



GEOLOGICO
RISCHIO SUBSIDENZA

CLASSE R.14.1

SCENARIO DI RISCHIO GENERALIZZATO

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 2

SCENARI DI RISCHIO E BERSAGLI



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



DEFINIZIONE DEL RISCHIO

Questo fenomeno, che può coinvolgere territori di estensione variabile, è generalmente causato da fattori geologici, ma negli ultimi decenni è stato localmente aggravato dall'azione dell'uomo e ha raggiunto dimensioni superiori a quelle di origine naturale.

Le subsidenze. Prodotte o aggravate da azioni antropiche possono essere causate da prelievo di acque dal sottosuolo, estrazione di gas o petrolio, carico di grandi manufatti, estrazione di solidi, etc: in questo caso i valori totali possono essere anche di qualche metro.

La subsidenza naturale è causata da diversi fattori: movimenti tettonici, raffreddamento di magmi all'interno della crosta terrestre, costipamento di sedimenti, etc.; i movimenti verticali di tipo naturale possono raggiungere valori di qualche millimetro l'anno.

I sinkholes. Un problema solo per alcuni versi affine a quello della subsidenza, ma che ha, al contrario del primo, importanti ricadute di protezione civile, è quello degli sprofondamenti rapidi (sinkholes). Questi fenomeni sono dovuti sia a cavità naturali presenti nel sottosuolo che a cavità realizzate dall'uomo fin dall'antichità (cave in sotterraneo, ambienti di vario uso, depositi, acquedotti, fognature, drenaggi ecc).

In Italia. Nel nostro Paese fenomeni di lenta subsidenza si sono verificati lungo la fascia costiera adriatica da Rimini a Venezia, specialmente nei pressi del Delta del Po, ma anche nei dintorni di agglomerati urbani come Milano, Bologna e Modena: in queste zone soprattutto per l'estrazione di acqua dal sottosuolo. Casi più recenti sono stati segnalati in Puglia, nella piana di Sibari e nella pianura Pontina. In Italia i fenomeni di dissesto provocati da cavità sotterranee sono frequenti e hanno determinato spesso ingenti danni materiali e, in molti casi, anche la perdita di vite umane.

La prevenzione. Il rischio legato alle cavità sotterranee è particolarmente diffuso nelle aree urbane dove l'azione dell'uomo ha portato alla creazione di vuoti nel sottosuolo per la maggior parte dei quali si è persa la consapevolezza dell'esistenza, a causa soprattutto della incontrollata crescita urbanistica degli ultimi decenni. I provvedimenti da attuare a fini preventivi consistono essenzialmente in una corretta gestione delle risorse idriche, evitando di ricorrere in modo eccessivo al prelievo dalle falde, e in una rigorosa pianificazione delle attività estrattive

