcari marnosi bianco-grigiastri e di marne grigie, verdastre o nere.

La formazione possiede spessore variabile da 10 a 80 m (seppure gli spessori maggiori sono segnalati nell'area di Brescia); inferiormente la Scaglia Variegata passa alla F.ne della Maiolica e superiormente alla “Scaglia Rossa”.

Sulla base del contenuto fossilifero viene datata da Boni & Cassinis (1963) tra l'Aptiano ed il Cenomaniano forse fino al Barremiano Superiore.

“Scaglia Rossa” (Scr)

La “Scaglia Rossa” è in generale costituita da marne, marne argillose rosa salmone intenso e rosso mattone, subordinatamente grigio, con intercalazioni di calcari marnosi compatti; nella parte medio-inferiore compaiono straterelli di arenarie verdi, compatte; in quella superiore si hanno banchi calcareo-marnosi. Segue verso l'alto, una fitta alternanza di marne, talvolta argillose e talvolta calcaree, grigie e subordinatamente rosa –salmone spesso intenso, con calcari arenacei.

La Scaglia Rossa affiora con i caratteri descritti e con spessori significativi nelle aree d'interesse presso la Valle Madonna del Rio a Salò (circa 80 m) e con buona continuità e notevole estensione lungo la fascia costiera del Garda dal M.te S. Bartolomeo fin quasi alla Valle del T.te Brasa; prevalentemente essa si rinviene al nucleo delle strutture plicative sinclinaliche. La stratificazione da centimetrica a decimetrica, è resa talvolta irriconoscibile per gli intensi piegamenti tettonici e l'ammasso roccioso appare per lo più intensamente deformato.

L'unità in esame è delimitata inferiormente dalla Scaglia Variegata e superiormente dalla Scaglia Cinerea.

La datazione fornita da Boni & Cassinis (1963) mediante lo studio dell'abbondantissima microfauna la delimita tra il Turoniano (o il passaggio Cenomaniano-Turoniano) e l'Eocene inferiore.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

“Scaglia cinerea” (Sc)

La Scaglia Cinerea è rappresentata da marne argillose grigio giallastre, marne, marne calcaree sino a calcari marnosi grigio-verdastri, più o meno degradabili, ad alterazioni grigio cenere, localmente con calcareniti ed elementi organogeni e con quarzo ed olivina. Nei dintorni di Gargnano è segnalata, alla base di questa unità un’intercalazione poco potente di tufi basaltici, correlabili a quelli più cospicui e noti della regione veneta, e rappresentanti l’unica manifestazione vulcanica dell’Eocene lombardo. La Scaglia cinerea affiora in più punti lungo la sponda benacense e per quanto concerne il territorio di Salò è presente in Loc. Sernica, tra il M.te S. Bartolomeo ed il T. Toscolano.

La potenza reale dell’unità è sconosciuta per la mancanza di un tetto stratigrafico; negli affioramenti segnalati, i valori raggiunti oscillano tra 12 e 25 m.

Inferiormente la Scaglia Cinerea passa alla Scaglia Rossa, il limite superiore non è noto. In base al contenuto micropaleontologico Boni & Cassinis (1963) la riferiscono la Eocene inferiore (Cuisiano).

Marne Oligoceniche (mOl) - Oligocene med.-sup.

Nella “Carta Geologica delle Prealpi Bresciane tra Val Vrenda e il M.te Pizzoccolo” (Baroni, Bissolati, Vercesi, Atti Tic. Sc. Terra 38-1995) nell’area di Salò è segnalato un affioramento di marne e marne argillose grigie, riferite all’Oligocene sup-med., immergenti di circa 55° verso NW, nell’ambito della struttura tettonica-plicativa del M.te S. Bartolomeo. Tale unità risulterebbe sovrascorsa dalla Scaglia Lombarda.

Formazione del Colle di San Bartolomeo

“Conglomerati inf.” (SB1) - Pliocene inf.?-Miocene Inf?

Consta di conglomerati con ciottoli prevalentemente calcarei, a stratificazione massiccia o poco distinta, potenti circa 180 m verso S e pochi metri a N. L’unità è sprovvista di fossili. Superiormente gli affioramenti non sono limitati da nessuna formazione, essendo situati, grossomodo con giacitura orizzontale, lungo lo spartiacque del colle. Inferiormente poggiano, in discordanza sulla Scaglia Rossa.

“Argille ed Argille sabbiose” (SB2) - Pliocene med.-inf.

Consta prevalentemente di argille ed argille sabbiose grigio-azzurre marine. La formazione è compresa tra i Conglomerati Inferiori e Superiori che delimitano la F.ne del Colle di San Bartolomeo.

“Conglomerati superiori- Arenarie e sabbie” (SB3) - Pliocene sup.

Consta di conglomerati con prevalenti elementi calcarei ed arenarie e sabbie a latifoglie; si trova al di sopra delle argille grigio azzurre del secondo membro della successione e superiormente gli affioramenti non sono limitati da nessuna formazione.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

La **successione stratigrafica** delle unità presenti nel territorio in oggetto è rappresentata da terreni riferibili al Quaternario a partire dal Pleistocene che possono essere così schematizzati (dai più antichi ai più recenti):

COPERTURE QUATERNARIE

La successione stratigrafica delle unità presenti nel territorio in oggetto è rappresentata da terreni riferibili al Quaternario ed in particolare a **meccanismi deposizionali glaciali** (Pleistocene medio) e **post-glaciali** (Olocene-Attuale), per la cui dettagliata descrizione si rimanda ai paragrafi di inquadramento.

UNITÀ GLACIALI

Conglomerato di Soprazocco (CSo) – Pleistocene med.- inf.?

Depositi fluviali e fluvio-glaciali ben cementati costituiti in netta prevalenza da ghiaie e ciottoli di elementi calcarei, con rari clasti di porfidi e di rocce cristalline. Poggiando localmente sul substrato prequaternario (Scaglia Rossa e Maiolica) ed essendo ricoperto al tetto dai depositi glaciali dell'unità di Benecco e di Roè Volciano è stato datato da Baroni & Vercesi (1995) al Pleistocene medio-inf.? anche sulla base delle datazioni fatte da Cremaschi (1987) per le Unità Morena di Benecco correlabili alla Fase del M.te Faita.

Unità di Benecco (UB) – Pleistocene med- inf.

Depositi glaciali che costituiscono evidenti argini morenici addossati al M.te Covolo; al tetto di questi depositi si sviluppa uno spesso vetusuolo la cui descrizione ha permesso a Cremaschi (1987) di correlare questa unità alla **fase di M.te Faita**, datata alla parte più antica del Pleistocene medio o al Pleistocene inf.

Unità di Pellegrina (UP1) – Pleistocene medio.

Depositi glaciali come i precedenti con vetusuolo al tetto. Le caratteristiche del vetusuolo presente hanno permesso a Cremaschi (1987) di correlare questa unità alla **fase di Carpenedolo**, datata Pleistocene medio.

Conglomerato di Punta del Corno (Cpc) - Pleistocene sup.

Lungo la fascia costiera Sud di Salò affiorano con buona continuità conglomerati a prevalente supporto clastico con matrice arenacea subordinata, a stratificazione mal definita ma prevalentemente suborizzontale (Dcm).

Il conglomerato è interessato prevalentemente da una forte cementazione di tipo carbonatico.

Il Conglomerato di Punta del Corno è stato attribuito in passato a diversi episodi interglaciali del Pleistocene Medio (Mindel e Gunz, Venzo 1957) e successivamente al passaggio tra il Pleistocene Medio e Superiore (interglaciale Riss-Mindel, Venzo 1969).



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Tuttavia appare probabile che il conglomerato di Punta del Corno, unitamente agli altri lembi in affioramento, sia da correlare alle più recenti unità conglomeratiche datate al Pleistocene Superiore (Conglomerato di Gardone Riviera, Baroni et Al. 1995).

Il Conglomerato affiora localmente in posizione sovrastante rispetto alle Argille glacio-lacustri di Villa Portesina, mentre è ricoperto in discordanza o intercalato ai depositi dell'Unità di San Felice del Benaco.

Conglomerato di Gardone Riviera (CGa) - Pleistocene sup.

In sponda destra del T.te Barbarano, alla base dei depositi glaciali, affiorano con buona continuità dei conglomerati (CGa) cementati; altri affioramenti si rinvencono entro i depositi detritici a monte delle conoidi del rio di Loc. Valangone. Si tratta di brecce di ciottoli morenici e calcarei in grossi banconi, con alternanze di livelli arenacei più o meno cementati.

Il Conglomerato è stato attribuito in passato a diversi episodi interglaciali del Pleistocene Medio (Mindel e Gunz, Venzo 1957) e successivamente al passaggio tra il Pleistocene Medio e Superiore (interglaciale Riss-Mindel, Venzo 1969); esso viene attribuito al Pleistocene Sup. anche dal Baroni et Al. (1995).

Unità di Solferino (Uslf) - Pleistocene superiore

A questa unità sono riconducibili la maggior parte dei depositi glaciali e fluvioglaciali del territorio d'interesse. L'Unità di Solferino risulta piuttosto estesa ed articolata e presenta diverse Unità Morena intervallate da piane fluvioglaciali, piane di contatto glaciale e da depressioni intramoreniche di origine glaciolacustre.

Nei territori è riconosciuta la morena della massima espansione e conserva la asimmetria originale e taglia in discordanza geomorfologica, dove esistenti le morene delle unità precedenti; essa è rappresentata dai rilievi collinari con le quote maggiormente rilevate.

Il ritiro del ghiacciaio solferinese, doveva quindi avvenire lentamente e secondo pulsazioni ripetute e fasi di stazionamento successive. A questa unità sono riconducibili infatti numerose cerchie moreniche, cui si interpongono piane fluvioglaciali ad andamento meandriforme e/o depressioni intramoreniche.

Depositi glaciali (Uslf1)

I depositi morenici di cordone delineano per le avanzate delle masse glaciali i fronti di massima espansione in corrispondenza dei quali si aveva l'accumulo caotico dei materiali glaciali.

Sono costituiti da diamicton massivi per lo più a supporto clastico (Dcm) ma talora a supporto di matrice (Dmm). Risultano frequentemente presenti anche grossi trovanti poligenici con dimensioni fino a vari m³.

Nell'ambito del complesso modello deposizionale morenico sono previste eterogeneità litologiche con variazioni nel contenuto di frazione fine che risultano talora molto accentuate anche in zone contigue. Così si possono ritrovare settori con litologia più francamente limoso-sabbiosa prevalente sullo scheletro granulare (Dmm). In questi casi i



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

depositi glaciali assumono tipica colorazione grigia (più argillosa) o color oca-nocciola (più limosa).

Questi depositi appaiono organizzati in cordoni morenici per lo più discontinui raggruppabili in cerchie principali disposte in genere ad andamento arcuato o più raramente rettilineo.

All'Unità di Solferino può essere riferita la cerchia principale dell'anfiteatro morenico gardesano; ad essa afferiscono infatti i rilievi posti alle quote più elevate, riconoscibili nel settore collinare occidentale, piuttosto pronunciati e continui.

Le fasi di ritiro delle masse glaciali sono testimoniate anche dai cordoni morenici minori che corrispondono a colline per lo più dolci e poco accentuate e talora piuttosto discontinue, con rilievo topografico progressivamente più blando spostandosi verso il Lago.

Lungo la fascia di interesse progettuale si riconoscono depositi glaciali riferibili ai cordoni morenici minori. Essi possiedono andamento da circa N-S a circa WNW-ESE e ENE-WSW.

Depositi di contatto glaciale (Uslf3)

I depositi di contatto glaciale, quando presenti, sono posti di norma immediatamente a tergo dei cordoni morenici. Possono assumere una forma complessiva a dosso o terrazzo (posizione marginale, subglaciale, interna o epiglaciale rispetto al ghiacciaio; genesi di tipo kame) o di piana con depressioni (posizione marginale rispetto al ghiacciaio; genesi tipo sandur – alluvionamento proglaciale) e risultano costituiti prevalentemente da ghiaie massive e sabbie per lo più a supporto di matrice gradate (Gms) o grossolanamente stratificate (Gm),

Si possono avere forti eterogeneità litologiche con variazioni in percentuale della frazione fine talora molto marcate, con litofacies riferibili a sabbie da medie a grossolane (Sh) o fini (Sl). In generale la presenza di matrice argillosa può conferire a questi depositi una tipica colorazione grigia, mentre un colore oca-nocciola contraddistingue di norma materiali con maggior presenza di limo.

Nella fascia collinare del territorio di Salò si riscontrano con una certa continuità secondo allineamenti ben riconoscibili da N-S a NNW-SSE costituendo per lo più dei ben marcati terrazzi morfologici degradanti verso la linea di costa e più limitatamente articolati entro le cerchie collinari.

Depositi fluvioglaciali delle cerchie interne (Uslf4)

depositi prevalentemente grossolani ghiaioso-sabbiosi (Uslf4a) e depositi prevalentemente fini sabbioso-limosi e limoso-sabbiosi (Uslf4b)

I depositi fluvioglaciali delle cerchie interne presentano di norma un minore assortimento granulometrico rispetto ai depositi glaciali; la presenza di termini grossolani, quali ghiaie e sabbie, è da mettere in relazione alla selezione idraulica operata dall'ambiente



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

deposizionale di tipo fluvioglaciale contraddistinto generalmente da corsi d'acqua competenti la cui genesi è connessa allo scioglimento delle masse glaciali.

Questi depositi in generale costituiscono le aree pianeggianti maggiormente estese, interposte tra i cordoni morenici interni, e sono rappresentati da ghiaie con ciottoli arrotondati a supporto di clasti o di matrice in genere sabbiosa e sabbie spesso a laminazione incrociata. Sono presenti livelli e lenti di limi sabbiosi, soprattutto in superficie. Le piane ghiaiose sfumano talvolta in superficie verso limi sabbiosi e limi argillosi connessi a cali di energia dell'ambiente deposizionale, fino a configurarsi talora come depositi glaciolacustri o di depressione intermorenica.

I depositi fluvioglaciali più francamente ghiaioso-sabbiosi (Uslf4a) sono riconoscibili presso l'ampia piana che si allunga con direzione circa N-S da Salò-Cunettone fino all'incisione del Rio d'Avigo in territorio di Manerba d/G.

I depositi fluvioglaciali a granulometria prevalentemente fine, sono presenti nella terminazione Nord della piana di Cunettone. Si ritiene probabile che questi depositi, in superficie, possano essere stati rielaborati dai corsi d'acqua olocenici, in un contesto idrografico simile all'attuale, ma con maggiore disponibilità d'acqua e/o possano rappresentare zone di ristagno d'acqua con formazione di livelli torbosi.

UNITÀ POST-GLACIALI

Unità di Salò (US) - Olocene inf.-Tardiglaciale

Depositi deltizi sospesi

Tali depositi, dovuti principalmente all'azione erosiva delle acque incanalate e quindi al forte trasporto solido ad esse connesso, sono costituiti da elementi a spigoli vivi e generalmente di pezzatura medio-grande immersi in matrice a granulometria medio-fine. Si tratta di depositi sospesi sul livello del lago attuale con gli apici di delta che raggiungono i 100-120 m di quota. In seguito all'abbassamento del livello del Lago, durante l'Olocene, si è innescata una fase erosiva ad opera dei corsi d'acqua che ha portato alla formazione di nuovi delta. Sono costituiti prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie, ma talora con abbondante frazione limoso-argillosa.

Depositi deltizi (dl) - Olocene

Depositi correlati ai conoidi alluvionali più recenti, che reincidono le conoidi sospese più antiche (Unità di Salò); sono costituiti da alternanze di orizzonti e lenti prevalentemente ghiaiosi e/o sabbiosi con ciottoli e trovanti con basso grado di arrotondamento e subordinatamente sabbioso-limosi. Nella fascia distale si verifica il passaggio a depositi fini limoso-sabbiosi e limoso-argillosi; in corrispondenza della foce dei torrenti si ha prevalenza di depositi alluvionali con materiali ghiaioso-sabbiosi.

In prossimità delle fasce costiere possono essere costituiti da depositi ghiaiosi e sabbioso-limosi di origine lacustre passanti a depositi deltizi in prossimità dei corsi d'acqua.

L'elevata antropizzazione ha talora quasi completamente mascherato i depositi naturali, le caratteristiche dei quali sono osservabili solo occasionalmente a seguito di sbancamenti.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

A questi depositi si associano di norma i conoidi di deiezione di alcuni delta ancora attivi, quale quello del Torrente Madonna del Rio; essi riversano sedimenti ghiaioso-sabbiosi nelle acque del Benaco anche se numerose briglie e diffuse opere di contenimento e deviazione hanno talora significativamente modificato la loro dinamica. Ad alcuni dei conoidi gardesani si associano problematiche idrauliche cui sono associate le cosiddette “AREE PAI - a rischio idrogeologico”. I depositi deltizi affiorano, oltreché entro il Golfo di Salò, con una certa continuità lungo tutta la fascia costiera compresa tra Gargnano e Salò.

Depositi lacustri - Olocene

Depositi costieri lacustri ghiaioso sabbiosi (I1)

Depositi costieri lacustri limoso-argillosi, a tratti torbosi (I2)

In prossimità della costa le fasce depresse di origine glaciale poterono essere colmate da depositi lacustri. La fascia costiera del lago divenne un ambiente di deposizione lacustre, cui si correlano sia terreni fini di bassa energia (fondo lago) che più grossolani (spiagge) frequentemente tra loro interdigitati; pertanto sono rappresentati da ghiaie grossolane e sabbie (dl1), verso monte, e da limi e limi sabbiosi (dl2) verso la fascia più propriamente perilacustre. Gli stessi terreni sono distribuiti diffusamente sui fondali del lago nella zona posta in corrispondenza della linea di riva, a valle dell'ambiente deposizionale di spiaggia.

I depositi lacustri, in funzione delle variazioni periodiche del livello del Lago, risultano spesso interdigitati anche con i depositi di conoide di deiezione caratteristici della fascia pedemontana.

Depositi di spiaggia recenti ed attuali (ds) - Olocene

Sono rappresentati da depositi grossolani recenti ed attuali ghiaioso-sabbiosi distribuiti discontinuamente in adiacenza alla linea di costa dove danno origine ai lidi maggiormente estesi.

La realizzazione di opere portuali o dighe foranee o scogliere interagisce con la dinamica lacustre ed appare in grado di modificare la deposizione recente di unità di spiaggia minori presenti in vari punti dei litorali. Localmente le spiagge appaiono rimaneggiate in maniera significativa o addirittura ricoperte da materiali di riporto.

Depositi alluvionali attuali o recenti (a) - Olocene

I depositi alluvionali attuali o recenti si rinvencono nei fondovalle ed in prossimità dell'alveo dei principali corsi d'acqua olocenici; litologicamente sono costituiti da terreni grossolani e prevalentemente da sabbie ghiaiose o ghiaie sabbiose con ciottoli e massi in matrice limosa per lo più scarsa.

Detrito di falda detritica (df) - Olocene

Le coperture detritiche sono costituite da frammenti litici di pezzatura grossolana, poligenici, a spigoli vivi o sub-angolari, in matrice sabbiosa di colore bruno chiaro con percentuale limosa molto scarsa; sono presenti frequenti blocchi di notevoli dimensioni (da decimetriche a



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

metriche) o livelli più francamente argilloso-limosi, colluviali. Tali depositi, dello spessore massimo di alcune decine di m, derivano dall’alterazione, ad opera degli agenti meteorici, del substrato roccioso affiorante nei versanti e/o dalla rielaborazione dei depositi glaciali/morenici. Il detrito di falda, esternamente alle aree contornate come “corpo di frana”, viene considerato stabilizzato (vedi Studio Geologico PGT del Luglio 2007).

Accumulo di frana (f) - Olocene

I rapporti stratigrafici delle unità del quaternario nell’area di Salò sono fortemente complicati dal movimento gravitativo conosciuto in letteratura come “Frana di Salò” (Baroni-1990). Buona parte del nucleo storico dell’abitato di Salò, che insiste sul versante meridionale del Monte San Bartolomeo fino alla linea di costa del lago si colloca su questa frana, alquanto estesa, movimentatasi in tempi remoti (numerosi millenni). Si tratta di un movimento franoso considerato assestato; entro il corpo di frana, diffusamente urbanizzato e considerato area stabile, sono individuate locali riattivazioni.

Dal punto di vista litologico i depositi di questa unità, dello spessore massimo di alcune decine di m, si possono assimilare a detriti di versante. Essi derivano dall’alterazione ad opera degli agenti meteorici del substrato roccioso affiorante nei versanti e/o dalla rielaborazione dei depositi morenici e risultano costituiti da frammenti litici di pezzatura grossolana, poligenici, a spigoli vivi o sub-angolari, in matrice sabbiosa di colore bruno chiaro con percentuale limosa molto scarsa; sono presenti frequenti blocchi di notevoli dimensioni (da decimetriche a metriche) o livelli più francamente argilloso-limosi, colluviali.

Materiali di riporto (r)

Si tratta di materiali di riporto inerti, eterogenei, accumulati per lo più sul territorio per la realizzazione di opere portuali e di difesa costiera, dei rilevati delle vie di comunicazione principali e secondarie o in prossimità di aree edificate.

I nuclei storici di numerosi comuni rivieraschi e comunque le loro fasce perilacustri, risultano appoggiare su uno strato di materiali di riporto grossolani (per lo più pietrame e grossi massi) con i quali è stata ottenuta una bonifica dei terreni di fondazione un tempo presenti. Interventi di regolarizzazione della topografia sono stati altresì realizzati diffusamente sul territorio mediante l'utilizzo di materiali di riporto.

In particolare si segnalano materiali di riporto lungo tutta la fascia costiera del Golfo di Salò.



3.2 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO ED ELEMENTI DI DINAMICA GEOMORFOLOGICA

Le forme e i processi morfologici più significativi riconosciuti sul territorio comunale venivano già riportati nella **“Carta della dinamica geomorfologica del territorio** (*“Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Salò”* - Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti, Luglio 2007 - scala 1:10.000).

Per il presente studio gli elementi morfologici già censiti sul territorio comunale sono stati integrati, in collaborazione con l'ufficio Tecnico, mediante l'analisi degli eventi di dissesto avvenuti successivamente alla realizzazione della relativa cartografia tematica ed oggetto di relazioni tecniche per la sistemazione e messa in sicurezza dei versanti.

Il lavoro di sintesi dei dati ha portato alla redazione della **“Carta Geologica con elementi geomorfologici e strutturali”** (All.1 – Scala 1:10.000) sulla base della quale sono stati individuati gli elementi morfologici da inserire nella **“Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica”** (scala 1:5.000).

Dal punto di vista **morfologico** si possono riconoscere le seguenti unità:

- L'**ambito montano del M.te San Bartolomeo-Passo La Stacca**, a morfologia prevalentemente aspra, è caratterizzato dalla presenza del substrato roccioso quasi esclusivamente rappresentato dalla Scaglia Lombarda, fortemente tettonizzata, e da ampie fasce da mediamente acclivi ad acclivi di coltri detritiche talora correlate a movimenti franosi antichi (Frana di Salò) e recenti. Il crinale in cui affiorano i termini della F.ne del Colle San Bartolomeo, a maggiore competenza, presentano le maggiori inclinazioni ed una morfologia molto aspra, talora caratterizzata da ampie fasce di caduta massi. Il T.te Barbarano incide profondamente il limite nord-orientale del settore montano del M.te San Bartolomeo-Passo La Stacca, creando un fondovalle aspro e talora caratterizzato da forre attive ed a forte instabilità in funzione dell'elevata acclività e della scarsa qualità dell'ammasso roccioso (Scaglia Lombarda fortemente tettonizzata).

Questo ambito è occupato da insediamenti abitativi continui soprattutto nella fascia pedemontana di raccordo alla linea di costa ed al bordo con la piana alluvionale del Golfo di Salò: essi comprendono oltre al Centro Storico di Salò anche le località di Valsiniga, Massina, Colombaro e Valangona (a ridosso della fascia costiera) e le località di Renzano, Bissiniga, Mandello e La Stella (a monte della piana alluvionale del Golfo di Salò). Sono inoltre presenti nuclei abitativi sparsi nella frazione di San Bartolomeo e lungo i versanti in sponda destra del T.te Barbarano (Località Serniga e Monticelli).



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

- La porzione nord e nord-occidentale dell’ambito montano (M.Te Trat e Selva Alta) presenta morfologia molto aspra, con affioramento del substrato roccioso riferibile a varie formazioni prevalentemente carbonatiche (dalla F.ne della Maiolica alla F.ne del Medolo) che, sebbene anch’esse talora fortemente tettonizzate, si presentano a comportamento maggiormente competente rispetto alla Scaglia Lombarda. I rilievi sono incisi dalla testata della Valle Madonna del Rio. Questo settore mostra scarsa presenza abitativa.
- La porzione di territorio che comprende i rilievi collinari che delimitano ad Ovest ed a Sud il Golfo di Salò (Bissinigo, Le Parti, Mastignaga, Monte Luzzago, Palazzina, Le Versine, Villa di Salò, Cunettone, Colombaro, Rocchetta, Michelino) appartiene al sistema morenico gardesano, caratterizzata dall’alternarsi di rilievi collinari ondulati e di vallette e piane ad essi interposti.

Questo ambito risulta fittamente urbanizzato nelle porzioni pianeggianti e poste a ridosso della fascia dei conoidi deltizi mentre sono presenti solo case sparse nella porzione collinare a maggiore acclività (porzione occidentale).

- L’ambito dei conoidi deltizi-alluvionali del Golfo di Salò è caratterizzata dalla presenza di una fascia di conoidi coalescenti “sospesi” rispetto all’attuale livello del Lago con gli apici di delta che raggiungono i 100 – 120 m di quota e pendenze dei versanti da deboli a medie. In seguito all’abbassamento del livello del Lago durante l’Olocene si è innescata una fase erosiva ad opera dei corsi d’acqua che ha portato alla formazione di nuovi delta che hanno generato una fascia di conoidi deltizi coalescenti, posti a quote inferiori e che si raccordano all’attuale linea di costa del Lago, costituendo l’attuale piana alluvionale del Golfo di Salò, caratterizzata da pendenze per lo più deboli.

