

Subsidenza

capitolo 9D

INDICE

Introduzione

<i>Messaggio chiave</i>	p.	904
<i>Sintesi</i>	»	904
<i>Quadro generale</i>	»	905

Indicatori

<i>Pressioni</i>	»	908
<i>Stato</i>	»	914

Riferimenti

<i>Autori</i>	»	922
<i>Bibliografia</i>	»	922
<i>Sitografia</i>	»	922

QUADRO SINOTTICO DEGLI INDICATORI

DPSIR	Tema ambientale	Nome indicatore / Indice	Altre aree tematiche interessate	Copertura spaziale	Copertura temporale	Trend	Pag.
PRESSIONI	✓	Prelievi acque sotterranee		Provincia	1992-2006	☹	908
	✓	Estrazione idrocarburi		Provincia	2011	☹	911
STATO	✓	Abbassamento suolo		Provincia	1992-2011	😊	914

Tema ambientale: ✓ Subsidenza

Introduzione

Messaggio chiave

☺ I dati del 2011 evidenziano che la gran parte del territorio di pianura della regione non presenta nel periodo 2006-2011 variazioni di tendenza rispetto al periodo 2002-2006, mentre circa un terzo della superficie evidenzia una riduzione della subsidenza e appena il 3% presenta un incremento del fenomeno.

☹ Permangono alcune aree nelle quali il fenomeno risulta particolarmente evidente: il bolognese è ancora il territorio maggiormente soggetto ad abbassamenti sia per vastità della superficie interessata sia per velocità di movimento; il litorale, a fronte di una generale tendenza all'attenuazione del fenomeno, evidenzia però un'area, centrata sulla foce dei Fiumi Uniti, in cui la subsidenza risulta ancora presente con valori significativi, soprattutto se si considera la particolare fragilità del paraggio costiero.

☹ I fenomeni subsidenziali in atto, sono prevalentemente di origine antropica, legati, in particolare, ad eccessivi emungimenti di acque sotterranee e, in misura minore ed arealmente più limitata, all'estrazione di idrocarburi da formazioni geologiche profonde. Al depauperamento delle falde contribuiscono anche i cambiamenti climatici, con periodi siccitosi sempre più frequenti e prolungati, associati all'impermeabilizzazione del suolo nelle aree di ricarica dell'acquifero.

☺ Il monitoraggio dei movimenti verticali del suolo a scala regionale avviato da Arpa nel 1999, è stato ulteriormente affinato in occasione dell'ultimo rilievo del 2011, tramite l'utilizzo del metodo dell'analisi interferometrica di dati radar satellitari supportato dall'elaborazione di stazioni permanenti GPS. Tale metodo ha risposto pienamente ai risultati attesi, permettendo di ottenere un ulteriore miglioramento del dato finale sia in termini quantitativi che qualitativi.

Sintesi

Dall'esame degli elaborati prodotti si evince che, rispetto al rilievo precedente (2002-2006), il 62% del territorio analizzato non presenta variazioni di tendenza significative, mentre una tendenza alla riduzione degli abbassamenti si evidenzia per il 35% della superficie e, un'accentuazione del fenomeno subsidenziale (3%), è presente soprattutto nel Modenese, Bolognese, Ravennate e Forlivese.

Nelle province di Piacenza e Parma si conferma la situazione di sostanziale stabilità già evidenziata nel periodo precedente; Nella provincia di Reggio Emilia si evidenziano movimenti significativi soprattutto in corrispondenza di San Prospero e di Correggio con massimi di circa 20 mm/anno. In provincia di Modena si notano nella media pianura abbassamenti compresi tra 5 e 10 mm/anno e alcuni picchi localizzati in prossimità di Carpi e di Soliera con massimi intorno a 30 mm/anno, e a Bomporto e Ravarino con massimi rispettivamente di oltre 20 mm/anno e di oltre 10 mm/anno.

Il Bolognese si conferma come il territorio 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 F. 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).

Nella provincia di Ferrara non si evidenziano abbassamenti significativi.

Nella provincia di Ravenna si evidenziano, in particolare, gli abbassamenti in corrispondenza della

Foce dei Fiumi Uniti ed entroterra con massimi di oltre 20 mm/anno e in ampie zone del Faentino con massimi di circa 25 mm/anno; altri con di depressione arealmente più limitati sono presenti in corrispondenza della zona industriale Bacino Trattaroli, ad ovest di Marina di Ravenna e a nord di Conselice con massimi di oltre 15 mm/anno. La città di Ravenna si conferma sostanzialmente stabile con abbassamenti massimi intorno a 2-3 mm/anno.

La provincia di Forlì-Cesena presenta abbassamenti medi di circa 5 mm/anno con massimi di circa 20 mm/anno in prossimità di San Mauro Pascoli e di oltre 10 mm/anno a nord di Cesena. La città di Forlì presenta abbassamenti di circa 5 mm/anno.

In provincia di Rimini si registrano abbassamenti medi di circa 4 mm/anno con massimi di circa 10 mm/anno nella città di Rimini e di circa 15 mm/anno in prossimità di Savignano sul Rubicone.