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 2

SCENARI DI RISCHIO E BERSAGLI

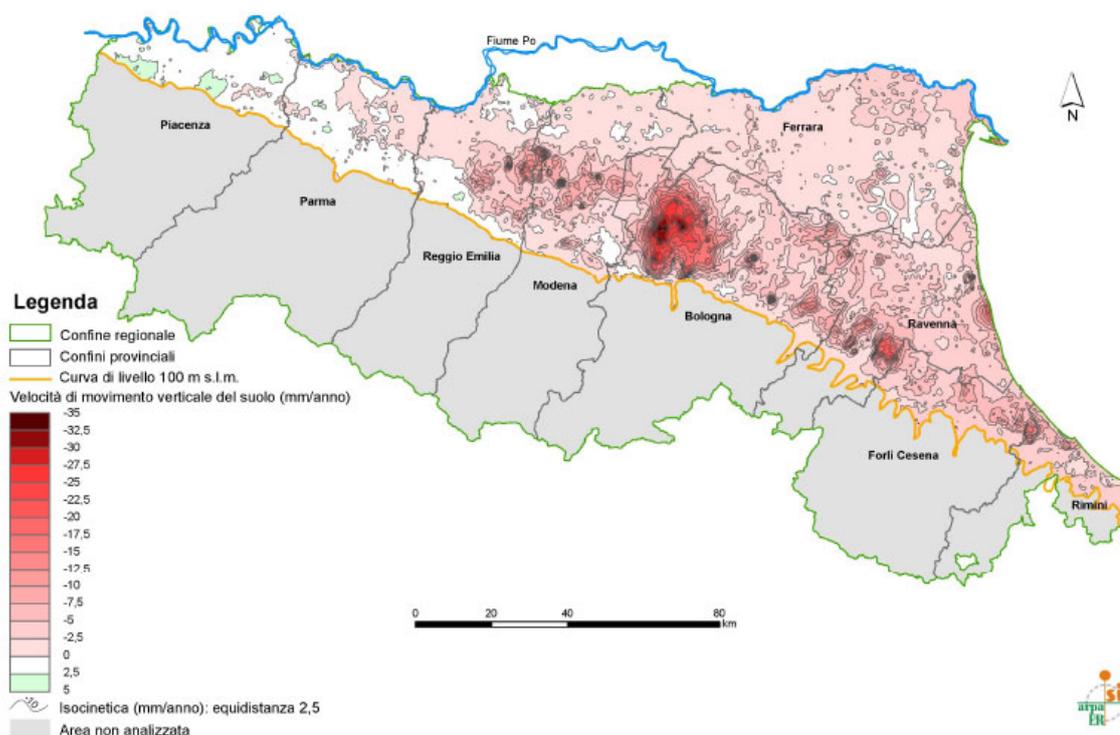


Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



La subsidenza è il fenomeno di abbassamento della superficie terrestre causato da cambiamenti che avvengono nel sottosuolo. A partire dal secondo dopoguerra è apparso chiaro che la Pianura Padana e, in particolare, quella emiliano romagnola, è soggetta a fenomeni estesi di subsidenza (Carminati et al., 2006). Questo processo, che può avere cause sia naturali che artificiali, diviene un vero e proprio fattore di rischio quando l'abbassamento del terreno è particolarmente forte o quando la topografia è già depressa e vicina, o al di sotto, del livello del mare.



Fonte ARPAeR Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2006-2011, realizzata sulla base di analisi interferometrica radar effettuata da T.R.E. - Tele-rilevamento Europa mediante la tecnica SqueeSARTM, algoritmo PSInSARTM di seconda generazione

Gli studi effettuati da ARPAeR confermano come il Bolognese sia il territorio regionale più subsidente, nonostante continui la tendenza, già in atto da alcuni decenni, verso una progressiva riduzione degli abbassamenti. Persiste, infatti, un'ampia area a ridosso della città di Bologna, con una superficie di oltre 500 km², con un abbassamento medio di circa 15 mm/anno e punte massime di oltre 30 mm/anno in corrispondenza di Sala Bolognese, Lavino di Sotto e dell'area tra Lavino di Mezzo e Anzola dell'Emilia; di oltre 35 mm/anno in corrispondenza della cassa di espansione a ridosso del Fiume Reno nei pressi di Malacappa; di oltre 30 mm/anno a Castello d'Argile e di oltre 20 mm/anno a Castelmaggiore. Altri picchi, seppure arealmente molto più limitati, sono presenti a Budrio, con oltre 25 mm/anno e in corrispondenza della zona industriale Ca' Bianca (Castel San Pietro) con oltre 30 mm/anno. Il centro storico di Bologna, in particolare, risulta invece esente da abbassamenti significativi (alcuni mm/anno).

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 2

SCENARI DI RISCHIO E BERSAGLI



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



PERICOLOSITÀ, VULNERABILITÀ ED ESPOSIZIONE

pericolosità

carta della subsidenza, carta geologica e sismica dei suoli, terremoti storici.

vulnerabilità

legata alla urbanizzazione o meno dell'area interessata nonché alla tipologia patrimonio infrastrutturale (case, scuole, ospedali, rete stradale e ferroviaria)

esposizione

è data dalle caratteristiche e distribuzione della popolazione residente nell'area dell'evento

IL QUADRO GENERALE NEI COMUNI DELL'UNIONE

RILIEVO DELLA SUBSIDENZA 1999-2002

La rete, nel suo complesso, è stata misurata per la prima volta nel 1999. Il rilievo della rete di livellazione ha permesso di attribuire ad ogni caposaldo una quota assoluta sul livello medio del mare riferita, in particolare, al caposaldo 5/162'' (verticale), ritenuto stabile, sito nei pressi di Sasso Marconi (Appennino bolognese) e appartenente alla rete di livellazione di alta precisione dell'Istituto geografico militare italiano (Igm). Per tale caposaldo è stata adottata la quota determinata nel 1949 dall'Istituto stesso pari a 225.9222 m s.l.m.

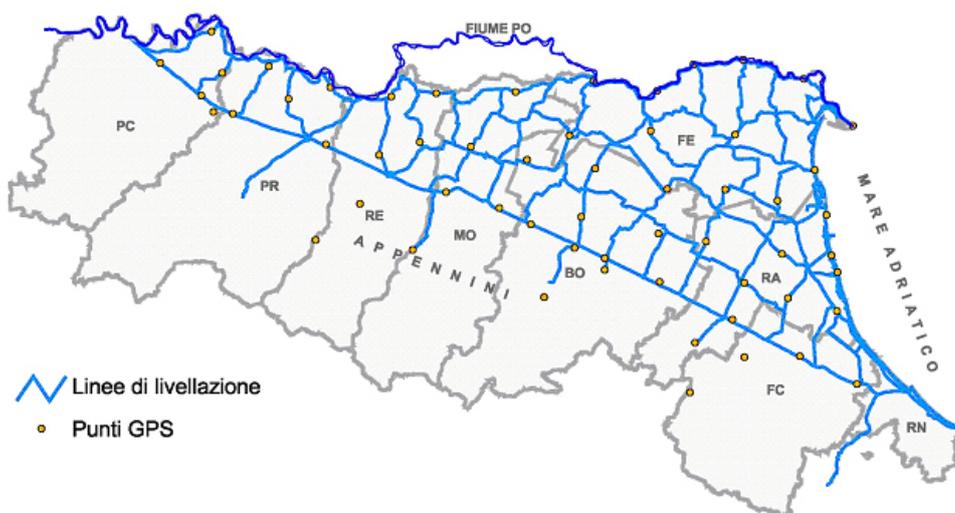


Fig. 1 - La rete regionale di monitoraggio della subsidenza.