Entro questi ambiti si sviluppa gran parte dell’area urbanizzata di Salò (Località S. Anna, Molina, Campoverde, Moriondo, Villa, Marsinico) e gli ambiti di nuova espansione della piana costiera.

- Sia l’ambito morenico che quello dei depositi deltizi sono interessati e talora profondamente incisi da numerosi corsi d’acqua che, con regime marcatamente torrentizio, dall’entroterra si riversano direttamente a Lago, attraversando nel tratto terminale le aree urbanizzate. L’ambito dei torrenti risulta caratterizzato da incisioni talora profonde con sponde ripide e aspre, caratterizzate da fenomeni di instabilità, che si esplicano con intensità e modalità variabili in funzione dei litotipi presenti e della fase di intensa attività erosiva che può essere ad essi attribuita.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

- La fascia costiera individua l'ultimo ambito che coincide con i depositi costieri e lacustri, a caratteristiche geotecniche per lo più scadenti ed interferenti con fenomeni di circolazione idrica a scarsa profondità dal p.c. e con la presenza di materiali di riporto, accumulati per lo più sul territorio per la realizzazione di opere portuali e di difesa costiera. I nuclei storici di numerosi comuni rivieraschi e comunque le loro fasce perilacustri, risultano appoggiare su uno strato di materiali di riporto con i quali è stata ottenuta una bonifica dei terreni di fondazione un tempo presenti.

Ai fini del presente studio gli elementi geomorfologici di maggiore interesse sono stati riportati come “Instabilità di Versante” e “Forme di Superficie” nella “**Carta Geologico-Tecnica ai sensi degli ICMS**” (scala 1:10.000).

Già nello studio geologico del 2007, sul territorio di Salò sono stati evidenziati numerosi problemi di instabilità dei versanti che talvolta interessano anche i centri edificati e non ultima la storica Frana di Salò.

Con riferimento alla Relazione Illustrativa dell'Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Salò” - Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti, Luglio 2007 - scala 1:10.000) del Luglio 2007 si riportano a seguire le principali osservazioni relative al territorio d'interesse in esso contenute (*in corsivo* le parti stralcio della Relazione del 2007 allegata al PGT):

Nell'ambito dello studio del PGT si fa riferimento alla cartografia geomorfologia regionale, alla cartografia geomorfologia precedentemente redatta e si precisano con maggiori dettagli i limiti e l'estensione di alcune frane storiche.

Nello studio si evidenzia come, nell'ambito dei contesti morfologici sopradescritti il generale sollevamento strutturale dell'area ha determinato una continua attività morfologica (ripresa dell'attività erosiva torrentizia e movimentazione di lenti processi gravitativi delle coltri detritiche). In alcune conche e canali si sono raccolte falde di detrito prevalentemente stabilizzato. La presenza di limitate falde di detrito non stabilizzato, testimonia l'esistenza e la persistenza di fenomeni di caduta massi lungo le pareti più acclivi costituite dalla Scaglia e dalla Formazione di San Bartolomeo.

La zona di raccordo tra il settore montuoso e la parte a lago è stata regolarizzata e stabilizzata da innumerevoli terrazzamenti, spesso ricavati con muretti a secco. Nella parte terminale, in prossimità della linea di costa, sono situate le conoidi di deiezione degli elementi idrografici. Le più estese sono quelle del Torrente Barbarano e della Madonna del Rio e del Rio Carmine.

La rete idrografica, nel settore montuoso, è tipica di una fase di erosione, con vallette molto incise e con un pattern di drenaggio subparallelo in quanto esiste un certo controllo strutturale. I torrenti hanno portate estremamente variabili; sono quasi asciutti nei periodi non



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

piovosi ma, in occasione di intensi e prolungati eventi meteorici, possono raggiungere portate notevoli con piene tumultuose ed improvvise. I torrenti di cui sopra hanno un bacino generalmente poco esteso e quindi si verificano risposte immediate dati i tempi di corrivazione estremamente bassi.

I più importanti, anche in relazione al fenomeno delle piene, sono il Torrente Barbarano, il Torrente della Madonna del Rio ed i suoi affluenti, il Rio della Valle dei Guanti e Carmine.

Talvolta (Torrenti Barbarano e Madonna del Rio) i corsi d'acqua hanno profondamente segnato il versante con marcate erosioni.

La caratteristica idrologica principale del territorio è costituita dalla rete idrica molto fitta caratterizzata da innumerevoli corsi d'acqua che scendono confluendo verso il golfo spesso intubati in sezioni largamente insufficienti a smaltire portate maggiori rispetto alla norma.

*Nella **Carta della dinamica geomorfologia del territorio redatta in scala 1:10.000** sono riportate le principali forme e i processi legati alla gravità, alle acque superficiali e all'attività glaciale.*

I fenomeni geomorfologici rilevati nell'ambito del territorio rilevato, riportati nella cartografia prodotta e ampiamente descritti nel presente capitolo sono i seguenti:

Forme, processi e depositi gravitativi di versante

- Frane attive
- Paleofrane relitte
- Frane quiescenti pericolose
- Decorticamenti
- Piccole frane non cartografabili
- Parete interessata da caduta massi
- soliflussi e creep

Forme, processi e depositi per acque correnti superficiali

- Orlo di scarpata in arretramento
- Orlo di scarpata stabile

- Terrazzi morfologici

- Ruscellamento
- Eventi alluvionali (1989 – 1994)



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Fenomeni geomorfologici in atto

Il territorio di Salò è caratterizzato da una conformazione morfologica particolare in quanto si estende prevalentemente su una zona pianeggiante ai piedi del complesso morenico collinare e a valle dei versanti montuosi (verso nord).

Il territorio si configura quindi come una naturale area di raccolta di tutti gli afflussi idrici, provenienti dall'esterno, che si dirigono verso lo sbocco del golfo. La normale e naturale evoluzione dei versanti più prossimi alle zone abitate, attraversati dai rii o dai torrenti, è però accentuata da un generale dissesto idrologico essenzialmente dovuto allo stravolgimento delle rete naturale di drenaggio, in seguito all'attività antropica.

La capacità di smaltimento della rete idrica di deflusso è notevolmente diminuita in seguito a:

- cementificazione generalizzata*
- incanalamento dei rii*
- dimensionamenti delle sezioni di deflusso e dei tombini largamente insufficienti*
- percorsi obbligati dei corsi d'acqua in tragitti tortuosi*
- presenza di impluvi che si disperdono improvvisamente a spaglio*

Già nella Carta Geomorfologica del Luglio 2007 sono state riportate le forme e le dinamiche dei processi legati ai corsi d'acqua e alle linee di flusso o drenaggio principale e le zone che sono state particolarmente interessate dalle alluvioni degli anni 76, 89 e 93.

Questi eventi sono stati integrati con quanto riscontrato negli ultimi mesi (alluvioni del 2014) e negli anni successivi ai rilievi del 2007.

Tra i principali fenomeni in atto cartografati (si sono tenute in considerazione le carte del censimento dei dissesti e le perimetrazioni PAI e L. 267) si segnalano:

- *La frana di Salò descritta nel dettaglio nel paragrafo successivo.*
- *La frana in roccia di Serniga (Barbarano).*
- *Il bacino del torrente del Barbarano sede recentemente di numerosi dissesti (vedi documentazione citata e ripermetrazione PAI e 267¹²) è oggetto di lavori di sistemazione in alveo notevoli dagli anni 50 ad oggi; alcuni sono recentissimi (sistemazione zona a ridosso della SS 45 bis e della spiaggia; lavori di sistemazione del bacino tra la costa e ponte San Ferdinando, studi per la sistemazione della frana di Segazzine, monitoraggio della frana di Serniga).*
- *Negli anni 98-99 e 2000 si sono verificati numerosi fenomeni di dissesto nel bacino del Barbarano: frane in roccia, in terra, disalvei, avvallamenti di sponda, riattivazione di frane anche di notevoli proporzioni che coinvolgono intere porzioni di versante. Tra queste di maggiore gravità è il dissesto di Segazzine (monitorato per alcuni mesi con inclinometro ancora in sede) che ha messo in crisi l'acquedotto di Salò in lato idrografico destro di fronte ad un fenomeno, sempre legato all'acquedotto, in lato idrografico sinistro, che è poi stato sistemato con tecniche di ingegneria naturalistica nell'ambito dei lavori di ristrutturazione dell'acquedotto, particolarmente pericolosi anche se di dimensione limitata e sistemati con*



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

fondi privati sono da segnalare i dissesti e i fenomeni alluvionali (fuoriuscita del T. Barbarano nella parte terminale in lato destro e sinistro).

- Dissesti e fenomeni alluvionali lungo tutta l’asta del torrente Madonna del Rio (a monte ed a valle della SS 45 bis).
- Alluvioni e fenomeni di trasporto in massa nella zona del torrente Riotto, e frane diffuse (collegate temporalmente allo stesso bacino) nel bacino del Moriondo.
- Alluvioni nell’abitato di Salò (tra la zona della Fonte Tavina e il tribunale) durante i fenomeni piovosi intensi che hanno interessato il Moriondo ed il Riotto.
- Disalvei e trasporto in massa nella zona Cimitero tra la fonte Tavina ed il confine con il comune di san felice.
- Allagamenti (torrenti deviati e senza palese scarico) nella zona di Villa.
- Riprese dell’erosione e ringiovanimento a valle della provinciale per Desenzano.
- Ripresa di smottamenti e frane di scoscendimento e crollo lungo la panoramica di Salò per San Bartolomeo.
- Lagheggiate con tempi di ritorno inferiori al decennio tra Barbarano ed il Golfo di Salò con danni alle strutture turistiche.
- Smottamento dell’attraversamento di Via del Seminario sul Rio dei Guanti (Novembre 2014)
- Fenomeni di erosione in alveo con scalzamento delle sponde e tracimazione avvenuti in Loc. Gasia lungo un tratto del T.te Moriondo/Rietto (Novembre 2014)
- Tra il 2007 ed il 2014 si segnalano dissesti e smottamenti puntuali nelle porzioni più elevate dei rilievi collinari (Mastignaga-Le Parti-Moriondo) e lungo il versante meridionale di M.te San Bartolomeo, oltrechè vari punti di riattivazione dei dissesti lungo l’incisione del T.te Barbarano.

La vulnerabilità geologica del territorio, che in larga misura è determinata dall’assetto idrologico generale sopra descritto, dipende anche dalla presenza di alcuni fenomeni di dissesto localizzati in aree particolari, potenzialmente instabili, caratterizzate da morfologie attive (movimentazioni della coltre detritica o crolli di porzioni rocciose).

Altre zone, localizzate in corrispondenza della linea di costa (aree urbane a ridosso della spiaggia) sono caratterizzate da depositi, recenti e saturi, suscettibili di liquefazione in caso di sisma o, più probabilmente, a cedimenti e deformazioni importanti.

¹² *I dissesti degli anni 98-2000 sono stati anche monitorati e studiati dal servizio geologico della Regione Lombardia che ha avanzato anche proposte preliminari di perimetrazione 267*



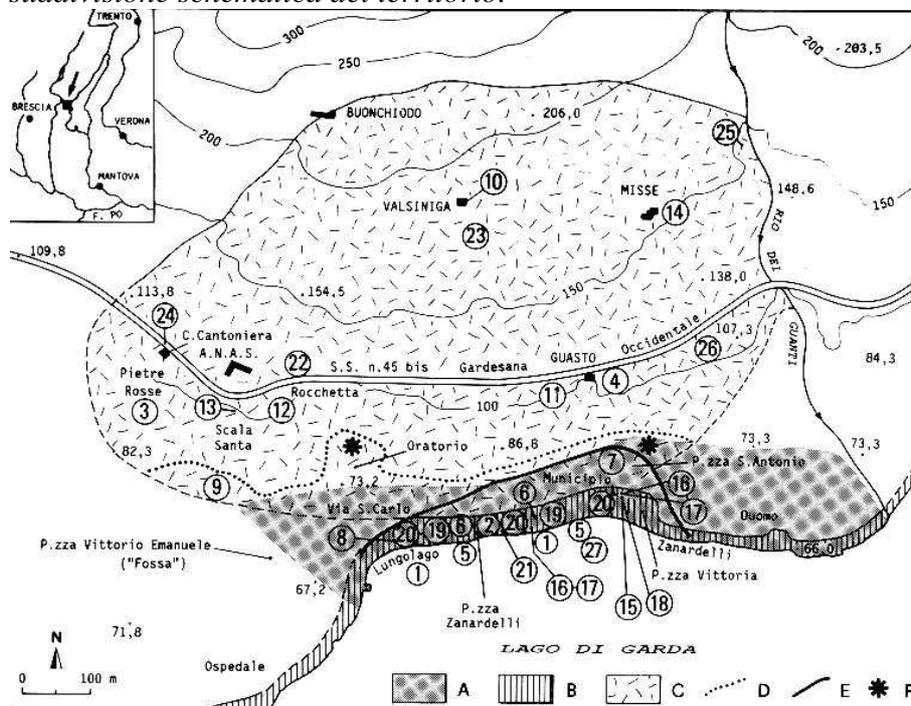
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Frana di Salò

I rapporti stratigrafici delle unità del quaternario lungo il versante meridionale del M.te San Bartolomeo sono fortemente complicati dal movimento gravitativo conosciuto in letteratura come Frana di Salò (Baroni-1990). Buona parte del nucleo storico dell'abitato di Salò, che insiste sul versante meridionale del Monte San Bartolomeo fino alla linea di costa del lago, si colloca su questa frana, alquanto estesa, movimentatasi in tempi remoti (numerosi millenni). Si tratta di un movimento franoso considerato assestato, delimitato verso Ovest da un impluvio che dalla Località Buonchiodo scende verso il bivio per Renzano, lungo la S.S. 45 e verso Est dal Rio dei Guanti. Entro il corpo di frana, diffusamente urbanizzato e considerato area stabile, sono individuate locali riattivazioni. Con i toponimi di Misse, Brolo, Guasto e Rocchetta sono indicati alcuni dissesti attivi nei secoli XIX e XX i cui effetti sono noti e per buona parte documentati in letteratura. Nel recente studio geologico del territorio comunale, eseguito dal Dott. Geol. Michele Conti e dal Dott. Geol. Antonio Conti, si modifica leggermente tale area, riducendola soprattutto verso valle, tenendo come limite inferiore la S.S. 45 bis ed estendendola ad alcune aree in sinistra idrografica del Rio dei Guanti, che non costituisce più il limite Est del corpo di frana.

Si riporta la **descrizione fornita dal Dott. Geol. M. Conti e dal Dott. Geol. A. Conti nella Relazione del 2007 allegata al PGT:**

Lo studio recente di Baroni ha raccolto tutte le informazioni sulle frane storiche di Salò nel lavoro "La Frana di Salò"¹³ di cui si riporta la cartografia con indicazione delle frane storiche e una suddivisione schematica del territorio.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

A: centro storico. **B:** fascia costiera impostata su depositi artificiali. **C:** frana di Salò. **D:** limite della zona maggiormente danneggiata dal terremoto del 1901 (COZZAGLIO, ined.).

E: limite tra le porzioni inferiore e superiore della frana. **F:** "scanno lacustre" (COZZAGLIO, ined.)

1: Lungolago (XVI sec) crolli di case edificate in riva al lago (GRATAROLO, 1599);

2: P.za Zanardelli (prima del XIX sec.) cedimenti di pavimenti e "zatteroni", ubicati sotto il livello di magra del lago (COZZAGLIO, ined.);

¹³ Università degli studi di Pavia-Atti Ticinesi dei Scienze della Terra vol XXXIII 90

3: Pietre Rosse (inizio XIX sec.) frana (BALDACCI & STELLA, 1902);

4: Loc. Guasto (metà XIX sec.) frana (BALDACCI & STELLA, 1902);

5: Tra il Duomo e P. Vittorio Em. II (XIX sec.) palificate fortemente piegate e scivolose verso il lago ubicate diversi decimetri sotto il livello di magra, (BALDACCI & STELLA, 1902);

6: Lungolago (XIX sec.) strapiombi di facciate e lesioni parallele alla costa (COZZAGLIO, ined.);

7: P.za S. Antonio (XIX sec.) lesioni nei fabbricati (COZZAGLIO, ined.);

8: W di P. za Zanardelli (XIX sec.) cedimenti dei muri di cinta dei giardini a lago (COZZAGLIO, ined.); 9: "Casa Cantoni" (XIX sec.) lesioni per spinta da tergo (COZZAGLIO, ined.);

10: C.na Valsiniga (XIX sec.) strapiombi e lesioni (COZZAGLIO, ined.);

11: C.na Guasto (XIX sec.) lesioni nei muri (COZZAGLIO, ined.);

12: Rocchetta (XIX sec.) lesioni nei muri (COZZAGLIO, ined.);

13: "Scala Santa" (XIX-XX sec.) ripetute deformazioni dei gradini e delle spalle (COZZAGLIO, ined.; BARONI, oss. pers.);

14: Loc. Misse (XIX-XX sec.) smottamenti ripetuti (BALDACCI & STELLA, 1902; COZZAGLIO, ined.; CONTI, ined.; BARONI, oss. pers.);

15: Municipio (13.12.1885) movimento verso il lago con lesioni all'edificio (BEITONI, 1888; BALDACCI & STELLA, 1902);

16: Centro storico (7.6.1891) formazione di fessure negli edifici in seguito a terremoto (BETTONI, 1899);

17: C entro storico (5.1.1892) formazione di fessure negli edifici in seguito a terremoto (BETTONI, 1899; BARAITA, 1901; BALDACCI & STELLA, 1902);

18: Municipio (1899) lesioni nell'edificio (BALDACCI & STELLA, 1902);

19: Tra il Duomo e P. Vittorio Em. II (30.10.1901) crepe verticali negli edifici, rottura di architravi e volte, forti strapiombi e distacchi dei muri esterni verso lago, ribassamento dei giardini a ridosso del lago, in seguito a terremoto del VII- VIII grado : della scala MCS (COLETTA et al., 1901; FUCHS et al., 1901; BALDACCI & STELLA, 1902; COZZAGLIO et al" 1902; ~ COZZAGLIO, 1902, ined.; BEITONI, 1907); 20: Tra il Duomo e P. Vittorio Em. II (30.10.1901) in seguito al medesimo terremoto, formazione di una frattura parallela alla sponda, con altre minori; dislivello max ca 50 cm; spostamenti verso lago di vari metri (COLETTA et al., 1901; FUCHS et al., 1901; BALDACCI & STELLA, 1902; COZZAGLIO et al., 1902; COZZAGLIO, 1902, ined.);

21: E di P.za Zanardelli (1901-1928) ripetuti franamenti della banchina, (COZZAGLIO, ined.);

22: Gardesana Occ. (dopo il 1915) cedimento dei muri di sostegno (COZZAGLIO, ined.);

23: Valsiniga (1926) crepaccio a monte della strada e smottamenti successivi (COZZAGLIO, ined.); 24: Gardesana Occ., km 69 (1951) smottamento (DAL PIAZ, ined.);

25: Loc. Misse (1976) rottura delle tubature dell'acquedotto per smottamento (CONTI, ined.);

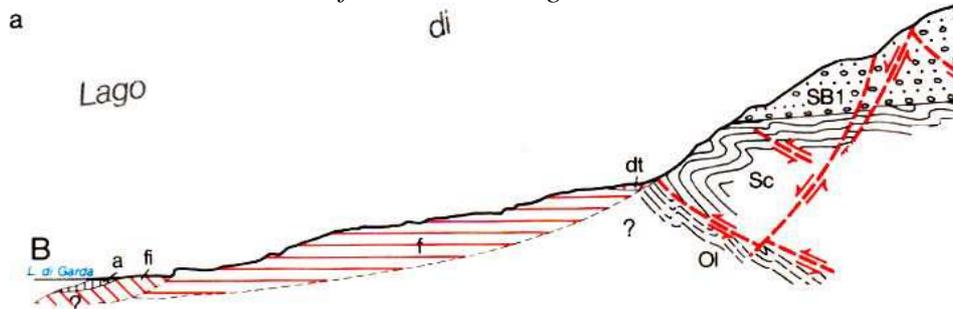
26: A E di loc. Guasto (1975-1985) lesioni in edifici di nuova costruzione (BARONI, oss. pers.);

27: Lungolago (1980) cedimenti della banchina (GEOSTUDIO, ined.; BARONI, oss. pers.).



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

In sezione la ricostruzione del Prof. Baroni è la seguente:



Lavori recenti ed osservazioni ripetute per i numerosi studi eseguiti portano però a ridimensionare e rivedere sia le dimensioni areali che la sua effettiva presenza su tutto l'areale indicato (come è in parte stato evidenziato nel lavoro della Regione Lombardia che ha spezzato il corpo frana in due), mentre, in mancanza di misure dirette ed indagini mirate nulla si può dire sulla profondità ed attività specie nella parte a monte. Anche questa interpretazione ricavata anche da una buona osservazione dalle foto aeree va comunque riscontrata con misure ed indagini approfondite sia per le dimensioni del fenomeno che per la complessità dello stesso.

Bisogna infatti distinguere dal vecchio accumulo di frana, la sua forma (ben visibile ed identificabile ad occhio nudo –Strada Panoramica) e quanto sia relitto e recente ma non abbia nulla a che fare con la vera e propria frana. Nulla togliendo alle condizioni preparatorie e scatenanti dell'antica frana così come ricostruite nel lavoro di Baroni. Molta parte dell'accumulo è stata asportata da convogli liquidi (scaricatori e nuovi torrenti), molta è stata allontanata dalla gravità mettendo a nudo il substrato, molta parte è stata sostituita da depositi di conoide e da accumuli detritici.

Moltissimi rii, sorgenti e convogli d'acqua di scarico delle acque piovane sono stati nel tempo intubati fino a lago e testimoniano come questi esercitassero, nel tempo, una continua e profonda trasformazione dei terreni circostanti allontanando (nostro caso), incidendo e rimaneggiando i vecchi accumuli molto erodibili.

Nuovi sondaggi hanno evidenziato la presenza del substrato roccioso in zone attribuite alla vecchia frana quali la zona a valle di Buonchiodo, l'area immediatamente a valle della Casa Cantoniera e l'area in lato idrografico destro del Rio Madonna dei Guanti (casa Caligiuri). Ragionando a ritroso sui sondaggi nella zona serbatoi, deformati (versante destro Madonna dei Guanti), sembra che le argille ritrovate fino a 20 m possano essere il prodotto di alterazione della roccia marnosa e non l'accumulo di frana. Effettive tracce se ne ritrovano nella zona Misse-Pineta e in lato sinistro vicino a Villa Roma mentre il lato verso nord è completamente occupato da detrito di falda solo parzialmente ricoperto da terreno di alterazione.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Solo alcuni lembi sono presenti in lato sinistro della Scala Santa (il lato destro è una conoide ghiaiosa sospesa antica) e in lato destro parte alta e parte distale rispetto al cinema Fiamma. A ridosso di via Garibaldi il parcheggio in lato sinistro del cinema Cristal è su una conoide ghiaiosa la parte più a sinistra ancora compreso il Collegio Civico è su detrito di falda, mentre la parte a lago verso la Croce Rossa è interamente su depositi di conoide. La presenza di un conoide ghiaioso è confermata da nuovi sondaggi e pozzi vecchi e privati (pozzo ospedale e Mark due) tra la Fossa e l’Ospedale che confermano la presenza di ghiaie nei primi metri e di limi fluvioglaciali in profondità.

Diverso è il discorso per alcune parti del quartiere Sant’Antonio e per la zona in prossimità della chiesa.

Per la parte a lago dell’abitato (lungolago) Zanardelli compreso tra la via Garibaldi ed il lago (tranne il vecchio conoide della Fossa e i piccoli Rii coalescenti) non si può parlare di vecchia frana ma di sedimenti recenti (su cui si è sviluppato l’abitato) di riempimento della zona acclive a lago che poggiano su un substrato consistente inclinato verso lago in deriva quando le oscillazioni del lago sono forti costituito da detriti poco consistenti immersi su cui è costruita questa parte di abitato (sempre su pali in legno o castagno).

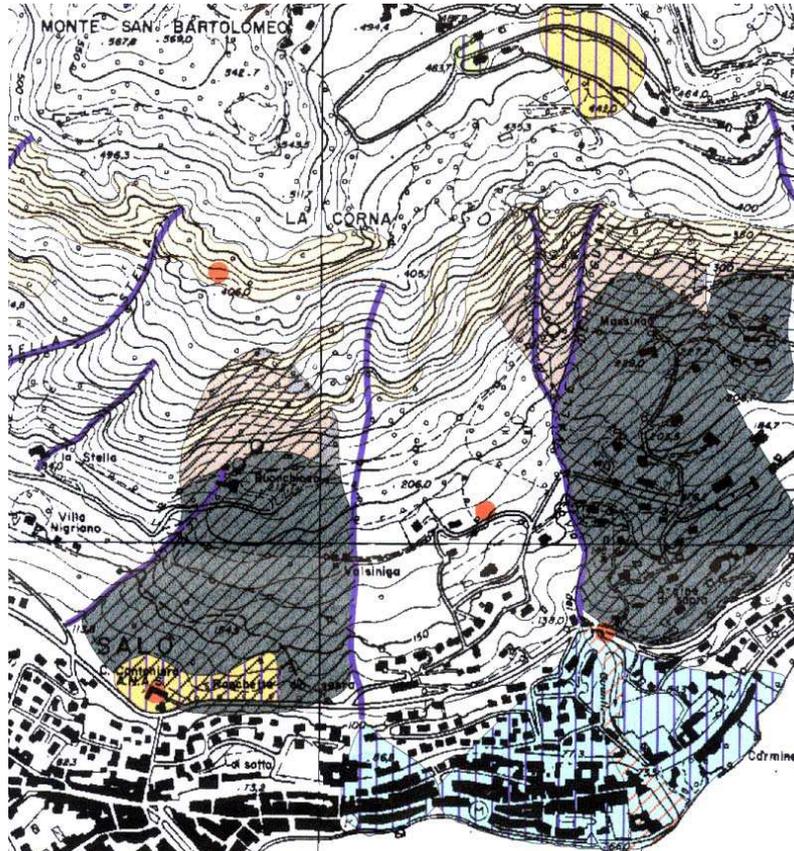
Rimane la forma della vecchia frana e i segni di vecchi movimenti di riattivazione (scanno). Vecchie indagini geofisiche eseguite alla fine degli anni 70 vanno reinterpretate sostituendo il forte conduttore ritrovato, interpretato come materiale di frana con il cappellaccio alterato della formazione rocciosa.