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 2

SCENARI DI RISCHIO E BERSAGLI



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



Già nell'ambito di questo primo rilievo è stato possibile realizzare un confronto fra le quote ottenute nel 1999 e le quote relative ai capisaldi storici presenti nella rete di livellazione, rilevate da enti diversi in periodi precedenti. Da tale confronto è scaturita la prima carta a isolinee di velocità di abbassamento del suolo relativa al periodo 1970/93-1999; si tratta del primo tentativo di restituire un quadro complessivo dei movimenti verticali del suolo sull'intera area di pianura della regione, già nella fase di rilievo "zero" della rete di livellazione. A tal fine si è dovuto procedere ad un imponente lavoro di omogeneizzazione delle quote storiche per renderle confrontabili con le quote del 1999, lavoro che, in particolare, è stato realizzato con la collaborazione del Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara.

Questa prima carta, tuttavia, risulta inevitabilmente lacunosa e fortemente disomogenea, data la diversa copertura spaziale e temporale dei dati storici, non essendo ancora possibile realizzare un confronto a tappeto sull'intera rete, bensì solo su circa il 50% dei capisaldi, distribuiti neppure uniformemente. In particolare, le velocità di movimento indicate sulla carta sono riferite a periodi diversi - a seconda delle linee di livellazione (figura 2b) - compresi tra il periodo più lungo 1970-1999 e il periodo più breve 1993-1999 (figura 2a).

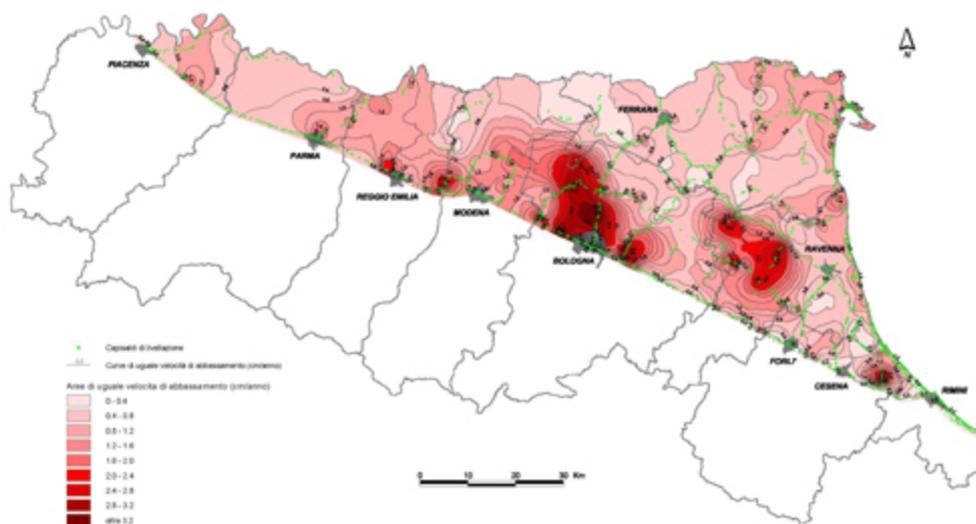


Fig. 2a – Prima carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 1970/93-1999

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 2

SCENARI DI RISCHIO E BERSAGLI



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa

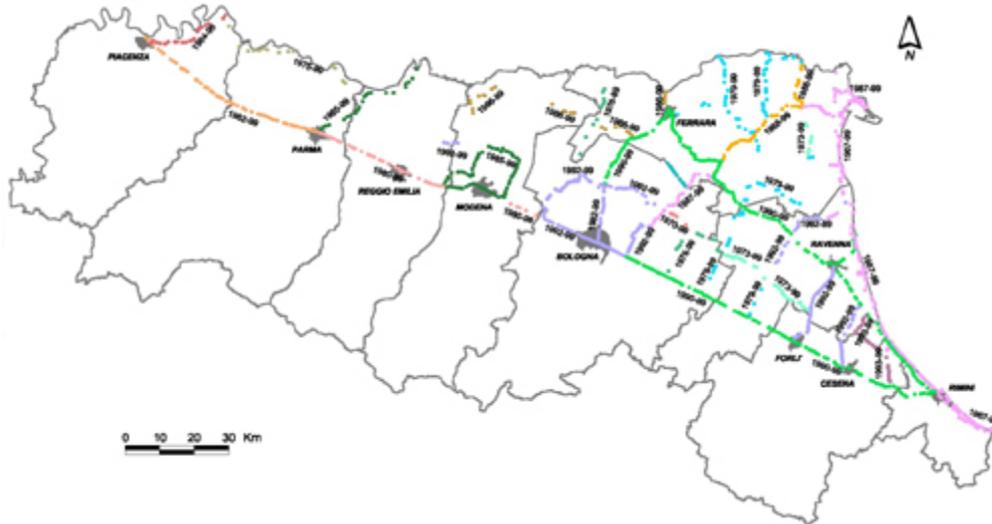


Fig. 2b – Linee di livellazione utilizzate.