Dato che la conoscenza delle effettive geometrie e dell’attività dei vari corpi è fondamentale per la microzonazione, pericolosità e per una corretta programmazione urbanistica sarà opportuno un approfondimento con indagini mirate e misure (inclinometri o altro) per meglio definire i perimetri a rischio (L. 267).



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Si riporta (vedi fig. sottoriportata) la cartografia allegata allo studio del Prof. Baroni sulla frana che evidenziano molto bene le forme della frana in generale e in particolare quella della Rocchetta che concorda con i dati e le osservazioni sopra riportate.



3.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La circolazione idrica sotterranea nella fascia di territorio d'interesse è condizionata dalla presenza di litologie con caratteristiche di permeabilità molto varie e dalla stretta vicinanza con la linea di costa interferente con il Lago di Garda.

E' possibile ricondurre le strutture idrogeologiche schematicamente a due ambiti principali che rispecchiano i domini geologici già distinti nei paragrafi precedenti.

Il **DOMINIO SETTENTRIONALE O AMBITO MONTANO** rappresenta un ambito geologico-stratigrafico-strutturale cui corrisponde una struttura idrogeologica contraddistinta da fenomeni di **circolazione idrica pressochè assente entro il substrato roccioso** costituito da litotipi per lo più da scarsamente a poco permeabili (F.ne della Scaglia Lombarda s.l.). Limitati fenomeni di circolazione d'acqua possono essere riscontrati in corrispondenza di fasce di substrato roccioso intensamente fratturato (permeabilità secondaria per fratturazione) e/o di fasce di tettonizzazione. Circa al contatto tra i terreni di copertura di origine glaciale e post-glaciale ed il substrato roccioso si possono in ogni caso avere **locali falde sospese**, seppure di estensione e di potenzialità limitata, circolanti anche a scarsa profondità dal p.c..

Si possono inoltre avere acquiferi superficiali, cui corrispondono **falde freatiche/semiconfinare circolanti entro i depositi quaternari a granulometria grossolana** (depositi Detritici, Lacustri, di Spiaggia, e talora Materiali di Riporto) presenti nella fascia costiera e nell'immediato entroterra caratterizzati da permeabilità per porosità da media ad elevata. I Depositi Glaciali ed i Conglomerati (laddove presenti) e più diffusamente il substrato roccioso attribuibile alla Scaglia Lombarda s.l., fungono da livello impermeabile o semipermeabile.

Laddove le coperture quaternarie raggiungono spessori maggiori, e per lo più entro i depositi detritici ed i depositi deltizi, caratterizzati da sequenze con alternanze di livelli a granulometria grossolana, a maggiore permeabilità, ed a granulometria fine, a minore permeabilità, si possono altresì rinvenire **falde sospese**.

Il **DOMINIO OCCIDENTALE-MERIDIONALE O AMBITO COLLINARE E DI PIANA ALLUVIONALE** afferisce ad un contesto più francamente riferibile alle cerchie moreniche ed alla fascia deltizio-alluvionale e quindi a spessori per lo più significativi di depositi Quaternari.

Si possono principalmente individuare **falde superficiale** (freatiche/semiconfinare e sospese) e **falde medio-profonde** (acquiferi multistrato semi-artesiani) circolanti con modalità peculiari entro le unità glaciali e post-glaciali.

Nell'area del Medio Garda (Salò-San Felice d/B-Manerba d/G) la presenza del substrato roccioso da affiorante a poco profondo, ritenuto pressoché sterile da un punto di vista idroproduttivo, costituisce un limite per l'estensione in profondità degli acquiferi multistrato.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Falde freatiche/semi-confinato

Nelle piane fluvioglaciali o di contatto glaciale o nella fascia deltizia costiera è talora presente, a scarsa profondità dal p.c., una **falda di tipo freatico/semi-confinato**, che permea i terreni limosi, sabbioso-limosi o sabbioso-ghiaiosi permeabili, limitati alla base dal substrato glaciale poco permeabile. Si tratta di falde alimentate dalle precipitazioni meteoriche e dalle acque provenienti dalle falde sospese circolanti entro i depositi morenici presenti nei rilievi collinari. La falda è quindi soggetta ad oscillazioni stagionali piuttosto marcate legate alle precipitazioni meteoriche.

Nella fascia costiera per la falda di tipo freatico/semi-confinato circolante entro i depositi deltizi e lacustri la presenza di livelli permeabili che si prolungano fino a Lago può localmente determinare un sostanziale collegamento tra le acque del bacino lacustre e quelle di falda, i cui livelli piezometrici risultano quindi in equilibrio. La falda è quindi soggetta ad oscillazioni stagionali piuttosto marcate legate oltreché alle precipitazioni meteoriche anche alle variazioni del livello del lago.

Il deflusso sotterraneo di queste falde freatiche/semiconfinato segue in generale un debole gradiente topografico in direzione degli elementi idrografici drenanti e quindi, in caso di collegamento con il bacino lacustre, verso la linea di costa.

Falde sospese

Nei depositi glaciali, di contatto glaciale e deltizi sono talora presenti, in relazione alle condizioni morfologiche ed idrogeologiche locali, acquiferi confinati di norma discontinui e poco produttivi circolanti al tetto di livelli limoso-argillosi impermeabili, generalmente di bassa potenzialità, alimentati prevalentemente dalle precipitazioni meteoriche e, soprattutto allo sbocco dei conoidi deltizi verso la fascia costiera, dalle acque di sub-alveo dei corsi d'acqua torrentizi.

Tali falde possono dare origine, al piede delle colline moreniche, a manifestazioni sorgentizie di portata per lo più trascurabile. Numerosi pozzi superficiali, scavati a mano e prevalentemente in disuso, lungo i bordi collinari e/o sui rilievi morenici, interessano gli acquiferi sospesi.

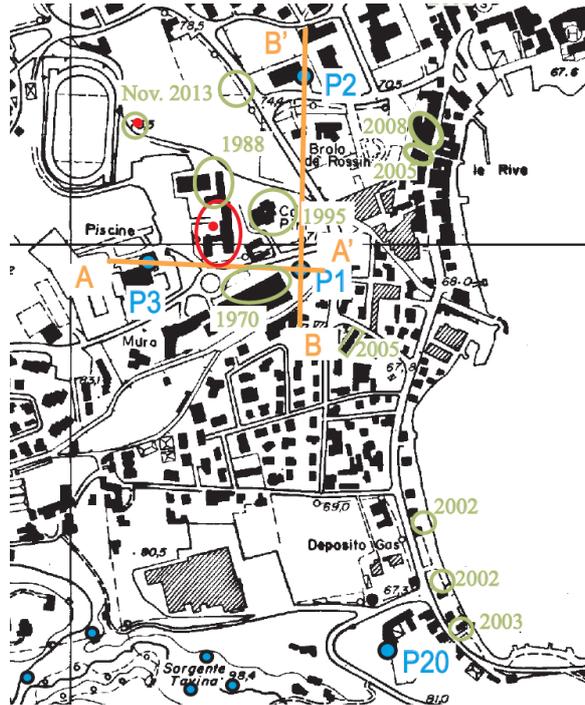
Falde profonde: acquiferi multistrato semiartesiani

Entro i depositi glaciali, a profondità differenti e di norma di alcune decine di m dal p.c., sono presenti **falde profonde confinate o semiconfinato** che rappresentano gli acquiferi più sviluppati e di maggiore produttività nell'area del Basso Garda. I sistemi acquiferi multistrato risultano separati tra loro da intervalli argilloso-limosi ripartitori (*aquitard*). Si tratta di falde normalmente dotate di un certo grado di artesianesimo, non direttamente influenzate dall'andamento delle precipitazioni e collegate ad alimentazioni distali. Nell'area del Medio Garda (Salò-San Felice d/B-Manerba d/G) la presenza del substrato roccioso da affiorante a poco profondo, ritenuto pressoché sterile da un punto di vista idroproduttivo, costituisce un limite per l'estensione in profondità degli acquiferi multistrato.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Per l'area della Piana del Golfo di Salò, sulla base dell'analisi dettagliata di alcuni dei pozzi reperiti (vedi sezioni idrogeologiche e stralcio della "Corografia con ubicazione dei pozzi, e della traccia di sezione idrogeologica", sotto riportati), gli acquiferi afferenti ai sistemi multistrato più sviluppati e di maggiore produttività sono riscontrabili a profondità superiori 50-60 m dal p.c. (Pozzo 1).

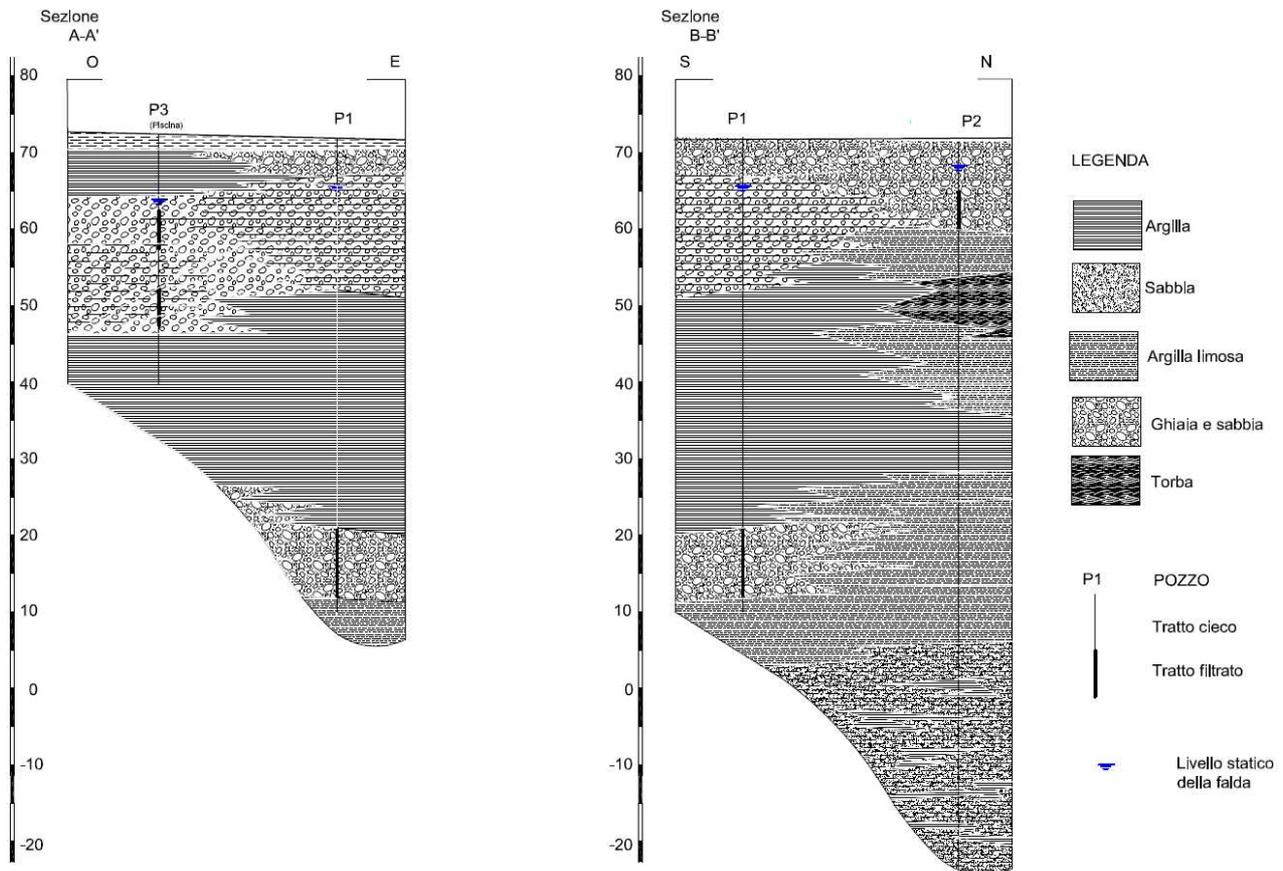


Il **pozzo 3 (piscina Canottieri)** evidenzia la presenza, al di sotto di circa 8 m di depositi superficiali in prevalenza argilloso-limosi, di un'unità di spessore significativo di ghiaie prevalenti (fino a circa - 26 m dal p.c.), attribuibili a depositi di conoide deltizio, entro cui circola un **acquifero superficiale di portata superiore a 10 l/sec e con livello piezometrico statico pari a circa - 8,55 m dal p.c.**

I pozzi 1 e 2 sono profondi rispettivamente 62 m e 95 m; in entrambi i punti di terebrazione sono segnalati circa 11-18 m di ghiaia con argilla, argilla con ghiaia e ghiaia con ciottoli (depositi deltizi) delimitate alla base da una sequenza prevalentemente argillosa che si ritrova fino alla profondità di circa -51/-66 m dal p.c. (depositi glaciali).

Entro i depositi glaciali è stato riscontrato un intervallo ghiaioso acquifero solo in corrispondenza del Pozzo 1, tra -51,00 m e -60,00 m dal p.c.; il Pozzo 2 non ha attraversato nessun livello grossolano caratterizzato da circolazione d'acqua.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)



Entro il Pozzo 1, i filtri sono stati posizionati tra -51,00 m e -60,00 m dal p.c. captando la falda profonda entro i depositi glaciali con una portata di 6 l/sec → il livello statico è stato misurato a -6,30 m dal p.c..

Nel Pozzo 2 il filtro è stato posizionato tra -6,50 e -11,50 m dal p.c., captando la falda superficiale circolante entro i depositi deltizi con portata di 10,30 l/sec → il livello statico è misurato a -3,20 m dal p.c..

Più difficoltosa è l'interpretazione del pozzo 20, eseguito all'estremità Sud della piana alluvionale di Salò. In questo punto di terebrazione sono stati attraversati spessori elevati di depositi ghiaiosi (riferibili al conoide deltizio o a depositi glaciali?); in particolare al di sotto di circa 25 m di argilla grigia (depositi lacustri?) sono presenti circa 30-40 m di ghiaia mista a conglomerato ricca d'acqua. Si raggiungono portate di circa 13 l/sec con livello piezometrico risaliente fino a circa -3,00 m dal p.c.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI – CARTA DELLE INDAGINI

Al fine di implementare un *database* geologico e di poter sviluppare le successive fasi di Microzonazione Sismica, si è proceduto alla raccolta del maggior numero possibile di **Dati Geotecnici e Geofisici** che abbiano interessato il territorio comunale di Salò.

Inizialmente sono stati **recepiti tutti i dati già riportati** nell' "Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Salò" ("**Carta della Pericolosità Sismica Sismica Locale**" Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti– Luglio 2007) e che fanno riferimento ai numerosi dati geofisici raccolti per l'analisi del rischio sismico di 1° livello.

Successivamente si è proceduto ad integrare tali dati mediante la **raccolta presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico Comunale** delle indagini esperite nel territorio per le pratiche edilizie presentate a partire dal 2003 e con alcune pratiche riferite agli anni '90.

Ulteriori e numerosi dati sono stati inoltre rappresentati dalle **indagini geognostiche e dagli studi geologici eseguiti** nel territorio comunale d'interesse **dagli scriventi, Dott. Geol. Rosanna Lentini e Dott. Geol. Damiano Scalvini**, nonché dal Dott. Geol. Giorgio Crestana e dal Dott. Geol. Davide Gazzola, a partire dal 1997 e fino al 2014.

Per le specifiche finalità del presente studio sono state, infine, eseguite **nuove indagini sismiche**; in particolare sono stati predisposti **n° 5 stendimenti di sismica** multicanale con registrazione delle onde superficiali, comprese quelle a bassa frequenza, ed elaborazione dei dati secondo la procedura tipo **MASW** (vedi "**Dati Sismostratigrafici - Nuove acquisizioni**", **All. 3**). Le indagini sismiche di nuova realizzazione sono state ubicate in funzione di un'omogenea caratterizzazione degli ambiti di Pericolosità Sismica Locale individuati (vedi paragrafi successivi) ed in relazione alla distribuzione delle indagini geofisiche reperite mediante la precedente raccolta dati. Si rimanda all'All. 3 per ogni maggiore dettaglio inerente le procedure ed i risultati relativi ai nuovi stendimenti sismici predisposti in comune di Salò, nonché i cenni metodologici rispetto alle tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici.

Nel complesso, nel territorio comunale di Salò sono stati censiti **n° 200 punti d'indagine**.

Si è quindi proceduto alla redazione della "**Carta delle indagini**" (**scala 1:5.000**) I dati sono stati inoltre inseriti in un archivio informatico predisposto in conformità agli standard richiesti ("Standard di rappresentazione ed archiviazione informatica richiesta" – Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica – Art. 5 comma 7 dell'OPCM 3907 del 13/11/2010-vers. 3.0 dell'Ottobre 2013); per la consultazione dei dati geognostici si fa pertanto riferimento al *data base* allegato.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Ogni punto d’indagine, raccolto secondo le modalità descritte, è stato idoneamente **geo-referenziato ed inserito in ambiente GIS**; inoltre tutti i dati raccolti sono stati informatizzati mediante scansione in formato PDF dei tabulati di prova/ report di campo ed i punti sono stati riportati in planimetria mediante idoneo segno grafico, in accordo con quanto previsto negli “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica*” (Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica – Art. 5 comma 7 dell’OPCM 3907 del 13/11/2010- vers. 3.0 dell’Ottobre). Tali dati saranno consultabili quale *database* dei territori comunali d’interesse e viene fornito relativo formato *shapefile*.

A seguito della raccolta dei dati è stata prodotta la “**Carta delle indagini**” (scala 1:10.000), realizzata in ambiente GIS, per la quale verranno forniti anche i relativi *shapefile*, a corredo e completamento del *database*.

Nel complesso, nel territorio comunale di Salò sono stati censiti n° **200 punti d’indagine**. Le indagini presentano una peculiare distribuzione nelle aree maggiormente interessate dall’espansione urbanistica e pertanto risultano concentrate nelle aree pedemontane, collinari, intermoreniche e, principalmente, nell’ampia Piana del Golfo di Salò.

Esse constano di:

-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Sondaggio con piezometro
-  Sondaggio a carotaggio continuo
-  Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
-  Verticale lungo tomografia elettrica
-  Prova penetrometrica dinamica superpesante
-  Prova penetrometrica dinamica pesante
-  Prova penetrometrica dinamica leggera
-  Pozzo per acqua
-  Trincea o pozzetto esplorativo
-  MASW
-  Prova REfractomer Microtremor
-  HVSR

Fig. 1 - Estratto da “Carta Delle Indagini – Scala 1:10.000”

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO – CARTA GEOLOGICO/TECNICA

In adempimento a quanto previsto dall' All.1 alla “*nota Z1.2012.0020672 del 08/08/2012* ed alla “*nota Z1.2013.0017362 del 07/11/2013*” “Criteri per la Realizzazione di Studi di Microzonazione Sismica di cui all’Ord. P.C.M. 4007/2012 e s.m.i. e Decreto P.C.M. Dipartimento Protezione Civile 16 Marzo 2012”, per quanto concerne le problematiche relative all’analisi delle componenti geologico-geotecniche e geomorfologiche si dovrà fare riferimento agli studi della “Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT” vigenti sul territorio comunali ed in particolare alle relative tavole tematiche procedendo ad una loro integrazione con i nuovi dati raccolti.

La buona copertura dei dati geofisici e geotecnici relativa alle aree di maggiore interesse urbanistico (§ 4) ed i rilievi geologici e geomorfologici esistenti ed integrati sul territorio (§ 3) hanno permesso di definire un Modello del Sottosuolo soddisfacente e di individuare “**n° 37 sezioni stratigrafiche tipo**” descrittive del territorio ed a cui sono stati correlati elementi geologici (ambiente deposizionale dei terreni di copertura), litologici (denominazione litologica prevalente dei terreni di copertura) e geotecnici (grado di consistenza o di addensamento dei terreni di copertura). Per una migliore esemplificazione dei rapporti stratigrafici tra le unità litologiche riconosciute sono state predisposte **n° 2 sezioni litotecniche** interpretative.

Si è pertanto proceduto alla predisposizione della “**Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica**” (scala **1:5.000**), in formato digitale, realizzate in ambiente GIS e CAD, con relativi *shapefile*.

Tale elaborato è risultato **revisionato** in maniera sostanziale **rispetto alla cartografia allegata al vigente PGT**, anche e soprattutto ai fini di una conformità ai *Criteri ICMS* ed agli “*Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica*” (Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - *Versione 3.0 - Ottobre 2013*); inoltre per quanto concerne la caratterizzazione geologico-geotecnica i dati aggiuntivi analizzati per il presente studio di Microzonazione Sismica hanno comportato un maggiore dettaglio di analisi del territorio.

Rimandando ai § 3.1, § 3.2 e § 3.3 per la descrizione dell’inquadramento geologico e geomorfologico dell’area, delle unità litostratigrafiche e delle forme e dinamiche geomorfologiche attive sul territorio, si procede di seguito a descrivere il modello del sottosuolo come **sintesi dei dati raccolti** e pertanto utilizzando le sezioni stratigrafiche tipo predisposte e raggruppate rispetto all’ambiente deposizionale e con riferimento rispetto agli ambiti riportati nella “Carta Geologica-Geotecnica per la Microzonazione Sismica” e pertanto alle unità superficiali in essa cartografate.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

SUBSTRATO ROCCIOSO		
ALS	Marne e marne argillose, a tratti marne calcaree, scagliose, con qualità dell'ammasso scadente. <i>Scaglia Lombarda, Marne Oligoceniche</i>	1041
LPS	Calcarei e calcari marnosi, da compatti a stratificati, con presenza di selci in noduli, lenti e liste, con qualità dell'ammasso da buono a mediocre. <i>Medolo, F.ne di Concesio, Selcifero Lombardo, Maiolica</i>	1011
GR	Conglomerati e, in subordinate, arenarie cementate, con qualità dell'ammasso da mediocre a buono <i>Conglomerati di Gardone Riviera, Punta del Corno e Soprazzocco Conglomerato della F.ne del Colle di san Bartolomeo.</i>	1022
COS	Argille e argille sabbiose, stratificate. <i>Argille ed argille sabbiose della F.ne del Colle di san Bartolomeo</i>	1031

Nel settore montano del territorio di Salò si ha la presenza diffusa dell'ammasso roccioso per lo più subaffiorante, a litologia di tipo carbonatico e marnoso-argilloso talora selciosa (F.ne di Concesio, Selcifero Lombardo, Maiolica, F.ne del Medolo, Scaglia Lombarda, Marne Oligoceniche ed argille ed argille sabbiose della F.ne del Colle di San Bartolomeo) e con estese zone di affioramento.

Limitati affioramenti del substrato roccioso o di litotipi ad esso assimilabili (conglomerati pleistocenici) si riscontrano anche nell'ambito più prettamente "collinare morenico".

Generalmente i terreni costituiti dal substrato roccioso possiedono di per sé buone caratteristiche di resistenza intrinseca, anche se talora lo stesso substrato roccioso può risultare piuttosto fratturato. La caratterizzazione geomeccanica di un ammasso roccioso tiene conto di alcuni parametri derivanti dalla natura del litotipo affiorante e dal suo stato di integrità. La stratificazione (massiccia, a banchi, fittamente stratificata, ecc), la presenza di interstrati, lo stato di fratturazione (fasce cataclastiche e milonitizzate) possono determinare nell'ambito della stessa unità litologica variazioni dei parametri di resistenza geomeccanica anche accentuati.

Le proprietà meccaniche di resistenza possono anche diminuire sensibilmente in presenza di fenomeni di circolazione idrica, a causa di fenomeni di alterazione o di fenomeni di carsici.

La caratterizzazione geomeccanica dei litotipi lapidei è ben riassunta dal parametro RMR derivante dalla classificazione di Bieniawski che esprime un giudizio di qualità sull'ammasso roccioso.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Si riporta esemplificativamente quanto riportato in alcuni testi di riferimento bibliografico (Estratto da *DETERMINAZIONE DEL RISCHIO SISMICO A FINI URBANISTICI IN LOMBARDIA – REGIONE LOMBARDIA – CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, Giugno 1996*):

stratificata (Angolo, Prezzo, Buchenstein, Wengen, Dolomia Principale, S. Giovanni Bianco, Medolo, Concesio, Corlor, Navone, Selcifero Lombardo, Maiolica e Brecce di Pregasio, Formazione di Manerba). Gli ammassi rocciosi sono costituiti da calcari selciosi tenaci sempre nettamente stratificati con alterazione molto variabile e da calcari marnosi, arenarie e siltiti in strati centimetrico-decimetrici. I valori dei parametri sono influenzati essenzialmente dal grado di fratturazione, dallo spessore degli strati e dalla loro giacitura, dalle condizioni dei giunti e dalla presenza o meno di acqua.