Il rilievo del 2002

Nel 2002, Arpa su incarico della Regione e in collaborazione con il Dicam, ha ripetuto il rilievo della sola rete Gps, aggiornando così le conoscenze sui movimenti verticali del suolo nel periodo 1999-2002 relativamente ai punti della rete Gps stessa (figura 3).

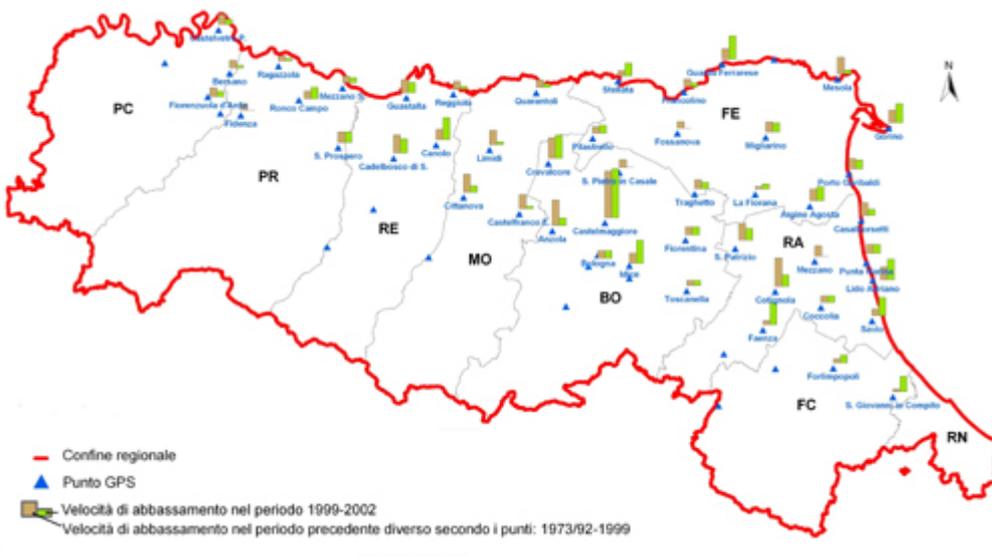


Fig. 3 – Velocità di abbassamento del suolo: confronto fra i trend relativi al periodo 1999-2002 (misure Gps) e i trend relativi al periodo precedente (misure di livellazione).

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 2

SCENARI DI RISCHIO E BERSAGLI



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



RILIEVO DELLA SUBSIDENZA 2005-2007

Nel 2005-07 Arpa, su incarico della Regione e in collaborazione con il Dicam, ha aggiornato le conoscenze geometriche relative al fenomeno della subsidenza tramite l'interazione di due tecniche:

la livellazione geometrica di alta precisione di un sottoinsieme della rete regionale (circa il 50% delle linee di livellazione) in funzione di supporto all'analisi interferometrica

l'analisi interferometrica di dati radar satellitari con tecnica PSInSARTM estesa all'intero territorio di pianura della regione, circa 11.000 km².

I risultati ottenuti, per la prima volta, forniscono un quadro sinottico di dettaglio del fenomeno della subsidenza a scala regionale. In particolare, sulla base della disponibilità dei dati satellitari, sono state realizzate due diverse cartografie a curve isocinetiche: la prima, relativa al periodo 1992-2000, fa riferimento all'elaborazione dei dati provenienti da due satelliti dell'Agenzia Spaziale Europea (Esa) Ers1 e Ers2 e si basa sulle velocità di movimento relative a circa 160.000 punti (figura 4). La seconda riguarda il periodo 2002-2006, fa riferimento all'elaborazione dei dati provenienti dai satelliti Envisat (Esa) e Radarsat (Agenzia Spaziale Canadese) e si basa sulle velocità di movimento relative a circa 140.000 punti (figura 5).

Entrambe le cartografie sono consultabili sul [portale cartografico di Arpa](#).

L'utilizzo del metodo satellitare ha permesso di acquisire un'informazione molto più diffusa e capillare rispetto a un rilievo topografico (linee di livellazione): un numero di punti di ben due ordini di grandezza superiore rispetto al numero dei capisaldi di livellazione sui quali poteva contare la precedente cartografia.

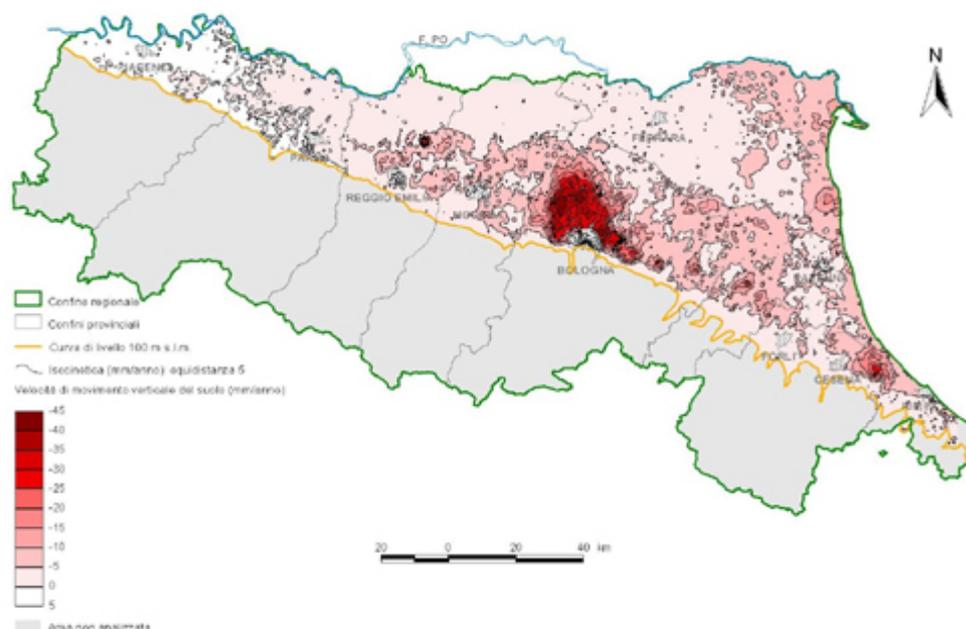


Fig. 4 - Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 1992-2000, realizzata sulla base di analisi interferometrica radar effettuata da T.R.E. – Tele-rilevamento Europa mediante la tecnica dei Permanent Scatterers (PSInSARTM) sviluppata e brevettata dal Politecnico di Milano.

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 2

SCENARI DI RISCHIO E BERSAGLI



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa

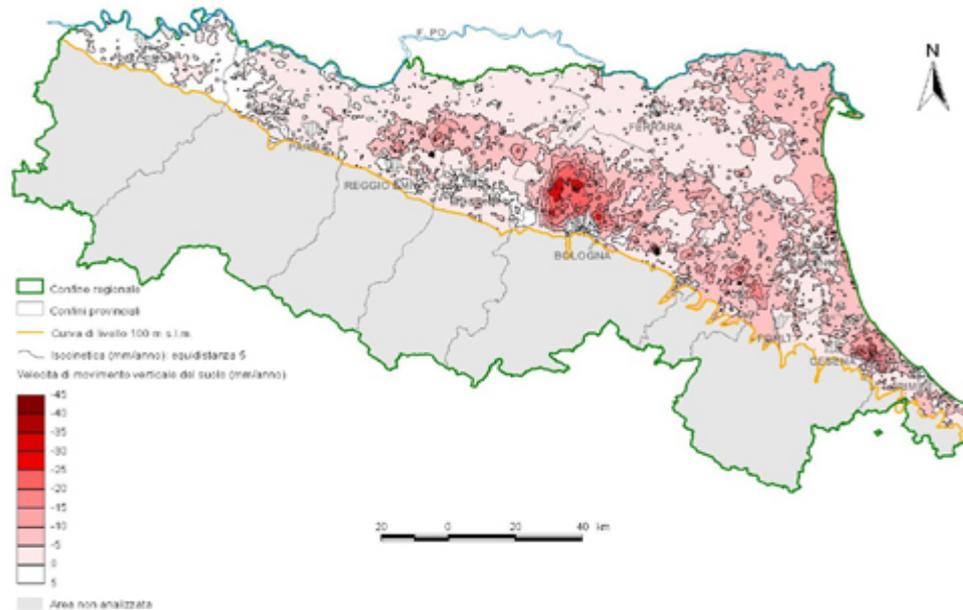


Fig. 5 - Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2002-2006, realizzata sulla base di analisi interferometrica radar effettuata da T.R.E. – Tele-rilevamento Europa mediante la tecnica dei Permanent Scatterers (PSInSARTM) sviluppata e brevettata dal Politecnico di Milano.

Le misure di livellazione effettuate nel 2005 in funzione di supporto all'analisi interferometrica hanno interessato un migliaio di km di linee ed oltre 1000 capisaldi. E' stato adottato lo stesso caposaldo di riferimento del 1999 mantenendone invariata la quota.