Parametro	min	max
RMR base	50	70
ϕ (°)	30	40
c (kPa)	250	350
Esitu (GPa)	10	40
Ammassi di qualità buona		$V_p = 3.600 - 5.600$ m/s
Ammassi di qualità mediocre		$V_p = 3.000 - 3.600$ m/s

stratificata molto fratturata o cataclasata (Scaglia Lombarda, Arenarie di Val Sabbia, S. Giovanni Bianco). Ammassi rocciosi costituiti da calcari marnosi o marne calcaree generalmente stratificati con alterazione molto spinta. I valori dei parametri sono influenzati essenzialmente dal grado di fratturazione e di clivaggio, dallo spessore degli strati, dalle condizioni dei giunti e dalla presenza o meno di acqua.

Parametro	min	max
RMR base	20	30
ϕ (°)	15	20
c (kPa)	100	150
Esitu (GPa)	2	3
Ammassi di qualità scadente		$V_p = 2.300 - 4.000$ m/s



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

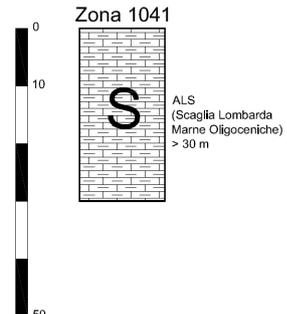
detriti cementati, conglomerati e travertini (Conglomerato di Sotto Castello, Conglomerati interglaciali, Ceppo, S. Bartolomeo, Travertini di Carvanno)

depositi glaciali, fluvioglaciali, fluviali, addensati o consistenti (depositi morenici del Gunz, Mindel, Riss e Wurm). I caratteri geotecnici sono mediamente buoni. Per quanto riguarda i depositi glaciali e fluviali le variazioni delle caratteristiche geotecniche sono funzione della percentuale della componente fine limoso argillosa, della presenza di acqua e del diverso grado di cementazione.

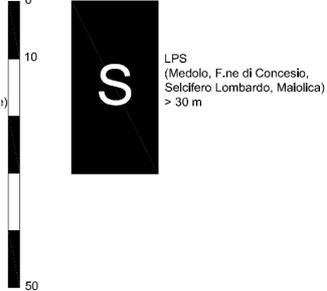
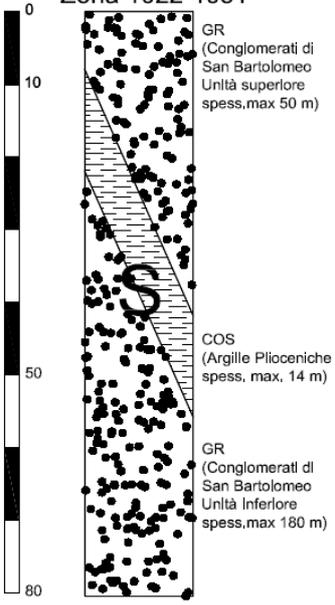
detriti cementati, conglomerati e travertini

Parametro	min	max	
RMR base	50	70	
ϕ (°)	30	40	
c (kPa)	250	350	
Esitu (GPa)	10	40	
Ammassi di qualità discreta			$V_p = 3.500 - 4.500$ m/s
Ammassi di qualità scadente			$V_p = 2.500 - 3.500$ m/s

Le unità affioranti nel territorio di Salò appaiono in complessi rapporti di sovrapposizione tettonica nella gran parte del territorio. Per una esemplificazione di tali rapporti si rimanda ai § 2.1 ed al cap. 3, nonchè alla sezione litotecnica A-A'.

 <p>Zona 1041</p> <p>ALS (Scaglia Lombarda) Marne Oligoceniche > 30 m</p>	<p>Scaglia Lombarda</p> <p>Il litotipo è rappresentato da marne e marne argillose, a tratti marne calcaree, scagliose, con qualità dell'ammasso per lo più scadente ed è pertanto stato classificato quale alternanza di litotipi stratificato (ALS).</p> <p>Nel territorio d'interesse, la formazione, affiora estesamente nel settore montano del M.te San Bartolomeo e lungo il T.te Barbarano, in sequenza stratigrafica con la sottostante F.ne della Maiolica seppure coinvolta in una complessa struttura tettonica nell'area del M.te Trat ed in corrispondenza del versante meridionale del M.te San Bartolomeo (vedi sezione litotecnica A-A').</p>
---	--

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

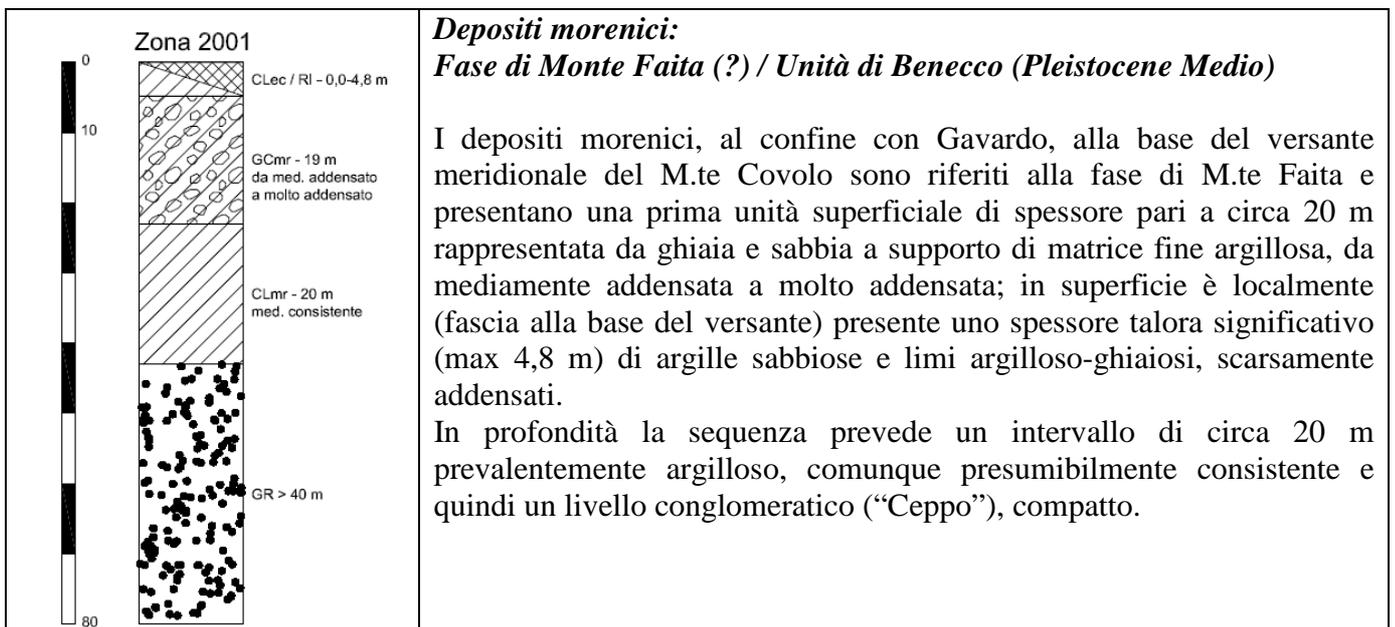
<p>Zona 1011</p>  <p>LPS (Medolo, F.ne di Concesio, Selcifero Lombardo, Maiolica) > 30 m</p>	<p><i>Medolo, F.ne di Concesio, Selcifero Lombardo, Maiolica</i></p> <p>Nel settore montano del M.te Trat e Loc. Selva Alta affiora la sequenza delle formazioni costituite da calcari e calcari marnosi, da compatti a stratificati, con presenza di selci in noduli, lenti, e liste, con qualità dell'ammasso da buono a mediocre; esse sono complessivamente classificabili quali litotipi lapidei stratificati (LPS).</p> <p>Si sottolinea come localmente, ma piuttosto diffusamente, possano essere presenti coltri di alterazione e/o detritico-colluviali-eluviali di spessore variabile ma per lo più inferiore ai 3 m e pertanto non cartografate, come da specifiche tecniche di riferimento.</p> <p>La serie stratigrafica affiora, pressoché interamente presso M.te Trat, coinvolta in una complessa struttura plicativa ed a faglie.</p>
<p>Zona 1022-1031</p>  <p>GR (Conglomerati di San Bartolomeo Unità superiore spess. max 50 m)</p> <p>COS (Argille Plioceniche spess. max. 14 m)</p> <p>GR (Conglomerati di San Bartolomeo Unità Inferiore spess. max 180 m)</p>	<p><i>Formazione del Colle di San Bartolomeo</i></p> <p>La F.ne del Colle di San Bartolomeo, costituita da conglomerati cui si interpone un'unità di argille e livelli di arenarie e sabbie, con qualità dell'ammasso da discreta a scadente è stata classificata in prevalenza quale substrato granulare (LP) ed in subordine quale coesivo stratificato (COS).</p> <p>Tale formazione affiora lungo la sommità del Colle San Bartolomeo ed in Loc. Passo la Stacca e La Corna, in sovrapposizione stratigrafica con la Scaglia Lombarda seppure con una significativa lacuna stratigrafica (Pliocene su Eocene); il limite con quest'ultima ed anche tra i vari termini della stessa formazione sono talora marcati da lineamenti tettonici che ne dislocano i contatti (vedi sezione litotecnica A-A').</p>

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

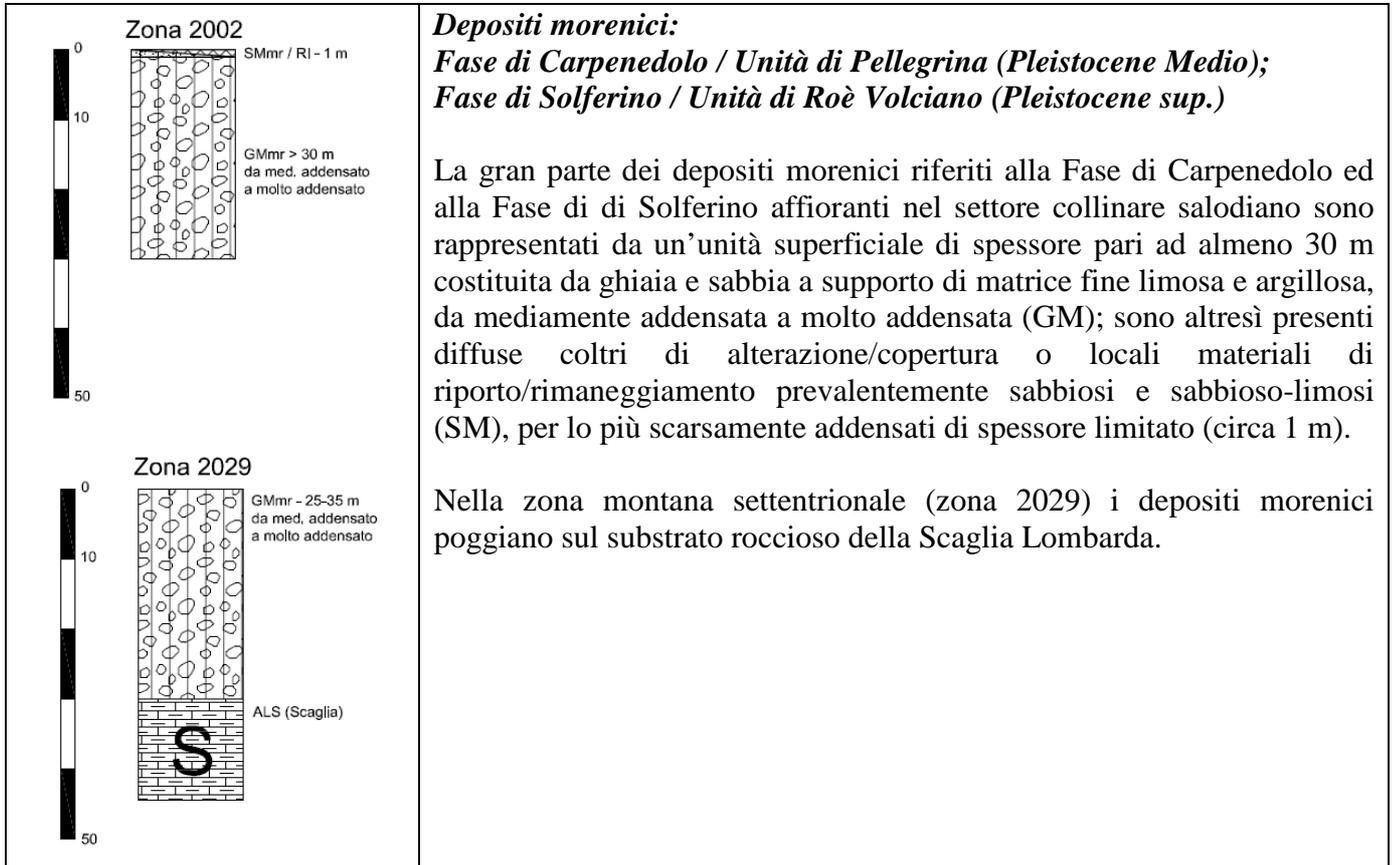
		Sezione stratigrafica di riferimento
DEPOSITI MORENICI		
GCmr	Ghiaia e sabbia a supporto di matrice fine limosa e argillosa, da mediamente addensata ad addensata, in superficie, a molto addensata in profondità. Depositi morenici: Fase di Monte Faita (?) / Unità di Benecco (Pleistocene Medio)	2001
GMmr	Ghiaia e sabbia a supporti di matrice fine limosa e argillosa, da mediamente addensata a molto addensata. - Depositi morenici: Fase di Carpenedolo / Unità di Pellegrina (Pleistocene Medio); Fase di Solferino / Unità di Roè Volciano (Pleistocene sup.)	2002 2029

I depositi di origine glaciale presenti nel territorio comunale di Salò sono attribuiti alle fasi glaciali più antiche di M.te Faita e di Carpenedolo ed a quelle più recenti di Solferino; essi sono presenti collinare occidentale e meridionale del territorio comunale, costituendo le più pronunciate cerchie collinari di M.te Luzzago e Mastignaga, con crinali orientati circa N-S, ed i più blandi rilievi collinari di Villa di Salò, Rocchetta-S. Caterina e Versine che degradano con orientazione da NW-SE a circa E -W verso la porzione meridionale del Golfo di Salò.

Descriviamo di seguito le sezioni stratigrafiche rappresentative delle porzioni di territorio che sono state classificate entro questi ambiti.



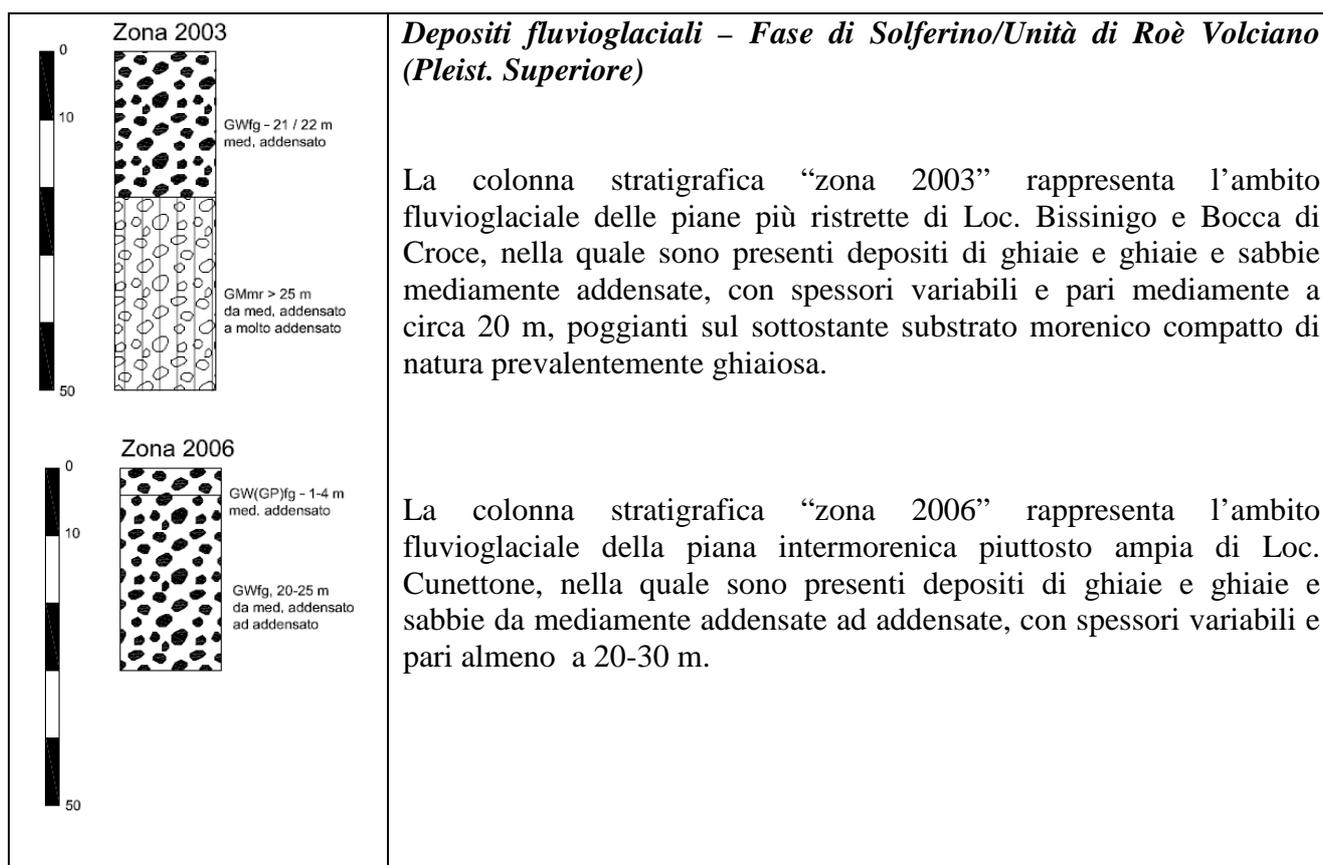
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)



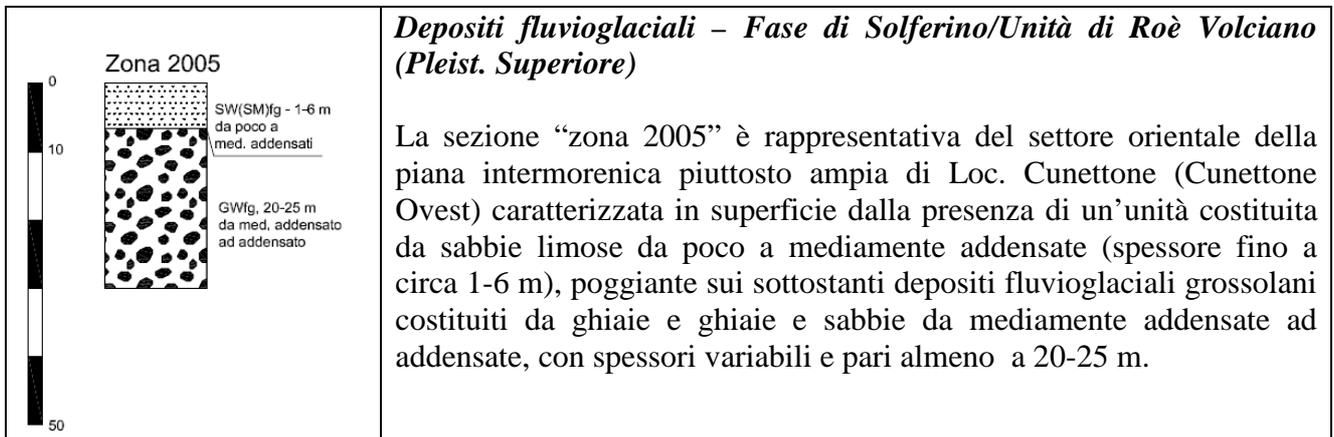
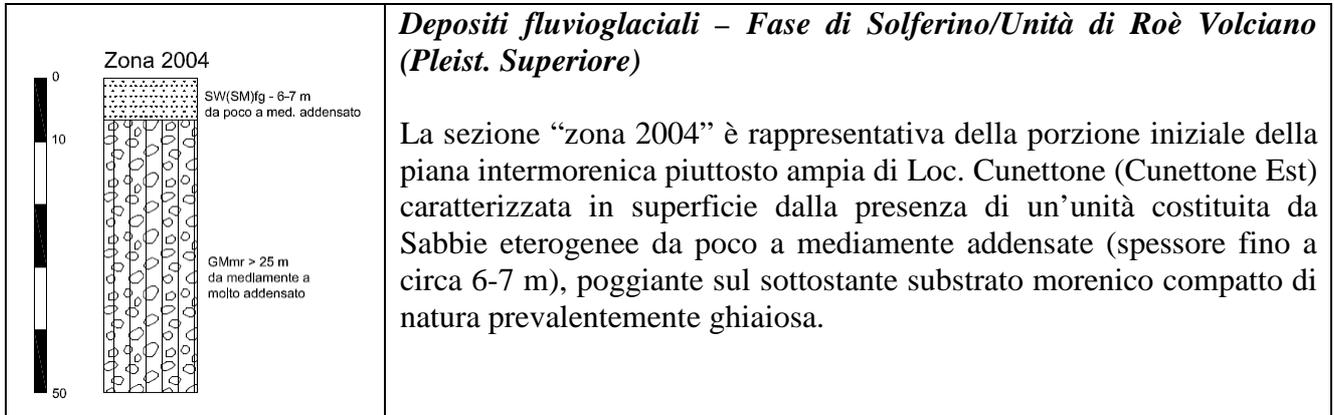
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

		Sezione stratigrafica di riferimento
AMBITO FLUVIOGLACIALE		
Depositi Fluvioglaciali		
GWfg	Ghiaie, ghiaie e sabbie da mediamente addensate a molto addensate. <i>Depositi fluvioglaciali – Fase di Solferino/Unità di Roè Volciano (Pleist. Superiore)</i>	2003 2006
SWfg	Sabbie eterogenee da poco a mediamente addensate <i>Depositi fluvioglaciali – Fase di Solferino/Unità di Roè Volciano (Pleist. Superiore)</i>	2004
SMfg	Sabbie limose mediamente addensate <i>Depositi fluvioglaciali: Fase di Solferino/Unità di Roè Volciano (Pleistocene sup.)</i>	2005

I sedimenti di origine fluvioglaciale a cui si correlano depositi fluvioglaciali s.s. presenti nel territorio comunale di Salò sono attribuiti esclusivamente alla Fase di Solferino. Essi sono riconoscibili nel settore meridionale del territorio comunale in corrispondenza di una piana intramorenica che dipartendosi da Cunettone-Villa prosegue verso SE fino a Manerba del Garda e in limitate vallette nel settore collinare (Loc. Bissinigo). Descriviamo di seguito le sezioni stratigrafiche rappresentative:

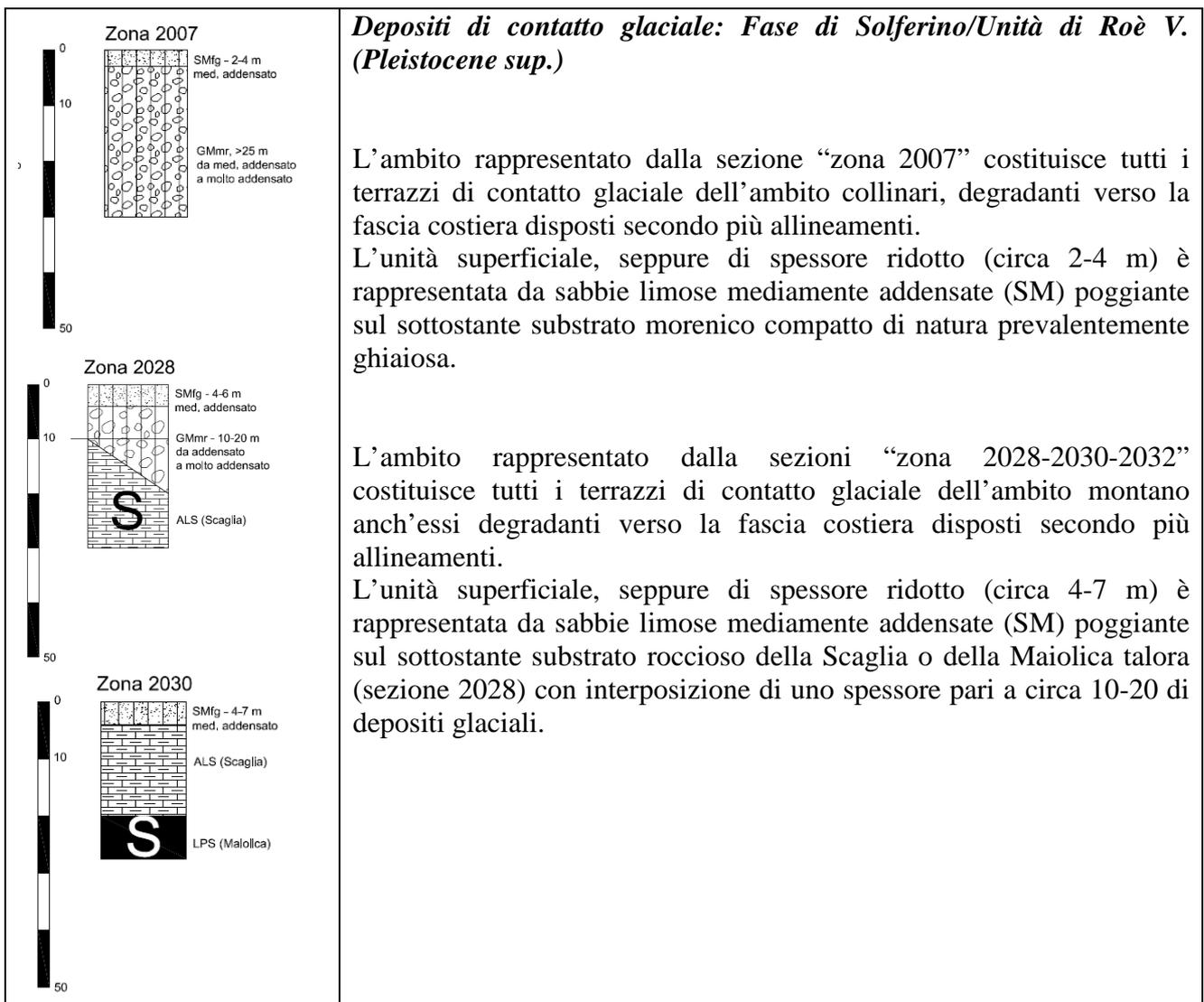


STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

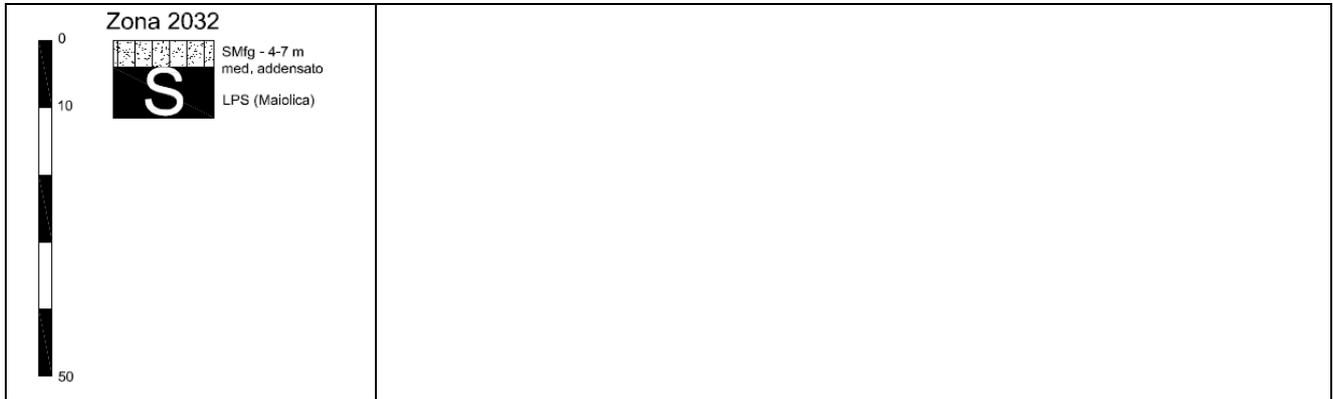


STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

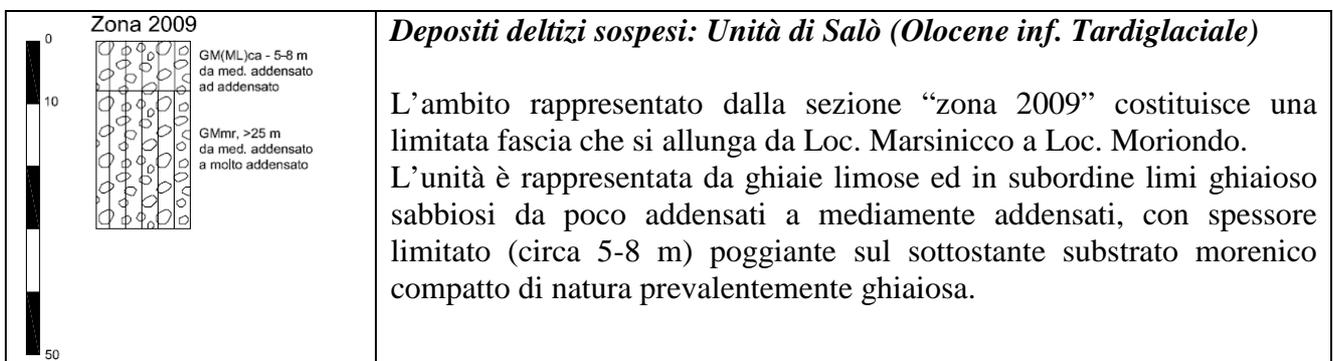
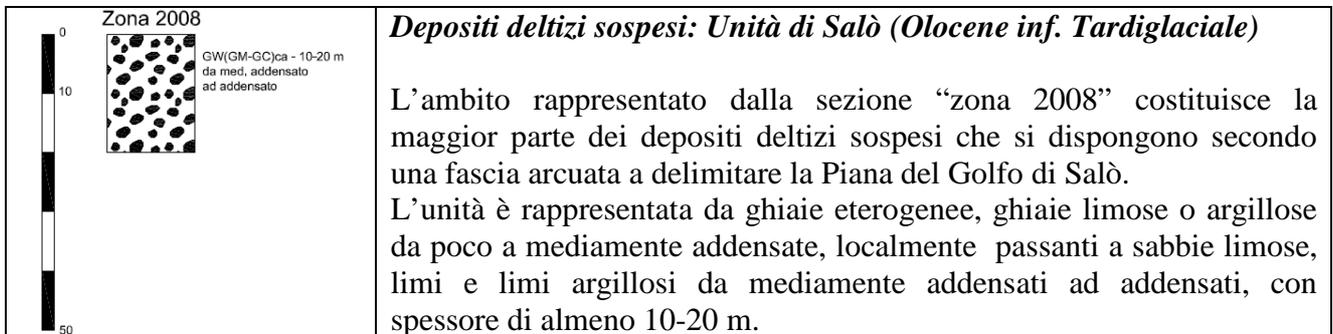
		Sezione stratigrafica di riferimento
	AMBITO FLUVIOGLACIALE Depositi di Contatto Glaciale	
SMfg	Sabbie limose mediamente addensate <i>Depositi di contatto glaciale: Fase di Solferino/Unità di Roè V. (Pleistocene sup.)</i>	2007 2030 2032



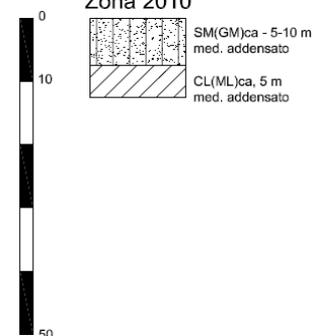
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

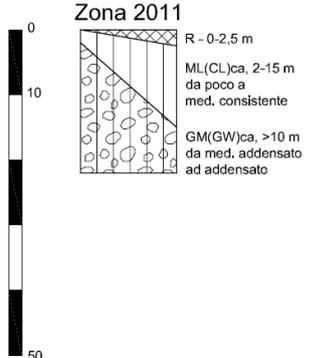


		Sezione stratigrafica di riferimento
DEPOSITI DELTIZI SOSPESI		
GWca	Ghiaie eterogenee, ghiaie limose o argillose da poco a mediamente addensate, localmente passanti a sabbie limose, limi e limi argillosi <i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i>	2008
GMca	Ghiaie limose ed in subordine limi ghiaioso sabbiosi da poco addensati a mediamente addensati. <i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i>	2009
SMca	Sabbie limose e ghiaie limose mediamente addensate <i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i>	2010
MLca	Limi sabbiosi e limi argillosi da poco a mediamente consistenti <i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i>	2011



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

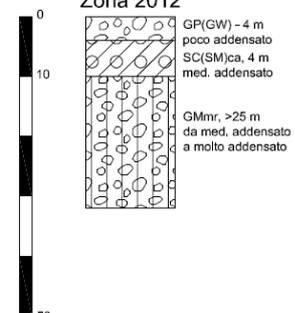
<p>Zona 2010</p>  <p>SM(GM)ca - 5-10 m med. addensato</p> <p>CL(ML)ca, 5 m med. addensato</p>	<p><i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i></p> <p>L'ambito rappresentato dalla sezione "zona 2010" costituisce la porzione distale dei depositi deltizi sospesi che affiorano presso il versante SW del Colle San Bartolomeo.</p> <p>L'unità è rappresentata da sabbie limose e ghiaie limose mediamente, con spessore pari a circa 5-10 m, passante ad argille limose e limi argillosi mediamente addensati con spessore pari a circa 5 m</p>
---	---

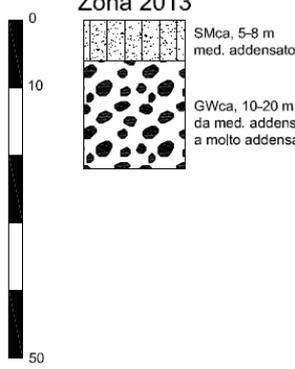
<p>Zona 2011</p>  <p>R - 0-2,5 m</p> <p>ML(CL)ca, 2-15 m da poco a med. consistente</p> <p>GM(GW)ca. >10 m da med. addensato ad addensato</p>	<p><i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i></p> <p>L'ambito rappresentato dalla sezione "zona 2011" costituisce la porzione distale dei depositi deltizi sospesi che affiorano a valle di Loc. Campoverde.</p> <p>L'unità è rappresentata da limi argillosi e argille limose da poco a mediamente consistenti, con spessore pari a circa 2-15 m, localmente ricoperti da materiali di riporto (0-2,5 m) e poggianti su ghiaie limose ed in subordine ghiaie sabbiose da mediamente addensate ad addensate con spessore >10 m.</p>
---	--



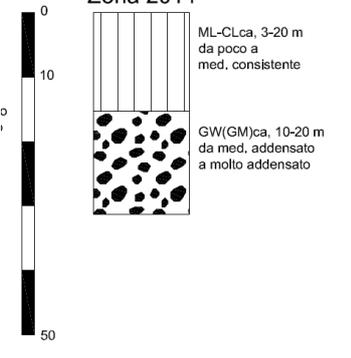
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

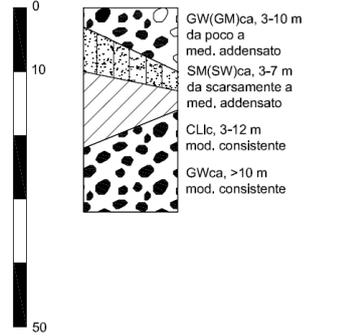
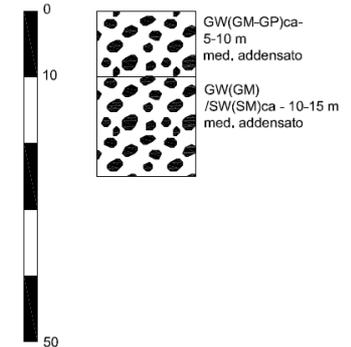
		Sezione stratigrafica di riferimento
DEPOSITI DELTIZI RECENTI		
GPca	Ghiaie eterogenee poco addensate <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2012
SMca	Sabbie limose e ghiaie limose mediamente addensate <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2013
MLca	Limi sabbiosi e limi argillosi da poco a mediamente consistenti <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2014
GWca	Ghiaie eterogenee, ghiaie limose o argillose da poco a mediamente addensate, localmente passanti a sabbie limose, limi e limi argillosi <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2015 2024
GMca	Ghiaie limose ed in subordine limi ghiaioso sabbiosi da poco addensati a mediamente addensati. <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2027

<p>Zona 2012</p> 	<p style="text-align: center;"><i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i></p> <p>L'ambito rappresentato dalla sezione “zona 2012” costituisce la porzione apicale del conoide alluvionale del T.te Moriondo/Rietto. L'unità superficiale è rappresentata da ghiaie eterogenee poco addensate di spessore limitato (circa 4 m), passanti a sabbie limose e sabbie argillose mediamente addensate (circa 4 m) poggianti sul sottostante substrato morenico compatto di natura prevalentemente ghiaiosa</p>
--	--

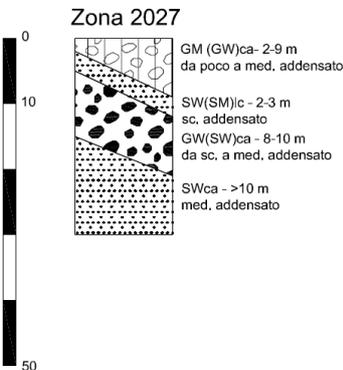
<p>Zona 2013</p> 	<p style="text-align: center;"><i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i></p> <p>L'ambito rappresentato dalla sezione “zona 2013” costituisce la maggior parte dei depositi deltizi sospesi che affiorano entro la Piana del Golfo di Salò. L'unità superficiale è rappresentata da sabbie limose e ghiaie limose mediamente, con spessore pari a circa 5-8 m, passanti a ghiaie prevalenti da mediamente addensati ad addensati, con spessore di almeno 10-20 m.</p>
---	---

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

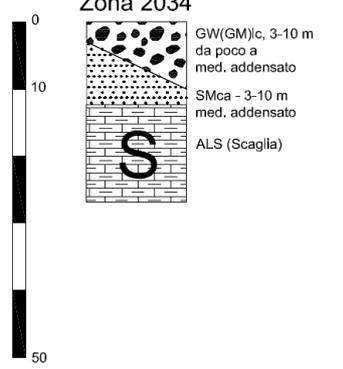
<p>Zona 2014</p>  <p>ML-CLca, 3-20 m da poco a med. consistente</p> <p>GW(GM)ca, 10-20 m da med. addensato a molto addensato</p>	<p><i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i></p> <p>L’ambito rappresentato dalla sezione “zona 2014” costituisce la porzione distale della maggior parte dei depositi deltizi recenti che affiorano nella Piana del Golfo di Salò.</p> <p>L’unità superficiale è rappresentata da limi argillosi e argille limose da poco a mediamente consistenti, con spessore pari a circa 3-20 m, e poggianti su depositi di conoide costituiti da ghiaie sabbiose ed in subordine ghiaie limose da mediamente addensate a molto addensate con spessore di circa 10-20 m.</p>
--	--

<p>Zona 2015</p>  <p>GW(GM)ca, 3-10 m da poco a med. addensato</p> <p>SM(SW)ca, 3-7 m da scarsamente a med. addensato</p> <p>CLlc, 3-12 m mod. consistente</p> <p>GWca, >10 m mod. consistente</p> <p>Zona 2024</p>  <p>GW(GM-GP)ca- 5-10 m med. addensato</p> <p>GW(GM) /SW(SM)ca - 10-15 m med. addensato</p>	<p><i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i></p> <p>L’ambito rappresentato dalle sezioni “zona 2015 e 2024” costituisce la porzione terminale rispettivamente del conoide del T.te S. Anna e dei Torrenti Rio dei Guanti e di Loc. Colombaro.</p> <p>L’unità superficiale è rappresentata da ghiaie eterogenee, ghiaie limose o argillose da poco a mediamente addensate, localmente passanti a sabbie limose, limi e limi argillosi da mediamente addensati ad addensati, con spessore complessivo di almeno 20-30 m.</p>
---	---

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

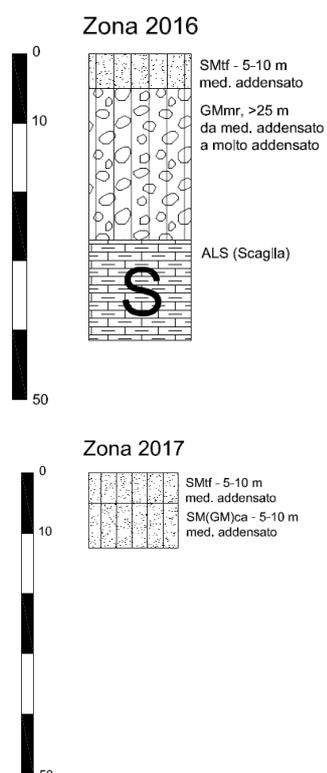
<p>Zona 2027</p> 	<p style="text-align: center;"><i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i></p> <p>L'ambito rappresentato dalla sezione "zona 2027" costituisce la porzione terminale del conoide del T.te Barbarano.</p> <p>L'unità superficiale è rappresentata da ghiaie limose e ghiaie sabbiose da poco addensate a mediamente addensate, con intercalati limi sabbiosi e sabbie limose, scarsamente addensate, con spessore complessivo pari a circa 10-20 m) poggiate su sabbie ghiaiose mediamente addensate con spessore > 10 m.</p>
---	--

		Sezione stratigrafica di riferimento
DEPOSITI LACUSTRI		
GWlc	Ghiaie eterogenee e ghiaie sabbiose da poco a mediamente addensate. <i>Depositi Lacustri (Olocene)</i>	2034

<p>Zona 2034</p> 	<p style="text-align: center;"><i>Depositi Lacustri (Olocene)</i></p> <p>L'ambito rappresentato dalla sezione "zona 2034" costituisce la fascia costiera tra Loc. Colombaro ed il conoide del T.te Toscolano.</p> <p>L'unità superficiale è rappresentata da ghiaie eterogenee, ghiaie limose o argillose da poco a mediamente addensate, localmente passanti a sabbie limose, limi e limi argillosi mediamente addensati, con spessore complessivo di circa 10 m, poggiate sul substrato roccioso della Scaglia Lombarda.</p>
---	---

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

		Sezione stratigrafica di riferimento
DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI		
SMtf	Sabbie limose e sabbie limoso ghiaiose mediamente addensate Depositi Alluvionali recenti (Olocene)	2016 2017
GWtf	Ghiaie eterogenee, ghiaie sabbiose e ghiaie limose da poco a mediamente addensate Depositi Alluvionali recenti (Olocene)	2018 2033

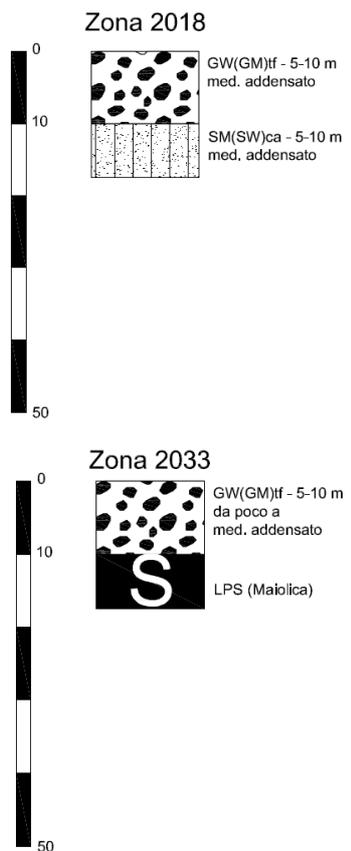


Depositi Alluvionali recenti (Olocene)

L’ambito rappresentato dalla sezione “zona 2016 e 2017” costituisce la porzione di fondovalle del Torrente Madonna del Rio e di alcuni corsi d’acqua minori.

L’unità è rappresentata da un intervallo iniziale a sabbie limose e sabbie limoso-ghiaiose mediamente addensate di spessore pari a circa 5-10 m poggianti, nella porzione montana del T.te Madonna del Rio, sul substrato morenico prevalentemente ghiaioso-limoso da mediamente addensato a molto addensato con spessore <25 m e quindi sul substrato roccioso della Scaglia Lombarda.

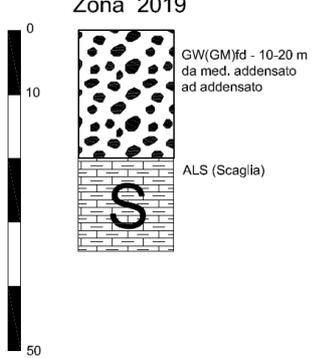
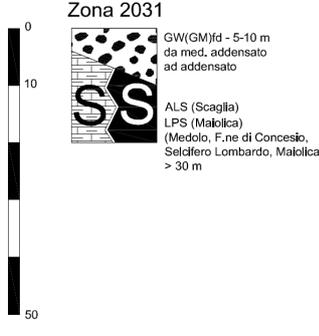
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

 <p>Zona 2018</p> <p>0 10 50</p> <p>GW(GM)tf - 5-10 m med. addensato</p> <p>SM(SW)ca - 5-10 m med. addensato</p> <p>Zona 2033</p> <p>0 10 50</p> <p>GW(GM)tf - 5-10 m da poco a med. addensato</p> <p>LPS (Maibica)</p>	<p><i>Depositi Alluvionali recenti (Olocene)</i></p> <p>L'ambito rappresentato dalla sezione “zona 2018 e 2033” costituisce rispettivamente la porzione di fondovalle terminale del Torrente S. Anna e del T.te Barbarano e la porzione montana del T.te Barbarano.</p> <p>Nella zona 2018 l'unità superficiale è rappresentata da ghiaie eterogenee, ghiaie sabbiose e ghiaie limose da poco a mediamente addensate, localmente passanti a sabbie limose e sabbie ghiaiose, con spessore complessivo di circa 20 m.</p> <p>Nella zona 2033 l'unità superficiale è rappresentata da ghiaie eterogenee, ghiaie sabbiose e ghiaie limose da poco a mediamente addensate, con spessore complessivo di circa 10 m, poggiante sul substrato roccioso della Scaglia Lombarda.</p>
---	--

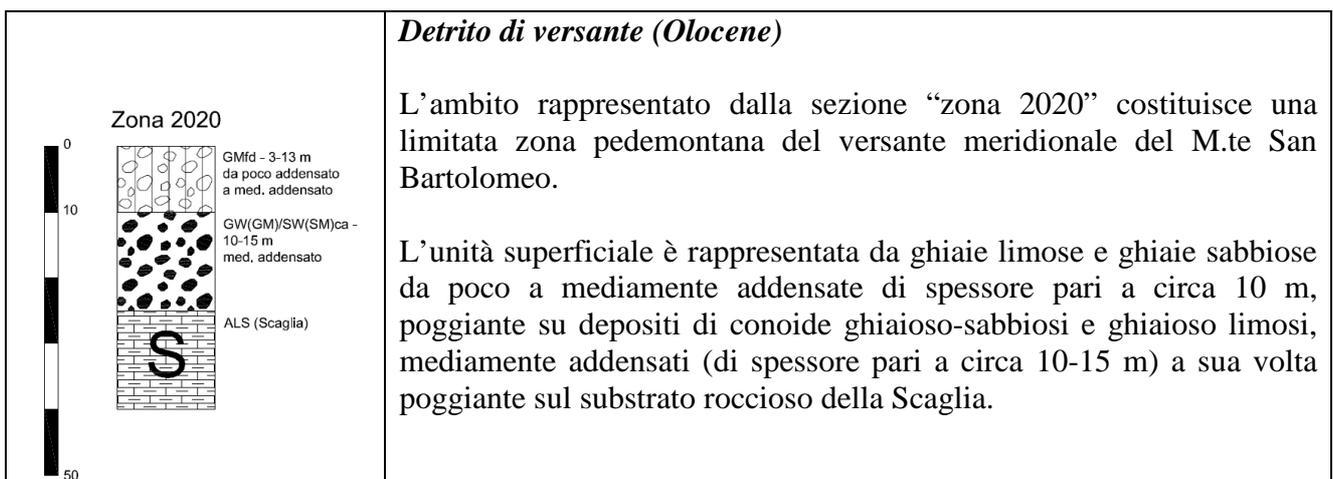
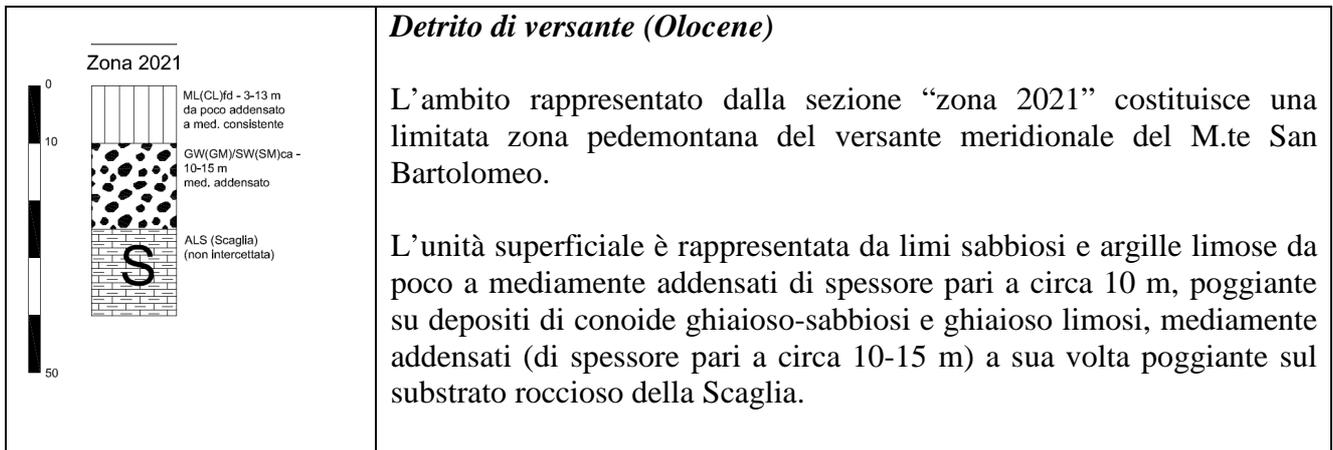
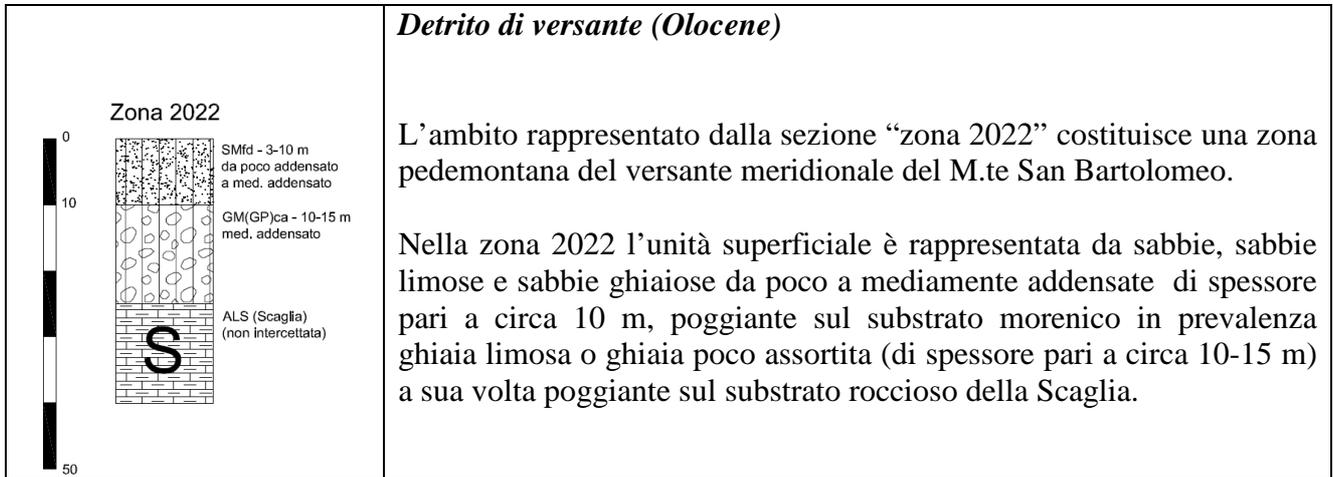


STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

		Sezione stratigrafica di riferimento
COPERTURE DETRITICHE DI VERSANTE		
GWfd	Ghiaie eterogenee, ghiaie sabbiose e ghiaie limose da mediamente addensate ad addensate <i>Detrito di versante (Olocene)</i>	2019 2031
SMfd	Sabbie, sabbie limose e sabbie ghiaiose da poco a mediamente addensate <i>Detrito di versante (Olocene)</i>	2022
MLfd	Limi sabbiosi e argille limose da poco a mediamente addensati <i>Detrito di versante (Olocene)</i>	2021
GMfd	Ghiaie limose e ghiaie sabbiose da poco a mediamente addensate <i>Detrito di versante (Olocene)</i>	2020

<p>Zona 2019</p>  <p>Zona 2031</p> 	<p style="text-align: center;"><i>Detrito di versante (Olocene)</i></p> <p>Questo ambito esemplificato dalla sezione stratigrafica “zona 2019 e 2031” si colloca nella fascia pedemontana e nella zona interna del M.te San Bartolomeo.</p> <p>Sono presenti ghiaie eterogenee, ghiaie sabbiose e ghiaie limose da mediamente addensate ad addensate con spessore variabile da 10-20 m a 5-10 m; in profondità si ha il passaggio diretto al substrato lapideo della F.ne della Scaglia.</p>
--	---

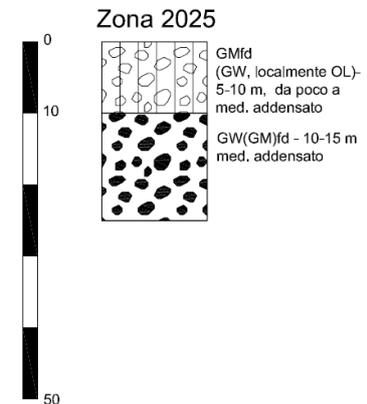
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

		Sezione stratigrafica di riferimento
COPERTURE DETRITICHE DI VERSANTE FRANA DI SALO' (Ambito di frana 3024)		
GMfd	Ghiaie limose e ghiaie sabbiose da poco a mediamente addensate <i>Detrito di versante-Frana di Salò (Olocene)</i>	2025/3024
MLfd	Limi sabbiosi e sabbie limose da poco a mediamente addensate <i>Detrito di versante-Frana di Salò (Olocene)</i>	2026/3024

Zona 2025



GMfd (GW, localmente OL)- 5-10 m, da poco a med. addensato

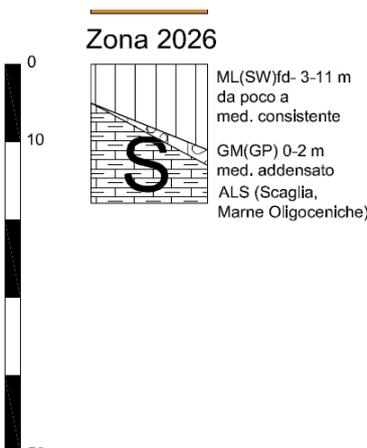
GW(GM)fd - 10-15 m med. addensato

Detrito di versante-Frana di Salò (Olocene)

Questo ambito esemplificato dalla sezione stratigrafica “zona 2025” si colloca nella fascia pedemontana meridionale del M.te San Bartolomeo entro la zona di frana complessa quiescente racchiusa nella “zona 3024”.

Sono presenti ghiaie limose e ghiaie sabbiose da poco a mediamente addensate, di spessore pari a 5-10 m poggianti su depositi di versante ghiaioso-sabbiosi e ghiaioso-limosi mediamente addensati con spessore si almeno 10-15 m.

Zona 2026



ML(SW)fd- 3-11 m da poco a med. consistente

GM(GP) 0-2 m med. addensato

ALS (Scaglia, Marne Oligoceniche)

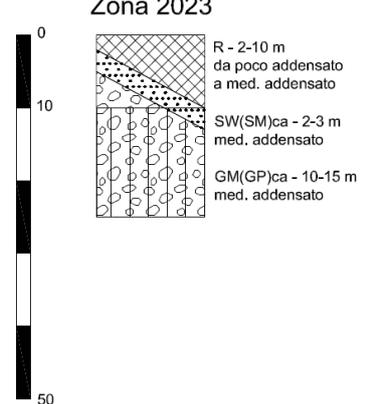
Detrito di versante-Frana di Salò (Olocene)

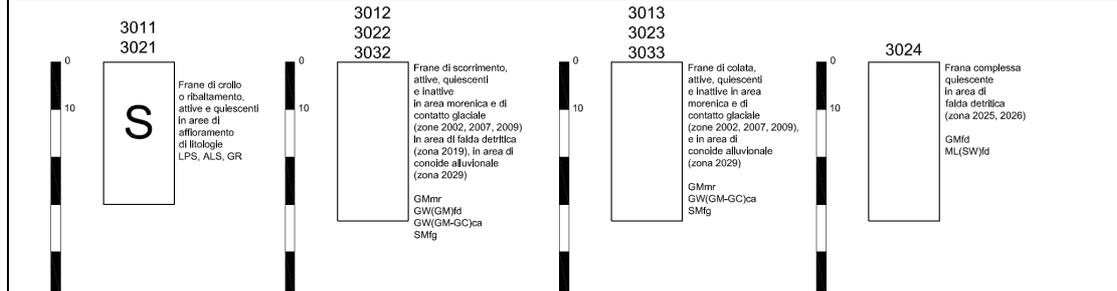
Questo ambito esemplificato dalla sezione stratigrafica “zona 2026” si colloca nella fascia pedemontana meridionale del M.te San Bartolomeo entro la zona di frana complessa quiescente racchiusa nella “zona 3024”.

Sono presenti limi sabbiosi e sabbie limose da poco a mediamente addensate, di spessore pari a 3-11 m poggianti sul substrato roccioso della Scaglia Lombarda e delle Marne Oligoceniche.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

		Sezione stratigrafica di riferimento
	RIPORTI COSTIERI	
RI	Terreni contenenti resti di attività antropica	2023

<p>Zona 2023</p>  <p>R - 2-10 m da poco addensato a med. addensato</p> <p>SW(SM)ca - 2-3 m med. addensato</p> <p>GM(GP)ca - 10-15 m med. addensato</p>	<p>Riporti Costieri (Olocene)</p> <p>Questo ambito esemplificato dalla sezione stratigrafica "zona 2023" si colloca nella fascia costiera lacustre.</p> <p>Sono presenti riporti con spessore variabile 2-10 m da poco a mediamente addensati poggiati prevalentemente su depositi di conoide sabbioso-ghiaiosi e ghiaiosi e ghiaioso-limosi, di spessore pari ad almeno 10-15 m.</p>
---	--

		Sezione di riferimento
	AREE DI FRANA	
	Sul territorio sono state associate alle zone litologiche anche delle aree caratteristiche per tipologia di dissesto come sottoriportate.	
 <p>3011 3021 Frane di crollo o ribaltamento, attive e quiescenti in aree di affioramento di litologie LPS, ALS, GR</p> <p>3012 3022 3032 Frane di scorrimento, attive, quiescenti e inattive in area morenica e di contatto glaciale (zone 2002, 2007, 2009) in area di falda detritica (zona 2019), in area di conoide alluvionale (zona 2029) GMmr GW(GM)jd GW(GM-GC)ca SMlg</p> <p>3013 3023 3033 Frane di colata, attive, quiescenti e inattive in area morenica e di contatto glaciale (zone 2002, 2007, 2009), e in area di conoide alluvionale (zona 2029) GMmr GW(GM-GC)ca SMlg</p> <p>3024 Frana complessa quiescente in area di falda detritica (zona 2025, 2026) GMfd ML(SW)jd</p>	<p>3011</p> <p>3021</p> <p>3012</p> <p>3022</p> <p>3013</p> <p>3023</p> <p>3033</p> <p>3024</p> <p>3011</p> <p>3021</p> <p>3012</p> <p>3022</p> <p>3032</p> <p>3013</p> <p>3023</p> <p>3033</p> <p>3024</p>	

6. ANALISI DI LIVELLO 1 AI SENSI DELLA D.G.R. 9/2616/2011

Per l'intero territorio comunale di Salò è stata eseguita la valutazione del rischio sismico correlato alle condizioni geologiche e geomorfologiche.

E' stata quindi valutata l'amplificazione sismica locale secondo la metodologia e le procedure indicate nell'*All. 5 della D.G.R. n° 9/2616 del 30/11/2011*.

Le condizioni locali possono infatti influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un'area. Gli effetti indotti da particolari condizioni geologico-morfologiche sono infatti in grado di produrre danni diversificati su fabbricati con caratteristiche analoghe, entro zone anche ravvicinate (fino a poche decine di m). In tali situazioni si possono verificare fenomeni di focalizzazione dell'energia sismica incidente, con esaltazione delle ampiezze delle onde, fenomeni di riflessione multipla con variazione delle ampiezze delle vibrazioni e delle frequenze del moto.

La procedura prevede quindi la valutazione di diversi gruppi di effetti locali:

- Effetti di instabilità
- Effetti di cedimenti e/o liquefazioni
- Effetti di sito o di amplificazione sismica locale

I risultati dell'analisi e le relative aree di pericolosità sismica locale (PSL) sono state riportate nella "**Carta di Pericolosità Sismica (PSL) - Livello 1**" redatta ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011" (scala 1:10.000).

6.1 EFFETTI DI INSTABILITÀ

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di instabilità sono riportati nella Tab. 1 dell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z1a	Zona caratterizzata da movimenti franosi attivi	Instabilità
Z1b	Zona caratterizzata da movimenti franosi quiescenti	
Z1c	Zona potenzialmente franosa o esposta a rischio di frana	

In un contesto generale di **elevata predisposizione all'instabilità dei versanti** sono stati cartografati i principali fenomeni di instabilità di tipo superficiale e di pericolosità di porzioni di pareti rocciose.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Le aree di frana collocate in prevalenza presso i versanti montani, con presenza di substrato roccioso fortemente tettonizzato o coltri detritiche in pareti acclivi, o presso le porzioni più ripide dei versanti collinari morenici e delle incisioni torrentizie sono per lo più riconducibili a **frane di colata e frane di scorrimento (attive e quiescenti) in area morenica e di contatto glaciale ed in area di falda detritica e di conoide alluvionale** e prevalentemente a **frane di crollo o ribaltamento nelle aree di affioramento del substrato roccioso**; sui siti in dissesto il **ruscellamento** e l'**erosione** delle acque superficiali inducono in tempi lunghi una naturale tendenza all'arretramento dei limiti del coronamento dei dissesti stessi. Pertanto i movimenti di versante possono nel tempo estendersi per rimonta a nuove aree. D'altra parte molti dissesti possono essere considerati quiescenti o in lenta evoluzione. Ad una **frana complessa quiescente** in falda detritica può essere ricondotta la **Frana di Salò**.

Per maggiori dettagli inerenti i fenomeni di instabilità, si rimanda al relativo paragrafo descrittivo (§ 3.2 del presente studio).

In analogia con quanto già riportato nell' "Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Salò" ("**Carta della Pericolosità Sismica Sismica Locale**" Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti-Luglio 2007) le aree classificate come frana attiva e le pareti rocciose potenzialmente pericolose sono state inserite in uno scenario di pericolosità sismica locale corrispondente alla **zona PSL Z1a**; le frane quiescenti sono state altresì classificate entro lo scenario di pericolosità sismica locale **PSL Z1b**. In alcuni casi sono stati leggermente modificati i contorni per adattarsi ai limiti della **Carta Geologica con elementi geomorfologici e strutturali** come aggiornata nel presente studio (All.1 – Scala 10:000).

Non è stata altresì apportata alcuna modifica alle geometrie delle aree PAI o alle aree in dissesto ad esse associate. Sono state peraltro riscontrate alcune incongruenze tra la classificazione PAI e le forme morfologiche ed il loro stato di attività, come cartografati nel PGT vigente. Tuttavia non si è ritenuto opportuno entrare nel merito di tale argomento.

Si è invece ritenuto opportuno modificare l'estensione areale della classe di **PSL Z1c** rispetto a quanto già riportato nell' "Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Salò" ("**Carta della Pericolosità Sismica Sismica Locale**" Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti-Luglio 2007).

Tale classe è stata attribuita, nel settore collinare morenico, alle porzioni di territorio in cui oltre alla elevata acclività fossero presenti anche elementi pregressi e predisponenti di attività geomorfologica con particolare riferimento alle incisioni torrentizie, alle aree di crinale ed ai versanti collinari più aspri. Sono state escluse fasce a morfologia più blanda ed in cui non sono stati segnalati fenomeni di instabilità pregressi.

Questa scelta è stata determinata dalla considerazione che sostituendo la classe Z1c alle classi di amplificazione litologica dell'ambito di riferimento si sottovalutino gli effetti delle amplificazioni litologiche (che come vedremo in seguito risultano particolarmente significative e talora vincolanti dal punto di vista progettuale) in funzione dell'applicazione del III livello di



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

analisi per instabilità (All. 5 alla D.G.R. 9/2616(2011) che risulta di difficile applicazione ad aree con requisiti tali da non essere riconducibili a “movimenti franosi”.

Per le stesse motivazioni tutte le classi di PSL legate ad instabilità sono state segnalate nella cartografia come sovrassegno retinato da applicare in aggiunta alle amplificazioni di tipo litologico.

In ogni caso ai sensi della normativa regionale, entro le aree Z1, per eventuali interventi, in fase progettuale, dovrà essere applicato uno studio di 3° livello, secondo le procedure indicate nel paragrafo 2.3.1 dell’All.5 della D.G.R. n°9/2616/2011.

6.2 EFFETTI DI CEDIMENTI E/O LIQUEFAZIONE

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di cedimento e/o liquefazione sono riportati nella Tab. 1 dell’All.5 della D.G.R. 9/2616/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA’ SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z2 a	Zona con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti (riporti poco addensati, depositi altamente compressibili, ecc.	Cedimenti
Z2 b	Zona con depositi granulari fini saturi	Liquefazioni

Nel territorio di Salò, sulla base di quanto riportato nella “**Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica**” (Scala 1:5.000) sono stati riconosciuti due estesi ambiti riconducibili ad uno scenario di PSL Z2a e Z2b in corrispondenza della porzione distale dei conoidi recenti della Piana del Golfo di Salò e della fascia costiera in gran parte impostata su materiali di riporto.

Si è reso opportuno modificare l’estensione areale della classe di PSL Z2 a e Z2b rispetto a quanto già riportato nell’ “**Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Salò**” (“**Carta della Pericolosità Sismica Sismica Locale**” Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti– Luglio 2007) in relazione agli ambiti litotecnici riconosciuti sul territorio e riportati nella relativa cartografia tematica, allegata al presente studio mediante la corposa raccolta di dati geotecnici.

Ai sensi della normativa regionale, entro queste aree, per eventuali interventi, in fase progettuale, dovrà essere applicato uno studio di 3° livello, secondo le procedure indicate nel paragrafo 2.3.2 dell’All.5 della D.G.R. n°9/2616/2011.



6.3 EFFETTI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA LOCALE O DI SITO

Gli effetti di amplificazione sismica locale o di sito sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il terremoto di riferimento, relativo al *bedrock*, può subire durante l'attraversamento degli strati di terreno sovrastanti, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali.

Si distinguono quindi gli effetti di **amplificazione topografica** e quelli di **amplificazione litologica**, nonché effetti di **comportamenti differenziali**.

Gli effetti di amplificazione topografica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali più o meno articolate e da irregolarità topografiche in generale.

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di amplificazione topografica sono riportati nella Tab. 1 dell'All.5 della D.G. 9/2616/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z3a	Zona di ciglio H > 10 m (scarpata con parete subverticale, bordo di cava, nicchia di distacco, orlo di terrazzo fluviale o di natura antropica)	Amplificazioni Topografiche
Z3b	Zona di cresta rocciosa e/o cocuzzolo	

Mediante l'esecuzione di **26 sezioni topografiche** (vedi All. 5 "*Sezioni di analisi degli effetti morfologici di amplificazione sismica*") perpendicolari alle strutture morfologiche riconosciute, sono stati individuati alcuni scenari sia di tipo Z3a che di tipo Z3b che interessano sia il settore montano che quello collinare morenico. Sono state altresì inserite numerose scarpate morfologiche derivanti dalla "*Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica*" (Scala 1:5.000) anche in assenza di sezioni topografiche di individuazione ed in applicazione di quanto già riportato nell' "*Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Salò*" ("*Carta della Pericolosità Sismica Sismica Locale*" Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti-Luglio 2007).

Gli effetti di amplificazione litologiche o geometriche si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie sepolte (bacini sedimentari, chiusure laterali, corpi lenticolari, eteropie ed interdigitazioni, gradini di faglia, ecc.) e da particolari profili stratigrafici costituiti da litologie con determinate proprietà meccaniche. Tali condizioni possono generare esaltazione locale delle azioni sismiche trasmesse dal terreno, fenomeni di risonanza fra onda sismica incidente e modi di vibrare del terreno e fenomeni di doppia risonanza fra periodo fondamentale del moto sismico incidente e modi di vibrare del terreno e della sovrastruttura.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di amplificazione litologica sono riportati nella Tab. 1 dell'All.5 della D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z4a	Zona di fondovalle con presenza di depositi alluvionali e/o fluvioglaciali granulari e/o coesivi	Amplificazioni litologiche e geometriche
Z4b	Zona pedemontana di falda di detrito, conoide alluvionale e conoide deltizio-lacustre	
Z4c	Zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi (compresi le coltri loessiche)	
Z4d	Zone con presenza di argille residuali e terre rosse di origine eluvio-colluviale	

La porzione collinare occidentale e meridionale del territorio ricade in zona morenica con presenza di depositi granulari e/o coesivi cui corrisponde uno scenario di PSL tipo Z4c. Nelle piane intermoreniche interposte ed in taluni terrazzamenti possono essere individuati degli scenari di tipo Z4a con presenza di depositi granulari e/o coesivi di natura fluvioglaciale o glacio-lacustre. Tali scenari possono essere riconosciuti localmente anche nel settore montano (fascia pedemontana e lungo i versanti delle principali incisioni torrentizie).

Nelle fasce di raccordo pedemontano e nella Piana del Golfo di Salò sono altresì presenti scenari Z4b riferibili alle falde di detrito ed ai conoidi alluvionali.

Gli effetti dovuti a comportamento differenziale si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da contatto stratigrafico o tettonico tra litologie molto diverse.

Gli scenari di pericolosità sismica locale cui si correlano effetti di amplificazione topografica sono riportati nella Tab. 1 dell'All.5 della D.G. 9/2616/2011:

Sigla	SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE	EFFETTI
Z5	Zona di contatto stratigrafico e/o tettonico tra litotipi con caratteristiche fisico-meccaniche molto diverse.	Comportamenti Differenziali

Questo scenario è stato evidenziato essenzialmente al contatto tra le coperture quaternarie ed il substrato roccioso.



7. “CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA (MOPS) AI SENSI DEGLI ICMS”

Per l'intero territorio comunale di Salò, in adempimento all'O.P.C.M. 4007/2012 ed all'Ord. C.D.P.C. 52/2013 e s.m.i. ed al Decreto C.D.P.C 15 Aprile 2013, è stata applicata, in via sperimentale, la procedura prevista dagli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (ICMS - Conferenza delle Regioni e Province Autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 Vol. e DVD, Gruppo di Lavoro MS, 2008).

In particolare è stato applicato il 1° Livello di analisi che ha come risultato conclusivo la realizzazione della “**Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - Livello 1**” (scala 1:10.000).

La procedura si prefigge di classificare il territorio in funzione delle condizioni locali che possono influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti di cui si deve tener conto nella valutazione della pericolosità sismica di un'area. Gli effetti indotti da particolari condizioni geologico-morfologiche sono infatti in grado di produrre danni diversificati su fabbricati con caratteristiche analoghe, entro zone anche ravvicinate (fino a poche decine di m). In tali situazioni si possono verificare fenomeni di focalizzazione dell'energia sismica incidente, con esaltazione delle ampiezze delle onde, fenomeni di riflessione multipla con variazione delle ampiezze delle vibrazioni e delle frequenze del moto.

Il territorio è stato pertanto suddiviso in diverse zone omogenee:

- Zone Stabili
- Zone Stabili suscettibili di amplificazioni locali
- Zone Suscettibili di Instabilità.
- Elementi tettonico-strutturali attivi.

La procedura prevede, inoltre, il riconoscimento di

- Forme di superficie

Al fine di definire le zone e le forme richieste si è tenuto conto di tutti i dati raccolti ed in particolare dei risultati dei “**Dati Geotecnici e Geofisici**” e dei rilievi geologici e geomorfologici eseguiti, nonché al **Modello del Sottosuolo** definito. Un'esemplificazione di questi dati è fornita nella “**Carta delle Indagini**” (scala 1:5.000) e nella “**Carta Geologico-tecnica per la Microzonazione Sismica**” (scala 1:5.000).

Si rimanda agli specifici capitoli della presente relazione per quanto concerne la dettagliata descrizione delle singole tematiche; per la consultazione dei dati geotecnici e geofisici e della cartografia si fa riferimento al *data base* in allegato al presente studio. I dati sismici di nuova acquisizione sono rappresentati nell'apposito allegato (All. 3).



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

I risultati dell'analisi di 1° Livello ICMS sono stati riportati nella "Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - Livello 1" (scala 1:10.000), di seguito richiamata sinteticamente come Carta MOPS.

Per la predisposizione della Carta MOPS sono state utilizzate anche le **sezioni litotecniche (All. 2)** esemplificative del territorio studiato riguardo i rapporti tra le unità litologiche riconosciute e la loro natura; esse sono state tracciate in modo da evidenziare sia il contesto montano che quello di piana alluvionale e morenico.

Sono state inoltre utilizzate le sezioni morfologiche elaborate per l'analisi del rischio sismico di Livello 1 ai sensi dei Criteri Regionali, per evidenziare le forme di superficie significative anche ai fini dell'analisi ai sensi degli ICMS; la traccia delle sezioni morfologiche è riportata peraltro riportata nella Carta MOPS.

Si descrivono di seguito le caratteristiche principali di ciascuna zona omogenea e delle forme riconosciute.

7.1 ZONE STABILI

Nel settore montano e solo localmente nel settore collinare si ha la presenza di un substrato roccioso per lo più subaffiorante, a litologia di tipo carbonatico e marnoso-selcioso ed in subordine di unità conglomeratiche.

Si rimanda per ogni dettaglio inerente le caratteristiche geologico-tecniche ed il modello di sottosuolo di questo ambito al Cap. 5 ed in particolare alle sezioni ed alle descrizioni inerenti il raggruppamento come sotto riassunto:

SUBSTRATO ROCCIOSO		
ALS	Marne e marne argillose, a tratti marne calcaree, scagliose, con qualità dell'ammasso scadente. <i>Scaglia Lombarda, Marne Oligoceniche</i>	1041
LPS	Calcarei e calcari marnosi, da compatti a stratificati, con presenza di selci in noduli, lenti e liste, con qualità dell'ammasso da buono a mediocre. <i>Medolo, F.ne di Concesio, Selcifero Lombardo, Maiolica</i>	1011
GR	Conglomerati e, in subordine, arenarie cementate, con qualità dell'ammasso da mediocre a buono <i>Conglomerati di Gardone Riviera, Punta del Corno e Soprazzo</i> <i>Conglomerato della F.ne del Colle di san Bartolomeo.</i>	1022
COS	Argille e argille sabbiose, stratificate. <i>Argille ed argille sabbiose della F.ne del Colle di san Bartolomeo</i>	1031

La sezione litotecnica di riferimento per questo ambito può essere considerata la A-A'.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

7.2 ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

La porzione collinare occidentale e meridionale del territorio comunale, la Piana del Golfo di Salò, la fascia pedemontana e talune incisioni fluviali del settore montano settentrionale (Colle S. Bartolomeo e M.te Trat) ricadono entro “zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”; si è operata una differenziazione principalmente in base alle differenze litologiche e geotecniche riscontrate entro i primi 10-20 m di profondità dal p.c. correlate alla collocazione entro gli “ambiti deposizionali dei terreni di copertura” riconosciuti sul territorio.