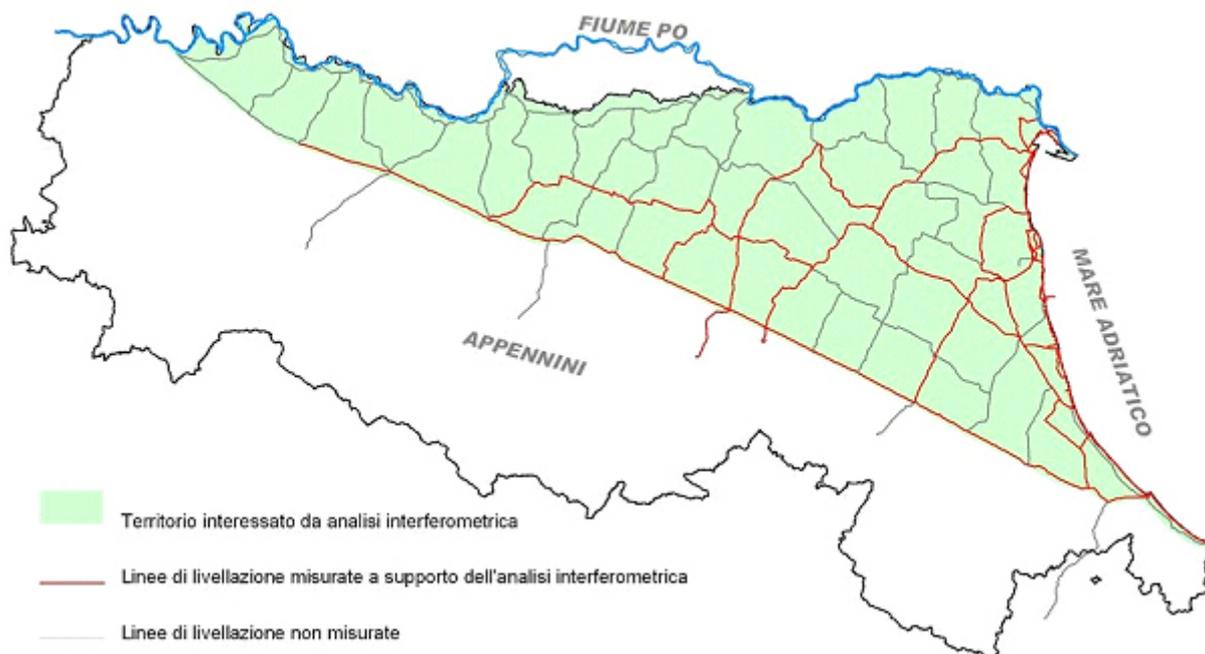


Fig. 6 - La rete di livellazione misurata nel 2005 a supporto dell'analisi interferometrica.

Le linee di livellazione che non sono state misurate nel 2005 sono state comunque oggetto di ricognizioni in seguito alle quali sono stati ripristinati i capisaldi scomparsi. Ad ognuno dei capisaldi ripristinati è stata attribuita una quota relativa al 1999 tramite collegamento altimetrico ai capisaldi esistenti più vicini. Infine, ad ogni caposaldo (non oggetto di misure di livellazione) è stata attribuita una velocità di movimento verticale relativa al periodo 2002-2006 - inserita nel campo note della relativa monografia - sulla base dei risultati dell'analisi interferometrica, in modo da permettere, per scopi tecnici, un eventuale aggiornamento della quota 1999.

RILIEVO DELLA SUBSIDENZA 2011-2012

Nel corso del 2011-12 Arpa su incarico della Regione, Servizio Tutela e Risanamento Risorsa Acqua e in collaborazione con il Dicam ha realizzato il progetto "Rilievo della subsidenza nella pianura emiliano-romagnola" con l'obiettivo di aggiornare le conoscenze sui movimenti verticali del suolo rispetto al precedente rilievo effettuato nel 2006. L'aggiornamento è stato effettuato utilizzando il metodo dell'analisi interferometrica di dati radar satellitari supportato dall'elaborazione di 17 stazioni permanenti GPS, diversamente dal rilievo realizzato nel 2006 in cui, non essendo ancora disponibile un numero sufficiente di stazioni GPS sul territorio regionale, si ricorse, al fine di supportare l'analisi interferometrica, all'ausilio di misure di livellazione di alta precisione, con un aggravio considerevole dei costi.

La combinazione dei due metodi (analisi interferometrica e GPS) ha risposto pienamente ai risultati attesi, ed il suo futuro utilizzo potrà essere ulteriormente affinato considerando il



previsto aumento di stazioni GPS sul territorio regionale. Rispetto alla precedente cartografia, si è potuto contare, anche grazie al nuovo algoritmo SqueeSARTM utilizzato per l'analisi interferometrica, su un numero di punti di misura più che doppio (315.371 contro i precedenti 142.000 punti), ciò ha determinato un'informazione più capillare e diffusa che si è voluto meglio rappresentare tramite isolinee con passo 2.5 mm/anno, anziché 5 mm/anno come nella precedente cartografia relativa al periodo 2002-2006.

La cartografia è consultabile sul [portale cartografico di Arpa](#).