In particolare nella Carta MOPS sono state distinte **n° 34 zone con successioni stratigrafiche/geotecniche peculiari dell’ambito geologico di riferimento.**

Si rimanda per ogni dettaglio inerente le caratteristiche geologico-tecniche ed il modello di sottosuolo di questi ambiti al Cap. 5 ed in particolare alle descrizioni inerenti le singole “sezioni stratigrafiche tipo” secondo i raggruppamenti come sotto riassunti:

		Sezione stratigrafica di riferimento
	DEPOSITI MORENICI	
GCmr	Ghiaia e sabbia a supporto di matrice fine limosa e argillosa, da mediamente addensata ad addensata, in superficie, a molto addensata in profondità. <i>Depositi morenici: Fase di Monte Faita (?) / Unità di Benecco (Pleistocene Medio)</i>	2001
GMmr	Ghiaia e sabbia a supporti di matrice fine limosa e argillosa, da mediamente addensata a molto addensata. - <i>Depositi morenici: Fase di Carpenedolo / Unità di Pellegrina (Pleistocene Medio); Fase di Solferino / Unità di Roè Volciano (Pleistocene sup.)</i>	2002 2029

		Sezione stratigrafica di riferimento
	AMBITO FLUVIOGLACIALE Depositi Fluvioglaciali	
GWfg	Ghiaie, ghiaie e sabbie da mediamente addensate a molto addensate. <i>Depositi fluvioglaciali – Fase di Solferino/Unità di Roè Volciano (Pleist. Superiore)</i>	2003 2006
SWfg	Sabbie eterogenee da poco a mediamente addensate <i>Depositi fluvioglaciali – Fase di Solferino/Unità di Roè Volciano (Pleist. Superiore)</i>	2004
SMfg	Sabbie limose mediamente addensate <i>Depositi fluvioglaciali: Fase di Solferino/Unità di Roè Volciano (Pleistocene sup.)</i>	2005

		Sezione stratigrafica di riferimento
	AMBITO FLUVIOGLACIALE Depositi di Contatto Glaciale	
SMfg	Sabbie limose mediamente addensate <i>Depositi di contatto glaciale: Fase di Solferino/Unità di Roè V. (Pleistocene sup.)</i>	2007 2030 2032

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

		Sezione stratigrafica di riferimento
DEPOSITI DELTIZI SOSPESI		
GWca	Ghiaie eterogenee, ghiaie limose o argillose da poco a mediamente addensate, localmente passanti a sabbie limose, limi e limi argillosi <i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i>	2008
GMca	Ghiaie limose ed in subordine limi ghiaioso sabbiosi da poco addensati a mediamente addensati. <i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i>	2009
SMca	Sabbie limose e ghiaie limose mediamente addensate <i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i>	2010
MLca	Limi sabbiosi e limi argillosi da poco a mediamente consistenti <i>Depositi deltizi sospesi: Unità di Salò (Olocene inf. Tardiglaciale)</i>	2011

		Sezione stratigrafica di riferimento
DEPOSITI DELTIZI RECENTI		
GPca	Ghiaie eterogenee poco addensate <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2012
SMca	Sabbie limose e ghiaie limose mediamente addensate <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2013
MLca	Limi sabbiosi e limi argillosi da poco a mediamente consistenti <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2014
GWca	Ghiaie eterogenee, ghiaie limose o argillose da poco a mediamente addensate, localmente passanti a sabbie limose, limi e limi argillosi <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2015 2024
GMca	Ghiaie limose ed in subordine limi ghiaioso sabbiosi da poco addensati a mediamente addensati. <i>Depositi deltizi recenti (Olocene)</i>	2027

		Sezione stratigrafica di riferimento
DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI		
SMtf	Sabbie limose e sabbie limoso ghiaiose mediamente addensate <i>Depositi Alluvionali recenti (Olocene)</i>	2016 2017
GWtf	Ghiaie eterogenee, ghiaie sabbiose e ghiaie limose da poco a mediamente addensate <i>Depositi Alluvionali recenti (Olocene)</i>	2018 2033

		Sezione stratigrafica di riferimento
COPERTURE DETRITICHE DI VERSANTE		
GWfd	Ghiaie eterogenee, ghiaie sabbiose e ghiaie limose da mediamente addensate ad addensate <i>Detrito di versante (Olocene)</i>	2019 2031
SMfd	Sabbie, sabbie limose e sabbie ghiaiose da poco a mediamente addensate <i>Detrito di versante (Olocene)</i>	2022
MLfd	Limi sabbiosi e argille limose da poco a mediamente addensati <i>Detrito di versante (Olocene)</i>	2021
GMfd	Ghiaie limose e ghiaie sabbiose da poco a mediamente addensate <i>Detrito di versante (Olocene)</i>	2020

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

		Sezione stratigrafica di riferimento
	COPERTURE DETRITICHE DI VERSANTE FRANA DI SALO' (Ambito di frana 3024)	
GMfd	Ghiaie limose e ghiaie sabbiose da poco a mediamente addensate <i>Detrito di versante-Frana di Salò (Olocene)</i>	2025/3024
MLfd	Limi sabbiosi e sabbie limose da poco a mediamente addensate <i>Detrito di versante-Frana di Salò (Olocene)</i>	2026/3024

		Sezione stratigrafica di riferimento
	RIPORTI COSTIERI	
RI	Terreni contenenti resti di attività antropica	2023

7.3 ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'

7.3.1 Instabilità di versante

I dissesti riportati sulla “**Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - Livello 1**” derivano direttamente dalla “**Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica**” e sono riconducibili a fenomeni di scorrimento e colata in terreni sciolti e da fenomeni di crollo o ribaltamento in corrispondenza di pareti rocciose caratterizzati da diversi gradi di attività. Caratteristiche peculiari possono essere attribuite alla Frana di Salò.

Si rimanda ai capitoli precedenti per una più approfondita trattazione dei fenomeni di instabilità (§ 3.2) e per una loro correlazione con le zone litologiche di riferimento (vedi Cap. 5 e “**Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica**”).

7.3.2. Faglie Attive e Capaci

Rimandando al Cap. 2 per maggiori dettagli inerenti l’assetto strutturale e la sismicità del territorio, sulla base dei dati raccolti, tra i quali in particolare si segnalano studi prodotti dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), appare probabile che alcune delle faglie cartografate in territorio di Salò siano state attive in età più recente rispetto ai 40.000 anni indicati negli ICMS al fine di individuare le cosiddette “Faglie Capaci”. Le motivazioni che hanno portato a tali conclusioni e le fonti di riferimento sono ampiamente trattate al ¶ 2.4.

Tenendo conto delle considerazioni svolte nel Cap. 2 ed in particolare al ¶ 2.4 e di quanto riportato nei data base dedicati (Progetto ITHACA) si è ritenuto in aderenza con quanto richiesto dagli ICMS inserire alcuni dei lineamenti tettonici cartografati in territorio di Salò come “Faglie Capaci” e contornarli con una fascia di 10 m. Si ritiene che tale perimetrazione sia tuttavia esclusivamente indicativa della presenza dell’elemento tettonico in quanto i meccanismi sismogenetici ipotizzati non prevedono il movimento della porzione superficiale degli elementi tettonici stessi. Solo più approfonditi studi di dettaglio potrebbero permettere di



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

individuare le aree realmente interessate dalla possibile sorgente sismogenetica e della sua proiezione in superficie.

L'andamento di tali aree potrà essere rivalutata in futuro, alla luce di eventuali approfondimenti o aggiornamenti dei data base/cataloghi dedicati alle “Faglie Capaci” o di nuovi studi di neotettonica.

Si allegano le schede tecniche delle faglie capaci inserite nel Progetto ITHAKA.

7.4 FORME DI SUPERFICIE

Mediante l'esecuzione di n° 26 sezioni topografiche (All. 5), ortogonali ai versanti ed agli elementi morfologici riconosciuti sul territorio gavardeese, sono state individuate forme di superficie correlabili a **creste**, a **picchi isolati** e **ad orli di scarpata morfologica con H=10-20 m ed H > 20 m**.

Sulla base dei rilievi geomorfologici sono state inoltre riconosciute **aree di conoide alluvionale** e di **falda di detrito**.

8. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO 2

AI SENSI DEGLI ICMS E DEI CRITERI REGIONALI

Per le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali topografiche o litologiche, in adempimento a quanto previsto dagli “Indirizzi e Criteri degli ICMS”, è stata eseguita l'analisi di 2° Livello mediante il calcolo del valore degli F_x con applicazione della procedura individuata dai Criteri Regionali (Livello 2 ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2001). Si procede di seguito a descrivere dettagliatamente tutti passaggi previsti dal metodo adottato.

Nella “Carta di Microzonazione Sismica Livello 2” sono state peraltro riportate le zone suscettibili di instabilità e le zone stabili per le quali non è prevista alcuna stima dei valori di F_x .

I fattori di amplificazioni F_x sono stati calcolati sia per quanto concerne gli **effetti morfologici** (Scenari Z3a e Z3b della normativa regionale \equiv Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali topografiche) che per quanto riguarda gli **effetti litologici** (Scenari Z4a, Z4b, Z4c, Z4d \equiv Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali litologiche).

La procedura prevista dalla normativa regionale fornisce la stima quantitativa della risposta sismica dei terreni in termini di valori di Fattore di Amplificazione (F_a); gli studi sono condotti con metodi quantitativi semplificati, validi per le amplificazioni litologiche e morfologiche, e sono utilizzati per zonare le aree di studio in funzione del valore di F_a .

Il valore di F_a si riferisce quindi agli intervalli di periodo tra 0.1-0.5 s (per entrambi gli effetti di amplificazione) e 0.5-1.5 s (per i soli effetti litologici), in funzione del periodo proprio



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

delle tipologie edilizie più rappresentate sul territorio regionale, rispettivamente riferibili a strutture relativamente basse, regolari e piuttosto rigide ed a strutture alte e flessibili.

8.1 EFFETTI MORFOLOGICI - STIMA DEL VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE (F_t) DI SITO

La valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla morfologia è stata eseguita mediante l’applicazione delle procedure indicate nell’All.5 della D.G.R. n° 9/2616/2011 del 30/11/2011.

La procedura semplificata di 2° livello fornisce valori di F_a relativi al solo intervallo 0.1-0.5 s e richiede la conoscenza di alcuni parametri legati all’andamento topografico del pendio.

Zone di ciglio H > 10 m - Zone di cresta rocciosa e/o cocuzzolo	
Criteri Regionali	ICMS
Scenario di PSL Z3 a Scenario di PSL Z3 b	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali topografiche

Per la delimitazione delle area di pericolosità sismica relative a zone di cresta rocciosa e/o cocuzzolo e di ciglio H > 10 m sono state eseguite n° 26 sezioni topografiche, ortogonali ai versanti ed agli elementi morfologici riconosciuti. L’andamento delle sezioni è stato riportato nell’All. 5 “**Sezioni di analisi degli effetti morfologici di amplificazione sismica**”.

Per ciascuna sezione sono stati determinati, secondo la procedura normativa prevista dall’All. 5 alla D.G.R. 9/2616/2011, i seguenti parametri (vedi sezioni e tabella 1 riassuntiva in allegato):

- larghezza alla base del rilievo (L) – scelta in corrispondenza di evidenti rotture morfologiche
- larghezza in cresta al rilievo (l)
- dislivello altimetrico massimo (H) e dislivello altimetrico minimo (h)
- coefficiente di forma H/L
- inclinazione dei fronti ($\alpha_1 - \alpha_2$)

I parametri calcolati hanno evidenziato che i rilievi esaminati risultano in gran parte classificabili come “creste appuntite” nelle sezioni 1,2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 13A, 14, 16A, 17A, 20, 23 e solo in due casi come “cresta arrotondata” nelle sezioni 12 e 18.

Limitate sono le scarpate morfologiche, oggetto di analisi, cui corrisponde uno scenario Z3a (sezioni 22, 25, 26).

I parametri determinati per ciascuna sezione sono stati quindi proiettati entro la scheda di valutazione morfologica. Mediante le correlazioni indicate è stato infine determinato il



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

corrispondente valore del Fattore di Amplificazione (Fa di sito). Tali valori sono stati riportati nella Tabella 2, in allegato.

Per la distribuzione areale dei valori di Fa, come richiesto dalla normativa regionale, si è proceduto ad attribuire il valore di Fa ottenuto all’area corrispondente alla larghezza in cresta (l) o al cocuzzolo, mentre tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante. Per le scarpate il valore di Fa calcolato coincide a monte con il ciglio mentre raggiunge il valore unitario ai margini dell’area d’influenza (Ai); a valle, tale valore è stato scalato in modo lineare fino al valore unitario alla base di ciascun versante.

Le aree di Fa così definite sono pertanto state riportate nella “Carta di microzonazione sismica Livello 2” (scala 1:10.000).

Si segnala che **nella maggior parte dei casi relativi alle creste e per tutte le scarpate morfologiche analizzate, i valori stimati risultano inferiori ai valori di soglia indicati dalla normativa e relativi al valore di St (amplificazione topografica) previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).**

Per le scarpate morfologiche il medesimo risultato è stato riscontrato nelle analisi di 2° livello ai sensi delle normative regionali eseguite nell’*“Aggiornamento della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del Piano di Governo del Territorio del Comune di Salò”* (*“Carta della Pericolosità Sismica Sismica Locale”* Dott. Geol. M. Conti e Dott. Geol. A. Conti– Luglio 2007) per le numerose scarpate morfologiche derivanti dalla *“Carta Geologico-Tecnica per la Microzonazione Sismica”* (Scala 1:5.000) ed inserite nella *“Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica - Livello 1”* (scala 1:10.000) anche in assenza di sezioni topografiche di individuazione ed in applicazione di quanto già riportato nello studio comunale vigente.

Ciò comporta che la normativa vigente risulti nella maggior parte dei casi sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica.

Solo limitatamente alla zona montana (**sezioni 1-2-4 → Loc. Selva Alta; sezione 9 → Loc. Passo La Stacca e sezione 14 → Loc. Milord**) si riconoscono **alcune creste che danno luogo a valori di St (amplificazione topografica) superiori a quelli previsti dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008).** Ciò comporta che la normativa vigente non risulti sufficientemente cautelativa rispetto ai fenomeni di potenziale amplificazione topografica.



TABELLA DI VERIFICA DELLE SEZIONI DI ANALISI DI 2° LIVELLO
PER LA VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI MORFOLOGICI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA -SALO'-

TABELLA 1

VALORI DI Fa (0,1-0,5)

	DATI DI ANALISI DELLE SEZIONI								VERIFICHE										
	H	h	α_1	α_2	L	l	β_1	β_2	VERIFICHE CRESTE (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011)				VERIFICHE SCARPATE (All. 5 D.G.R. 9/2616/2011)						
$\alpha_n \geq 10$									$h \geq 1/3H$	$\beta_n \leq 10$	$l < 1/3L$ APP $l > 1/3L$ ARR	H/L	H ≥ 10	$\alpha \geq 10$	$\beta = 0$	$h < 1/3H$	$\beta \leq 1/5\alpha$		
sezione 1	515,00	495,00	28	30	1858,00	6,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,28	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 2	442,00	259,00	23	32	1468,00	26,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,30	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 3	410,00	226,00	28	28	1553,00	336,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,26	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 4	220,00	90,00	37	37	519,00	107,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,42	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 5	190,00	160,00	40	20	703,00	45,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,27	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 6	60,00	30,00	14	29	313,00	26,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,19	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 7	25,00	20,00	31	14	183,00	0,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,14	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 8	40,00	20,00	35	15	191,00	60,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,21	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 9	150,00	90,00	23	30	475,00	0,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,32	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 10	150,00	100,00	19	32	651,00	65,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,23	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 11	95,00	75,00	21	29	387,00	0,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,25	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 12	107,00	90,00	36	37	506,00	225,00	17	10	SI	SI	NO	ARR	0,21	-	-	-	-	-	Cresta arrotondata
sezione 13A	95,00	70,00	37	31	357,00	32,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,27	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 13B	45,00		37		103,00		16	0	-	-	-			SI	SI	-	-	NO	
sezione 14	260,00	100,00	28	17	760,00	0,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,34	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 15	310,00	55,00	28	26	795,00	108,00	23	15	SI	NO	NO	APP	0,39	-	-	-	-	-	
sezione 16A	400,00	240,00	20	22	1782,00	79,00	25	25	SI	SI	NO	APP	0,22	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 16B	250,00		30		176,00		16	30	-	-	-			SI	SI	-	-	NO	
sezione 17A	280,00	205,00	23	17	1511,00	153,00	35	15	SI	SI	NO	APP	0,19	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 17B	105,00		31		285,00		10		-	-	-			SI	SI	-	-	NO	
sezione 17C	130,00		32		265,00		13		-	-	-			SI	SI	-	-	NO	
sezione 18	220,00	220,00	40	34	1495,00	907,00	24	21	SI	SI	NO	ARR	0,15	-	-	-	-	-	Cresta arrotondata
sezione 19	210,00	40,00	35	14	638,00	178,00	9	4	SI	NO	SI	APP	0,33	-	-	-	-	-	
sezione 20	300,00	250,00	17	27	1628,00	178,00	29	21	SI	SI	NO	APP	0,18	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 21	80,00	20,00	38	17	303,00	33,00	0	0	SI	NO	SI	APP	0,26	-	-	-	-	-	
sezione 22	135,00	45,00	16		572,00		4		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
sezione 23	60,00	40,00	20	12	405,00	22,00	0	0	SI	SI	SI	APP	0,15	-	-	-	-	-	Cresta appuntita
sezione 24	30,00		38		108,00		10		-	-	-			SI	SI	-	-	NO	
sezione 25	180,00	14,00	12		220,00		3		-	-	-			SI	SI	-	SI	NO	Scarpata in contropend.
sezione 26	34,00		31		92,00		1		-	-	-			SI	SI	-	-	SI	Scarpata in pendenza

**TABELLA DI CALCOLO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO
E DI CONFRONTO CON I COEFFICIENTI DI AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA DEL D.M. 14/01/08**

TABELLA 2

		FATTORI DI AMPLIFICAZIONE DI SITO (Fa)					
		CRESTE APPUNTITE				CRESTE ARROTONDATE	SCARPATE
		L>350	250<L<350	150<L<250	L<150		Area di influenza Ai (m)
sezione 1	Cresta appuntita	1,4					
sezione 2	Cresta appuntita	1,4					
sezione 3	Cresta appuntita	1,3					
sezione 4	Cresta appuntita	1,6					
sezione 5	Cresta appuntita	1,3					
sezione 6	Cresta appuntita		1,2				
sezione 7	Cresta appuntita			1,1			
sezione 8	Cresta appuntita			1,2			
sezione 9	Cresta appuntita	1,4					
sezione 10	Cresta appuntita	1,3					
sezione 11	Cresta appuntita	1,3					
sezione 12	Cresta arrotondata				1,1		
sezione 13A	Cresta appuntita	1,3					
sezione 13B							
sezione 14	Cresta appuntita	1,5					
sezione 15							
sezione 16A	Cresta appuntita	1,3					
sezione 16B							
sezione 17A	Cresta appuntita	1,2					
sezione 17B							
sezione 17C							
sezione 18	Cresta arrotondata				1,1		
sezione 19							
sezione 20	Cresta appuntita	1,2					
sezione 21							
sezione 22	Scarpata in contropend.					1,1	90,00
sezione 23	Cresta appuntita	1,2					
sezione 24							
sezione 25	Scarpata in contropend.					1,1	120,00
sezione 26	Scarpata in pendenza					1,2	25,50

VALORI SOGLIA (D.M. 14/01/08)	
CATEGORIA TOPOGRAFICA	COEFFICIENTE AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA
	ST
T3	1,2
T3	1,2
T3	1,2
T4	1,4
T4	1,4
T3	1,2
T4	1,4
T4	1,4
T3	1,2
T3	1,2
T3	1,2
T4	1,4
T3	1,2
T2	1,2
T3	1,2
T1	1,0
T2	1,2

Quando il valore Fa di sito risulta inferiore, uguale o al massimo superiore di +0,1 rispetto al coefficiente di amplificazione topografica ST, la normativa sismica prevista nelle procedure del D.M. 14/01/08 può ritenersi sufficiente

8.2 EFFETTI LITOLOGICI - STIMA DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE (Fa) DI SITO

Sulla base dei dati geofisici reperiti per il territorio comunale, preesistenti, nonché relativi alle linee sismiche eseguite *ad hoc* per il presente studio di microzonazione sismica (complessivamente n° 83 **stendimenti di sismica**) della loro distribuzione su tutto il territorio comunale ed in maniera congruente con gli ambiti geologici e di Pericolosità sismica riconosciuti, è stata predisposta la “**Carta di Microzonazione Sismica - Livello 2**” (scala 1:10.000).

Per quel che riguarda la valutazione degli effetti di amplificazione dovuti alla litologia la procedura semplificata di 2° livello richiede la conoscenza dei seguenti parametri:

- Litologia prevalente dei materiali presenti nel sito
- Sezioni geologiche, conseguente modello geofisico-geotecnico ed identificazione dei punti rappresentativi sui quali effettuare l’analisi stratigrafica del sito
- Andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s
- Spessore e velocità di ciascuno strato

Ambito Morenico – Ambito Fluvioglaciale-Alluvionale – Ambito Montano/pedemontano			
Criteri Regionali		ICMS	
Scenari di PSL Z4a, Z4b, Z4c		Zone stabili	suscettibili di amplificazioni locali litologiche

I parametri richiesti sono stati così definiti:

A -Parametri litologici e stratigrafici – modello geofisico e geotecnico

La litologia prevalente dei materiali presenti e la stratigrafia dei terreni nei siti di analisi sono state ricostruite mediante tutti i dati geotecnici raccolti (vedi Cap.4 e “Carta delle Indagini”) che comprendono sia sondaggi/prove geotecniche che stratigrafie di pozzi con un grado di attendibilità rispettivamente alto e medio. Per maggiori dettagli inerenti le caratteristiche litologiche e geotecniche si rimanda in ogni caso ai relativi capitoli (Cap.5).

Le sezioni geologiche e quindi il modello geofisico-geotecnico possono essere esemplificate dalle “Sezioni litotecniche” elaborate per il presente studio (All. 2).



B -Modello Geofisico - Metodi di acquisizione ed elaborazione dei dati sismostratigrafici

L'andamento delle onde Vs lungo la verticale, è stato determinato mediante l'esecuzione *ad hoc* di **n° 5 stendimenti di sismica multicanale con registrazione delle onde superficiali ed analisi dei dati con metodologia MASW.**

Gli stendimenti sismici di nuova realizzazione sono stati ubicati in modo da caratterizzare tutti gli ambiti di interesse e da integrare quelli esistenti al fine di coprire in maniera più possibile omogenea il territorio comunale e gli ambiti di maggiore interesse ai fini della pianificazione/espansione urbanistica e della prevenzione civile.

Nell'**All. 3 “Dati Sismostratigrafici – Nuove Acquisizioni”** vengono riportati le procedure ed i risultati relativi a tutti i nuovi stendimenti sismici predisposti in comune di Salò, nonché estesi cenni metodologici rispetto alle tecniche di acquisizione ed elaborazione dei dati sismici.

Sono stati altresì utilizzati **n. 79 stendimenti sismici** acquisiti nel territorio comunale, reperiti nella fase di raccolta dati (vedi Cap. 4 e “Carta delle Indagini” e relativo *database*), distribuiti sull'intero territorio salodiano.

C - Stima degli effetti litologici e del relativo Fattore Fa di amplificazione di sito.

Tenuto conto del modello stratigrafico-geofisico-geotecnico e dei relativi parametri, definiti secondo quanto specificato ai precedenti punti A e B, possono essere applicate le procedure finali dell'All.5 della D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008 per la **stima degli effetti litologici e del relativo Fattore Fa di amplificazione di sito.**

Sono stati esaminati tutti gli scenari di Pericolosità Sismica Locale, funzione della litologia, individuati per il territorio comunale per i quali sono stati reperiti/acquisiti i dati di sismica multicanale.

Si è proceduto a definire in primo luogo la categoria di sottosuolo attribuibile a ciascun sito, tenendo conto della normativa vigente (D.M. 14/01/08).

I terreni possono essere classificati, sulla base dei dati geotecnici e sismostratigrafici e secondo le tabelle allegate al D.M. 14/01/08 per la maggior parte entro la **categoria di suolo B (59 linee)** e subordinatamente entro la **categoria di sottosuolo C (24 linee)** ed una sola linea in **categoria di sottosuolo A.**

In accordo con la procedura, per i siti esaminati, la successione stratigrafica di riferimento e lo spessore e la velocità di ciascuno strato, come definiti mediante le linee sismiche, sono stati riportati nelle **“Schede di Stima degli Effetti Litologici”** (vedi All. 4 **“Schede di verifica dell'Amplificazione Litologica ai sensi dell'All. 5 della D.G.R. 9/2616/2011).**

Il primo passo della procedura prevede la definizione della scheda di valutazione (All. 5 D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011) più idonea alla stima degli effetti litologici. Per l'elaborazione



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

dei dati sono state prescelte le schede normative tenendo conto in via prioritaria delle descrizioni litologiche solo se compatibili con i campi di validità riportati nei diagrammi Z-Vs (secondo quanto indicato in proposito dagli Enti Competenti e dalla normativa).

Il passo successivo permette la definizione della curva caratteristica da utilizzare per la stima del valore di Fa di sito. La profondità del primo strato o del primo strato equivalente (spessore > 4 m) e la relativa velocità Vs, definiscono la curva caratteristica da utilizzare ai fini dei calcoli.

E' stato quindi calcolato il valore del periodo del sito (T), riportato nelle schede in allegato e sotto riassunto in tabella, ottenuto considerando tutta la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore è uguale o superiore a 800 m/sec ed utilizzando la formula riportata nell'All.5 della D.G.R. 9/2616/2011.

Si è quindi proceduto alla stima del fattore di amplificazione di sito (Fa di sito); i valori ottenuti sono di seguito riassunti:

Cod. Sito MOPS	Cod. Archivio	Vs ₃₀	Curva litologia	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5
017170L36	R 33_07	390	LA2	B	1,7	1,3
017170L33	R 02_11	578	LA2	B	1,4	1,2
017170L34	R 16_11-1	511	LS1	B	1,4	1,2
017170L35	R 16_11-2	581	LS1	B	1,3	1,1
017170L37	R 33_14	391	LS2	B	1,8	1,2
017170L38	R 35_12BIS	471	LA1	B	1,6	1,1
017170L39	R 54_14	598	G	B	1,3	1,1
017170L40	R 55_13	514	LS1	B	1,6	1,1
017170L41	R 73_13	472	LS2	B	1,6	1,2
017170L1	R 123_11	463	LS2	B	1,7	1,2
017170L43	RD 06_12	585	G	B	1,3	1,0
017170L42	RD 03_13	308	LS2	C	2,1	1,3
017170L10	PGT_IND_1	299	LS2	C	2,4	1,3
017170L12	PGT_IND_2	315	LS2	C	2,4	1,4
017170L13	PGT_IND_3	294	LS2	C	2,3	1,5
017170L14	PGT_IND_4	256	LS2	C	2,2	1,6
017170L15	PGT_IND_5 (CA54)	517	LS2	B	1,7	1,5
017170L16	PGT_IND_6	455	LS2	B	1,7	1,2
017170L17	PGT_IND_7	660	G	B	1,2	1,0
017170L18	PGT_IND_8	292	LS2	C	1,5	1,3
017170L19	PGT_IND_9	334	LS2	C	1,6	1,6
017170L20	PGT_IND_10_E	425	LS2	B	1,6	1,2
017170L21	PGT_IND_10_W	480	LS1	B	1,3	1,1
017170L22	PGT_IND_11_E	425	LS2	B	1,8	1,4



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Cod. Sito MOPS	Cod. Archivio	Vs ₃₀	Curva litologia	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5
017170L23	PGT_IND_11_W	458	LS2	B	1,8	1,3
017170L24	PGT_IND_12	403	LS2	B	2,3	1,5
017170L25	PGT_IND_13	506	LS1	B	1,5	1,1
017170L26	PGT_IND_14_E	364	LS2	B	2,2	1,2
017170L27	PGT_IND_14_W	382	LS2	B	2,2	1,2
017170L28	PGT_IND_15	520	G	B	1,3	1,0
017170L29	PGT_IND_16	504	G	B	1,4	1,1
017170L30	PGT_IND_17	517	G	B	1,3	1,1
017170L31	PGT_IND_18	457	LS2	B	1,7	1,6
017170P11	PU21	296	LS2	C	2,0	1,5
017170P26	PU32	404	LS2	B	1,8	1,4
017170L32	PU34	459	LS2	B	1,7	1,6
017170P150	PE1	384	LS2	B	1,8	1,4
017170L7	PE2	520	LS1	B	1,4	1,1
017170P33	PE4	447	LS2	B	1,8	1,4
017170P25	PE5 (PU33)	312	LS2	C	1,7	1,5
017170P34	PE6	371	LS2	B	1,7	1,5
017170P35	PE7	390	LS2	B	1,7	1,5
017170L8	PE8	296	LA2	C	2,4	1,7
017170P17	PE9 (CA19)	387	LS2	B	1,7	1,5
017170P38	PE11	318	LS2	C	2,1	1,4
017170P18	PE12 (CA18)	750/760	G	B	1,2	1,0
017170P45	CA2-1	462	G	B	1,3	1,1
017170P45	CA2-2	526	G	B	1,3	1,1
017170P42	CA5	486	LS1	B	1,5	1,2
017170P41	CA6	364	LS2	B	1,9	1,6
017170L5	CA13	700	LA1	B	1,1	1,0
017170P22	CA14	308	LS2	C	1,6	1,6
017170P20	CA16	383	LS2	B	1,8	1,4
017170P19	CA17	350	LS2	C	1,7	1,5
017170P16	CA20	472	LS1	B	1,8	1,3
017170P15	CA22	546	LA1	B	1,5	1,2
017170P14	CA23-1	440	LS2	B	1,7	1,2
017170P14	CA23-2	456	LS2	B	1,7	1,2
017170P14	CA23-3	466	LS1	B	1,4	1,2
017170P14	CA23-4	386	LS2	B	2,0	1,2
017170P14	CA23-5	503	LS1	B	1,4	1,2
017170P13	CA24	399	LS2	B	2,1	1,3

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Cod. Sito MOPS	Cod. Archivio	V _{S30}	Curva litologia	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5
017170P12	CA25	440	LS2	B	1,7	1,2
017170L6	CA26	570	G	B	1,4	1,2
017170P10	CA28	774		ROCCIA	-	-
017170P9	CA30 1-2	409	LS2	B	2,0	1,5
017170P9	CA30 3	236	LS2	C	2,1	1,5
017170P9	CA30 4-5	312	LS2	C	2,4	1,4
017170P9	CA30 masw	402	LS2	B	1,7	1,5
017170P8	CA31	665	G	B	1,4	1,2
017170P75	CA34	245	LS2	C	1,7	1,5
017170P72	CA37	356	LS2	C	1,9	1,6
017170L2	CA41	573	G	B	1,3	1,2
017170L4	CA49	550	G	B	1,3	1,2
017170L44	LINEA 1	310	LS2	C	2,1	1,5
017170L45	LINEA 2	442	LS2	B	1,9	1,2
017170L46	LINEA 3	294	LS2	C	2,1	1,4
017170L47	LINEA 4	408	LS2	B	1,8	1,3
017170L48	LINEA 5	526	LS1	B	1,5	1,1

Tenendo conto delle considerazioni sopraelencate i dati elaborati rispetto ai siti-campione sono stati estesi agli ambiti con caratteristiche geologico-geotecniche-geofisiche omologhe e sono stati proiettati nella “Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2”.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

D - Confronto tra Fa di amplificazione di sito ed Fa di soglia comunale.

Infine, in adempimento alla normativa regionale, è stato eseguito il confronto tra i valori di Fa di sito ed i valori Fa di soglia comunale, definiti dalla D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 per le diverse categorie di sottosuolo.

Cod. Sito MOPS	Cod. Archivio	V _{S30}	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Soglia 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5	Fa Soglia 0,5-1,5	Cat. Sott. All.5 - DGR 9/2216
017170L36	R 33_07	390	B	1,7	1,5	1,3	1,7	C
017170L33	R 02_11	578	B	1,4	1,5	1,2	1,7	B
017170L34	R 16_11-1	511	B	1,4	1,5	1,2	1,7	B
017170L35	R 16_11-2	581	B	1,3	1,5	1,1	1,7	B
017170L37	R 33_14	391	B	1,8	1,5	1,2	1,7	C
017170L38	R 35_12BIS	471	B	1,6	1,5	1,1	1,7	B*
017170L39	R 54_14	598	B	1,3	1,5	1,1	1,7	B
017170L40	R 55_13	514	B	1,6	1,5	1,1	1,7	B*
017170L41	R 73_13	472	B	1,6	1,5	1,2	1,7	B*
017170L1	R 123_11	463	B	1,7	1,5	1,2	1,7	C
017170L43	RD 06_12	585	B	1,3	1,5	1,0	1,7	B
017170L42	RD 03_13	308	C	2,1	1,8	1,3	2,4	D
017170L10	PGT_IND_1	299	C	2,4	1,8	1,3	2,4	D
017170L12	PGT_IND_2	315	C	2,4	1,8	1,4	2,4	D
017170L13	PGT_IND_3	294	C	2,3	1,8	1,5	2,4	D
017170L14	PGT_IND_4	256	C	2,2	1,8	1,6	2,4	D
017170L15	PGT_IND_5 (CA54)	517	B	1,7	1,5	1,5	1,7	C
017170L16	PGT_IND_6	455	B	1,7	1,5	1,2	1,7	C
017170L17	PGT_IND_7	660	B	1,2	1,5	1,0	1,7	B
017170L18	PGT_IND_8	292	C	1,5	1,8	1,3	2,4	C
017170L19	PGT_IND_9	334	C	1,6	1,8	1,6	2,4	C
017170L20	PGT_IND_10_E	425	B	1,6	1,5	1,2	1,7	B*
017170L21	PGT_IND_10_W	480	B	1,3	1,5	1,1	1,7	B
017170L22	PGT_IND_11_E	425	B	1,8	1,5	1,4	1,7	C
017170L23	PGT_IND_11_W	458	B	1,8	1,5	1,3	1,7	C
017170L24	PGT_IND_12	403	B	2,3	1,5	1,5	1,7	D
017170L25	PGT_IND_13	506	B	1,5	1,5	1,1	1,7	B
017170L26	PGT_IND_14_E	364	B	2,2	1,5	1,2	1,7	D
017170L27	PGT_IND_14_W	382	B	2,2	1,5	1,2	1,7	D
017170L28	PGT_IND_15	520	B	1,3	1,5	1,0	1,7	B
017170L29	PGT_IND_16	504	B	1,4	1,5	1,1	1,7	B
017170L30	PGT_IND_17	517	B	1,3	1,5	1,1	1,7	B

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Cod. Sito MOPS	Cod. Archivio	V _{s30}	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Soglia 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5	Fa Soglia 0,5-1,5	Cat. Sott. All.5 - DGR 9/2216
017170L31	PGT_IND_18	457	B	1,7	1,5	1,6	1,7	C
017170P11	PU21	296	C	2,0	1,8	1,5	2,4	D
017170P26	PU32	404	B	1,8	1,5	1,4	1,7	C
017170L32	PU34	459	B	1,7	1,5	1,6	1,7	C
017170P150	PE1	384	B	1,8	1,5	1,4	1,7	C
017170L7	PE2	520	B	1,4	1,5	1,1	1,7	B
017170P33	PE4	447	B	1,8	1,5	1,4	1,7	C
017170P25	PE5 (PU33)	312	C	1,7	1,8	1,5	2,4	C
017170P34	PE6	371	B	1,7	1,5	1,5	1,7	C
017170P35	PE7	390	B	1,7	1,5	1,5	1,7	C
017170L8	PE8	296	C	2,4	1,8	1,7	2,4	D
017170P17	PE9 (CA19)	387	B	1,7	1,5	1,5	1,7	C
017170P38	PE11	318	C	2,1	1,8	1,4	2,4	D
017170P18	PE12 (CA18)	750/760	B	1,2	1,5	1,0	1,7	B
017170P45	CA2-1	462	B	1,3	1,5	1,1	1,7	B
017170P45	CA2-2	526	B	1,3	1,5	1,1	1,7	B
017170P42	CA5	486	B	1,5	1,5	1,2	1,7	B
017170P41	CA6	364	B	1,9	1,5	1,6	1,7	C
017170L5	CA13	700	B	1,1	1,5	1,0	1,7	B
017170P22	CA14	308	C	1,6	1,8	1,6	2,4	C
017170P20	CA16	383	B	1,8	1,5	1,4	1,7	C
017170P19	CA17	350	C	1,7	1,8	1,5	2,4	C
017170P16	CA20	472	B	1,8	1,5	1,3	1,7	C
017170P15	CA22	546	B	1,5	1,5	1,2	1,7	B
017170P14	CA23-1	440	B	1,7	1,5	1,2	1,7	C
017170P14	CA23-2	456	B	1,7	1,5	1,2	1,7	C
017170P14	CA23-3	466	B	1,4	1,5	1,2	1,7	B
017170P14	CA23-4	386	B	2,0	1,5	1,2	1,7	D
017170P14	CA23-5	503	B	1,4	1,5	1,2	1,7	B
017170P13	CA24	399	B	2,1	1,5	1,3	1,7	D
017170P12	CA25	440	B	1,7	1,5	1,2	1,7	C
017170L6	CA26	570	B	1,4	1,5	1,2	1,7	B
017170P10	CA28	774	ROCCIA	-	-	-	-	-
017170P9	CA30 1-2	409	B	2,0	1,5	1,5	1,7	D
017170P9	CA30 3	236	C	2,1	1,8	1,5	2,4	D
017170P9	CA30 4-5	312	C	2,4	1,8	1,4	2,4	D
017170P9	CA30 masw	402	B	1,7	1,5	1,5	1,7	C
017170P8	CA31	665	B	1,4	1,5	1,2	1,7	B

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

Cod. Sito MOPS	Cod. Archivio	V _{S30}	Cat. Sott. DM 14/01/08	Fa Sito 0,1-0,5	Fa Soglia 0,1-0,5	Fa Sito 0,5-1,5	Fa Soglia 0,5-1,5	Cat. Sott. All.5 - DGR 9/2216
017170P75	CA34	245	C	1,7	1,8	1,5	2,4	C
017170P72	CA37	356	C	1,9	1,8	1,6	2,4	C*
017170L2	CA41	573	B	1,3	1,5	1,2	1,7	B
017170L4	CA49	550	B	1,3	1,5	1,2	1,7	B
017170L44	LINEA 1	310	C	2,1	1,8	1,5	2,4	D
017170L45	LINEA 2	442	B	1,9	1,5	1,2	1,7	C*
017170L46	LINEA 3	294	C	2,1	1,8	1,4	2,4	D
017170L47	LINEA 4	408	B	1,8	1,5	1,3	1,7	C
017170L48	LINEA 5	526	B	1,5	1,5	1,1	1,7	B

In relazione a quanto previsto nel par. 2.2.2. dell'All. 5 alla D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 il confronto tra i valori di Fa di sito ottenuti e i valori di Fa di soglia comunale va effettuato considerando una variabilità di +0.1 (categorie di sottosuolo confermate con *).

Analizzando i risultati dei siti indagati rispetto a questa tematica si evidenzia:

- Per **periodo degli edifici pari 0,5 s-1,5 s** sono stati stimati valori di Fa di sito sempre inferiori a quelli soglia. L'utilizzo dei parametri sismici della normativa vigente è quindi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica
- Per **periodi degli edifici pari a 0,1 s-0,5 s**
 - ✓ Per numerose linee (vedi tabella soprariportata) sono stati stimati **valori di Fa di sito superiori a quelli soglia per la categoria di sottosuolo definita (categoria B o C); L'utilizzo dei parametri sismici della normativa vigente è quindi localmente insufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica. I valori di Fa di sito rientrano nella soglia normativa utilizzando la categoria di sottosuolo immediatamente più cautelativa o talora due gradi più cautelativa. Tali categorie sono state indicate in rosso nella colonna terminale della tabella.**
 - ✓ Per tutte le restanti linee sismiche sono stati stimati valori di Fa di sito sempre inferiori a quelli soglia. **La normativa sismica è in questi casi sufficiente a tenere in considerazione i possibili effetti di amplificazione litologica. Tali categorie sono state riportate in neretto o asteriscato (in caso di compatibilità ±0.1) nella colonna terminale della tabella.**

In relazione ai risultati ottenuti si ritiene che possa essere consigliabile una revisione delle normative sismiche e della Carta di Fattibilità del PGT vigente.

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

8.3 CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA - LIVELLO 2

Sulla base dei risultati cui si è pervenuti mediante le elaborazioni descritte ai paragrafi precedenti sono stati definiti i fattori di amplificazione (F_x) da riportare nella "Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2"; in essa si fa riferimento alla **tipologia di edifici con periodo T compreso tra 0.1 s e 0.5 s**. Il fattore di amplificazione a cui si fa riferimento viene definito " F_x " in quanto stimato non con la metodologia ICMS, ma applicando i criteri regionali (D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011 - All. 5)

Sono state distinte aree con valori di F_x , o intervalli di valori di F_t , omogenei ed in ottemperanza a quanto previsto dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Microzonazione Sismica" aggiornati in data *Ottobre 2013* (Commissione Tecnica per la Microzonazione Sismica - Versione 3.0).

Si sottolinea come il significato attribuito alle fasce relative all'amplificazione topografica sia da intendersi con valenza diversa rispetto alle fasce di F_a relativi alle amplificazioni litologiche.

Per quanto concerne l'andamento delle aree di amplificazione litologica è stato utilizzato un criterio "geologico"; i limiti sono stati infatti tracciati tenendo conto delle indagini sismiche ma seguendo gli andamenti degli ambiti geologico-geotecnici riconosciuti sul territorio.



STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA" (ICMS 2008)

9. CONCLUSIONI

La presente relazione illustra i risultati di uno studio sperimentale redatto ai sensi degli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica (2008) su tutto il territorio del Comune di Salò.

Lo studio ha comportato la raccolta e la catalogazione di un elevato numero di dati di carattere geologico, geotecnico, geomorfologico e idrogeologico.

Tali dati hanno consentito di ricostruire l'assetto geologico del territorio con particolare attenzione verso quegli elementi litologici e morfologici specificatamente sensibili in termini di amplificazione locale degli effetti di un sisma.

Successivamente, applicando le procedure sperimentali previste dagli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione sismica (2008) e dai Criteri Regionali (D.G.R. 9/2616 del 30/11/2011), è stato possibile valutare, qualitativamente e semi-quantitativamente, i fenomeni di amplificazione sismica locali che costituiscono il quadro della Microzonazione Sismica.

La "Carta della Microzonazione sismica - Livello 2" evidenzia le porzioni di territorio caratterizzate da maggiori criticità in prospettiva sismica attraverso la rappresentazione di fattori di amplificazione che gli elementi locali, sia litologici, sia morfologici, producono rispetto ad una sismicità di base attesa.

L'analisi della componente sismica del territorio mediante l'applicazione della metodologia della normativa regionale alla luce dei numerosi dati raccolti ha evidenziato la necessità di procedere ad una revisione della Carta di Pericolosità di 1° Livello predisposta ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011. Inoltre i risultati inerenti i fattori di amplificazione di sito, litologica e topografica, hanno evidenziato frequenti ambiti in cui la normativa nazionale non risulta sufficientemente cautelativa.

Si ritiene pertanto che possa essere consigliabile l'adozione della "Carta di Pericolosità Sismica Locale – 1° livello ai sensi della D.G.R. 9/2616/2011", come definita nel presente studio di microzonazione sismica nonché una sostanziale revisione delle Normative Sismiche e della retinatura di pericolosità sismica della Carta di Fattibilità del PGT.

Padenghe sul Garda, 4 Dicembre 2014

Dott. Geol. Rosanna Lentini

Dott. Geol. Damiano Scalvini





STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL TERRITORIO COMUNALE DI SALÒ SECONDO GLI “INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA” (ICMS 2008)

Schede Faglie Attive e Capaci
data base di ISPRA - cartografia Progetto ITHAKA



GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Colle S. Bartolomeo di Salò
FAULT CODE	75600
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	S. Bartolomeo System
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	140
DIP	0
LENGTH (Km)	2
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
75600	CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
75600	BARONI C. (1985)	Note sulla paleogeografia della costa occidentale del lago di Garda	Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 49-61	1985
75600	BONI P. & PELOSO G.F. (1982)	Dati sulla Neotettonica dei fogli 34 "Breno", 47 "Brescia" e di parte dei fogli 25 "Riva" e 48 "Peschiera del Garda"	CNR (1982) - Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl.506 P.F. Geodinamica, 189-208	1982
75600	CAVALLIN A., OROMBELLI G. & SAURO U. (1988c)	Studio neotettonico del settore centro-meridionale del "Fascio Giudicariense"	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazione di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia. II	1988
75600	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
75600	AA.VV.	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	1981
75600	PANIZZA M., BOLLETTINARI G., CARTON A. & CASTALDINI D. (1988a)	Studio neotettonico del Sistema Verona - Brescia	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazioni di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia, 1	1988
75600	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Colle S. Bartolomeo di Salò
FAULT CODE	75601
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	S. Bartolomeo System
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	140
DIP	0
LENGTH (Km)	2
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
75601	CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
75601	BARONI C. (1985)	Note sulla paleogeografia della costa occidentale del lago di Garda	Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 49-61	1985
75601	BONI P. & PELOSO G.F. (1982)	Dati sulla Neotettonica dei fogli 34 "Breno", 47 "Brescia" e di parte dei fogli 25 "Riva" e 48 "Peschiera del Garda"	CNR (1982) - Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl.506 P.F. Geodinamica, 189-208	1982
75601	CAVALLIN A., OROMBELLI G. & SAURO U. (1988c)	Studio neotettonico del settore centro-meridionale del "Fascio Giudicariense"	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazione di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia. II	1988
75601	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
75601	AA.VV.	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	1981
75601	PANIZZA M., BOLLETTINARI G., CARTON A. & CASTALDINI D. (1988a)	Studio neotettonico del Sistema Verona - Brescia	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazioni di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia, 1	1988
75601	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Colle S. Bartolomeo di Salò
FAULT CODE	75602
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	S. Bartolomeo System
RANK	SUBORDINATE
AVERAGE STRIKE	140
DIP	0
LENGTH (Km)	2
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	
ACTIVITY RELIABILITY	Low reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	LOW
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
75602	CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
75602	BARONI C. (1985)	Note sulla paleogeografia della costa occidentale del lago di Garda	Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 49-61	1985
75602	BONI P. & PELOSO G.F. (1982)	Dati sulla Neotettonica dei fogli 34 "Breno", 47 "Brescia" e di parte dei fogli 25 "Riva" e 48 "Peschiera del Garda"	CNR (1982) - Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl.506 P.F. Geodinamica, 189-208	1982
75602	CAVALLIN A., OROMBELLI G. & SAURO U. (1988c)	Studio neotettonico del settore centro-meridionale del "Fascio Giudicariense"	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazione di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia. II	1988
75602	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
75602	AA.VV.	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	1981
75602	PANIZZA M., BOLLETTINARI G., CARTON A. & CASTALDINI D. (1988a)	Studio neotettonico del Sistema Verona - Brescia	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazioni di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia, 1	1988
75602	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Pompignino
FAULT CODE	80800
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Pompignino
RANK	
AVERAGE STRIKE	85
DIP	0
LENGTH (Km)	4
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Holocene generic (<10,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
80800	CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
80800	PANIZZA M., BOLLETTINARI G., CARTON A. & CASTALDINI D. (1988a)	Studio neotettonico del Sistema Verona - Brescia	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazioni di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia, 1	1988

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Riviera Gardesana
FAULT CODE	75900
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Riviera Gardesana
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	220
DIP	0
LENGTH (Km)	25
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
75900	CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
75900	BARONI C. (1985)	Note sulla paleogeografia della costa occidentale del lago di Garda	Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 49-61	1985

75900	BERRUTI G. (1983)	Su alcuni elementi morfostrutturali della città di Brescia e loro possibili correlazioni con eventi sismici	"Natura Bresciana" Ann. Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia, 19, (1982), 3-19	1983
75900	BONI P. & PELOSO G.F. (1982)	Dati sulla Neotettonica dei fogli 34 "Breno", 47 "Brescia" e di parte dei fogli 25 "Riva" e 48 "Peschiera del Garda"	CNR (1982) - Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl.506 P.F. Geodinamica, 189-208	1982
75900	CAVALLIN A., OROMBELLI G. & SAURO U. (1988c)	Studio neotettonico del settore centro-meridionale del "Fascio Giudicariense"	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazione di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia. II	1988
75900	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
75900	AA.VV.	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	1981
75900	PANIZZA M., BOLLETTINARI G., CARTON A. & CASTALDINI D. (1988a)	Studio neotettonico del Sistema Verona - Brescia	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazioni di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia, 1	1988
75900	PIERI M. & GROPPI G. (1981)	Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy	CNR, P.F. Geodinamica, Pubbl. 414, 13 pp.	1981
75900	SLEJKO D. (1989)	Sismicità attuale dell'area benacense	Autori Vari (1981) - Il rischio sismico nel Bresciano. Ed. Ramperto, 31-39	1989
75900	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
75900	SLEJKO D. & REBEZ A. (1988)	Caratteristiche sismotettoniche dell'area benacense	Atti 7° Conv. GNGTS	1988

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	
FAULT NAME	Riviera Gardesana
FAULT CODE	75901
MACROZONE	2
REGION NAME	Veneto
SYSTEM NAME	Riviera Gardesana
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	250
DIP	0
LENGTH (Km)	25
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Historical (<3,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	

REFERENCES

FAULT CODE	AUTHORS	TITLE	REFERENCES	YEAR
75901	CASTALDINI D. & PANIZZA M. (1991)	Inventario delle faglie attive tra i fiumi Po e Piave ed il lago di Como (Italia settentrionale).	Il Quaternario, 4(2), 333-410.	1991
75901	BARONI C. (1985)	Note sulla paleogeografia della costa occidentale del lago di Garda	Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 49-61	1985

75901	BERRUTI G. (1983)	Su alcuni elementi morfostrutturali della città di Brescia e loro possibili correlazioni con eventi sismici	"Natura Bresciana" Ann. Mus. Civ. Sc. Nat. Brescia, 19, (1982), 3-19	1983
75901	BONI P. & PELOSO G.F. (1982)	Dati sulla Neotettonica dei fogli 34 "Breno", 47 "Brescia" e di parte dei fogli 25 "Riva" e 48 "Peschiera del Garda"	CNR (1982) - Contributi conclusivi per la realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl.506 P.F. Geodinamica, 189-208	1982
75901	CAVALLIN A., OROMBELLI G. & SAURO U. (1988c)	Studio neotettonico del settore centro-meridionale del "Fascio Giudicariense"	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazione di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia. II	1988
75901	AA.VV.	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	CNR (1983) - Neotectonic map of Italy, scale 1:500.000. P.F. Geodinamica, Quad. Ric. Scient., 114	1983
75901	AA.VV.	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	ENEL (1981) - Elementi di neotettonica del territorio italiano. 3, 1-94. Milano	1981
75901	PANIZZA M., BOLLETTINARI G., CARTON A. & CASTALDINI D. (1988a)	Studio neotettonico del Sistema Verona - Brescia	ENEL (1988) - Contributi di preminente interesse scientifico agli studi di localizzazioni di impianti nucleari in Piemonte e Lombardia, 1	1988
75901	PIERI M. & GROPPI G. (1981)	Subsurface geological structure of the Po Plain, Italy	CNR, P.F. Geodinamica, Pubbl. 414, 13 pp.	1981
75901	SLEJKO D. (1989)	Sismicità attuale dell'area benacense	Autori Vari (1981) - Il rischio sismico nel Bresciano. Ed. Ramperto, 31-39	1989
75901	SLEJKO D., CARRARO F., CARULLI G.B., CASTALDINI D., CAVALLIN A., DOGLIONI C., ILICETO V., NICOLICH R., REBEZ A., SEMENZA E., ZANFERRARI A. & ZANOLLA C. (1987)	Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale	CNR, GNDT, Rend. 1, 82 pp.	1987
75901	SLEJKO D. & REBEZ A. (1988)	Caratteristiche sismotettoniche dell'area benacense	Atti 7° Conv. GNGTS	1988