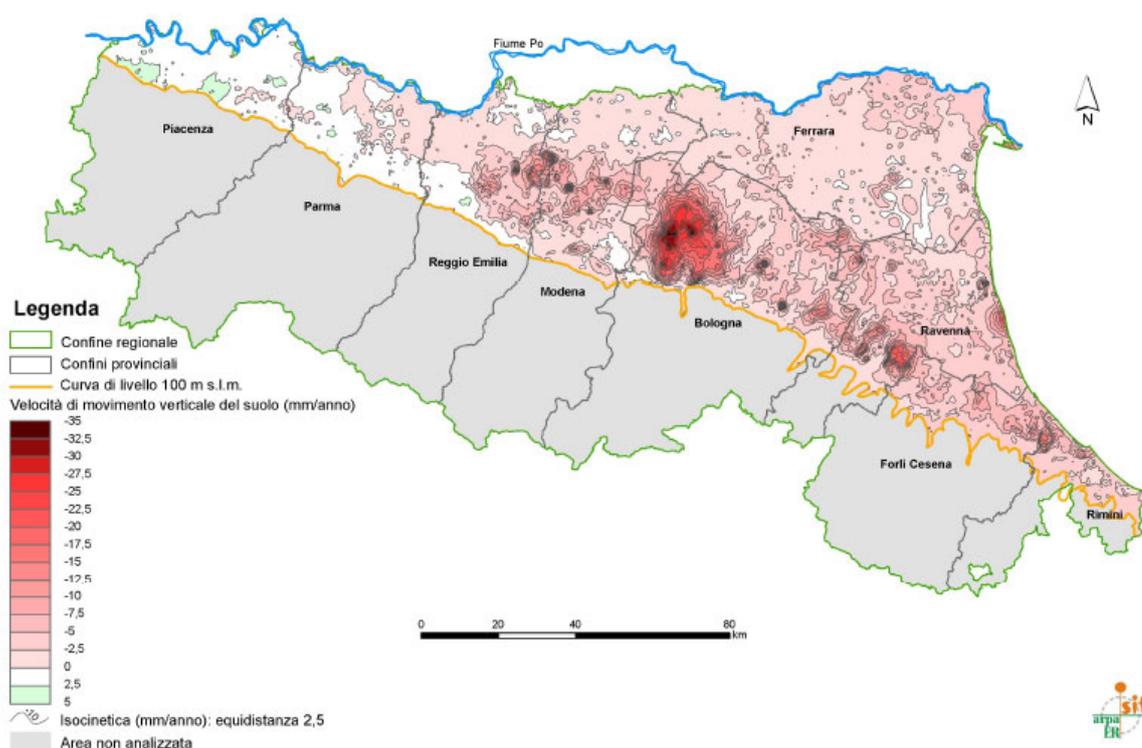


Fig. 7 - Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2006-2011, realizzata sulla base di analisi interferometrica radar effettuata da T.R.E. - Tele-rilevamento Europa mediante la tecnica SqueeSARTM, algoritmo PSInSARTM di seconda generazione.

LIVELLI PREVISTI : RICORRENTE E MASSIMO ATTESO

Fra gli effetti negativi ricordiamo: modifica dell'equilibrio sedimentologico dei corsi d'acqua di pianura fino ad alterare la linea di costa, variazione della pendenza delle reti idrauliche artificiali (fognature, bonifiche), riduzione dei franchi arginali con conseguenti pericoli di inondazioni, danni agli edifici.

BERSAGLIO GENERALIZZATO
RISCHIO SUBSIDENZA

ID: R14.1_RG001

SCENARIO DI RISCHIO GENERALIZZATO

TUTTO IL TERRITORIO DELL'UNIONE
(P.S.C. COMUNI)

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 2

SCENARI DI RISCHIO E BERSAGLI



Unione
Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



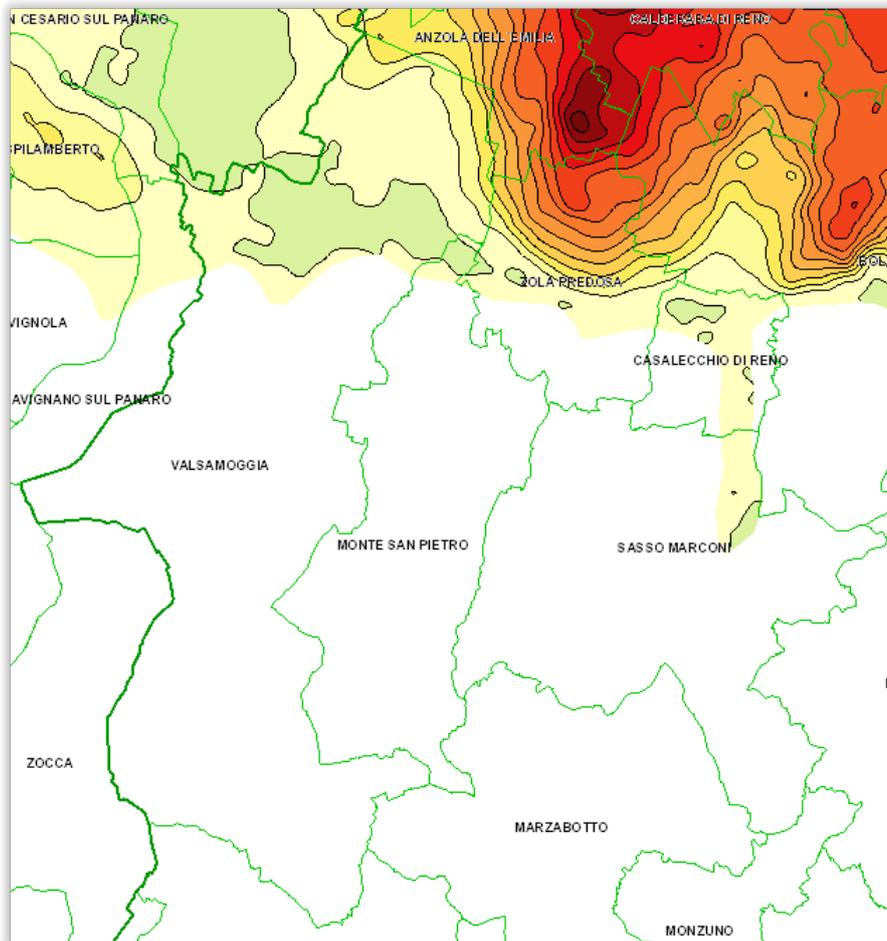
ID: R14.1_RG001 Località : TUTTO IL TERRITORIO

**RISCHIO IDROGEOLOGICO
SUBSIDENZA**



PRINCIPALE PROCEDURA D'EMERGENZA DI RIFERIMENTO ID: PO14.1_EG001

INQUADRAMENTO GRAFICO



CLASSIFICAZIONE DEL RISCHIO

Colore allerta	Indice Pericolosità	Indice Vulnerabilità	Indice Esposizione	Classe di Danno	Livello di Rischio
Verde	P1	V3	E4	D4	R3
Giallo	P1	V3	E4	D4	R3

PIANO DI PROTEZIONE CIVILE INTERCOMUNALE

SEZIONE 2

SCENARI DI RISCHIO E BERSAGLI



Unione

Valli del Reno, Lavino e Samoggia
Ufficio di Protezione Civile Unificato
Casalecchio di Reno, Monte San Pietro, Sasso
Marconi, Valsamoggia, Zola Predosa



	P2	V3	E4	D4	R4
	P3	V3	E4	D4	R4
DESCRIZIONE DEL PERICOLO (IPOTESI DI SCENARIO)					
<p>La superficie del piano campagna viene interessata da un repentino sprofondamento dei terreni alluvionali della area pianeggiante compresa tra i comuni di Zola Predosa e Vallesamoggia, originando una voragine di forma pseudo circolare di diametro pari a 140 m. Tale voragine ha interessato (interrompendola) la viabilità ed alcuni terreni agricoli.</p>					
PRINCIPALI ELEMENTI ESPOSTI ED EVENTUALE VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA'					
URBANIZZATO	Anche basandosi sui dati risultanti dal censimento ISTAT 2011 risulta ragionevole supporre che le aree dove l'evento è in grado di generare i suoi maggiori effetti siano quelle dove è maggiore la presenza di nuclei abitativi. Analogamente, sebbene in condizioni di minor densità abitativa, è ipotizzabile riscontrare effetti dell'evento sugli abitati rurali.				
POPOLAZIONE	In base al giorno e all'ora di accadimento dell'evento la maggior parte della popolazione si troverà sul luogo di lavoro o di studio, per strada o all'interno della propria abitazione. Questa condizione è rilevante ai fini dei danni patiti dalle persone. Molte persone possono rimanere coinvolte in eventuali crolli di edifici crolli.				
VIABILITA'	La viabilità può risentire di danni causati alla stessa sede stradale o alle infrastrutture stradali.				
STRUTTURE E INFRASTRUTTURE STRATEGICHE	Sono possibili danni alle reti di servizi (acqua, gas, luce) dovute a cedimenti strutturali causati dal evento, sono possibili danni alle strutture strategiche preposte alle gestione dell'emergenza.				
DANNI ATTESI					
<p><u>Alle persone</u> : Grave pericolo per l'incolumità delle persone, possibili decessi e ferimenti anche in numero elevato. Stato di shock. Ricadute psicologiche. <u>Al patrimonio</u> : Danni ingenti con possibili crolli e distruzioni di strutture, infrastrutture e patrimonio mobile ed immobile pubblico e privato.</p>					
POSSIBILI EVENTI INNESECCABILI DA INTERCONNESSIONE (EFFETTO DOMINO)					
Igienico-Sanitaria; Ambientale; Civile; Supporto alle Autorità.					