Il litorale, nel suo complesso, mostra una preva-

lente tendenza alla diminuzione della subsidenza. Si notano abbassamenti di pochi mm/anno su tutto il litorale ferrarese; il litorale ravennate presenta abbassamenti generalmente fino a circa 5 mm/anno, fatta eccezione per un'area di depressione che interessa il paraggio costiero da Lido Adriano fino ad oltre la Bocca del T. Bevano, con un massimo di oltre 20 mm/anno in corrispondenza della foce dei Fiumi Uniti ed un'estensione massima verso l'entroterra di circa 5 km. Più a sud, tra Cesenatico e Bellaria, gli abbassamenti ritornano intorno a 5 mm/anno e si riducono ulteriormente fino a 2-3 mm/anno fino a Rimini. Il litorale riminese, a sud del molo, presenta valori leggermente superiori - fino a circa 8-9 mm/anno per un tratto di 1 km - che si riducono però rapidamente ad alcuni mm/anno lungo tutto il litorale fino a Cattolica.

Il litorale nella sua interezza presenta un abbassamento medio, relativamente ad una fascia di 5 km verso l'entroterra, di circa 4 mm/anno, sostanzialmente dimezzato rispetto al periodo precedente.

Quadro generale

La pianura emiliano-romagnola è soggetta ad un fenomeno di subsidenza naturale la cui velocità, variabile a seconda delle zone, è valutata intorno ad alcuni mm/anno. A tale fenomeno, legato a cause geologiche, si è andata affiancando, soprattutto negli ultimi sessant'anni, una subsidenza di origine antropica i cui valori sono, generalmente, molto più elevati rispetto a quelli naturali. Il fenomeno si è reso manifesto con danni al patrimonio artistico-monumentale, perdita di efficienza delle infrastrutture idrauliche, erosione accelerata della fascia di battigia e aumento della propensione all'esondabilità sia dei territori costieri che interni. Le prime evidenze significative del fenomeno si manifestarono nella parte orientale della provincia di Ferrara. Le cause vennero individuate nella bonifica di vaste aree vallive e nella massiccia estrazione di acque metanifere dai primi strati del sottosuolo. In particolare furono registrati in talune zone sprofondamenti fino a 240 cm nel periodo 1952-1974. Negli anni '50, consistenti abbassamenti non naturali del suolo iniziarono a manifestarsi anche nel territorio Ravennate, causati prevalentemente da forti emungimenti di acqua di falda in corrispondenza del nuovo polo industriale a nord di Ravenna, con valori fino a 130 cm nell'arco di alcuni decenni. A partire dagli anni '60 fenomeni di subsidenza cominciarono a interessare, con valori più o meno accentuati, tutta la fascia litoranea e l'entroterra fino al Riminese, in

concomitanza con lo sfruttamento sempre più intenso di acque sotterranee utilizzate sia nel settore turistico-alberghiero in grande espansione, sia nel settore agricolo ove andava affermandosi un modello fortemente idroesigente. Successivamente il fenomeno si evidenziava anche nelle province di Bologna e di Modena e, anche in questi casi, l'origine degli abbassamenti risulta in relazione alla sottrazione d'acqua dal sottosuolo. In particolare il territorio Bolognese presentava, nel periodo 1983-1992, valori di abbassamento i più alti in assoluto, con punte di oltre 7 cm/anno.

Il monitoraggio del fenomeno ha inizio già negli anni '30, limitatamente ad alcune aree del territorio ferrarese, ma è negli anni '50 che si estende alla gran parte della provincia di Ferrara e di Ravenna, ad opera, in particolare, di enti e consorzi di bonifica. Negli anni '70 si intensificano tali iniziative con nuove reti di monitoraggio che interessano ambiti territoriali più o meno limitati, laddove il fenomeno si andava manifestando: il Consorzio di Bonifica Forlivese per il territorio di sua competenza, Agip con una rete che arriverà ad interessare gran parte della pianura regionale, il Comune di Ravenna che nel 1977 istituisce la prima rete a carattere intercomunale, alla quale faranno seguito le reti istituite dal Comune di Modena nel 1981 e dal Comune di Bologna nel 1983. Tutte queste iniziative costuiranno, nel loro insieme, un patrimonio parti-

colarmente vasto e complesso, unico in Italia, tuttavia, considerate in un contesto regionale, inevitabilmente evidenziavano sovrapposizioni, disomogeneità e lacune tali da rendere estremamente difficoltosa la definizione di un quadro organico dei movimenti verticali del suolo, in cui gli stessi potessero essere osservati all'interno dello stesso arco temporale e attraverso una distribuzione spaziale uniforme. Al fine di superare tali difficoltà Arpa, su incarico della Regione e in collaborazione con il Dicam della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, ha progettato e istituito nel 1997-98 una rete regionale di monitoraggio della subsidenza. La rete, in particolare, è costituita da due sistemi geodetici: una rete di livellazione geometrica di alta precisione con oltre 2300 capisaldi e una rete di circa 60 punti Gps. Entrambe le reti sono state progettate a partire dal vasto patrimonio di capisaldi storici - istituiti come si diceva da Enti diversi - in un'ottica di ottimizzazione e valorizzazione delle precedenti esperienze, selezionate, ed integrate con capisaldi istituiti ex novo, in funzione di un monitoraggio a scala regionale.

La rete, nel suo complesso, viene 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 (Igmi). Per tale caposaldo è stata adottata la quota determinata nel 1949 dall'Istituto stesso pari a 225.9222 m s.l.m.

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 - compresi tra il periodo più lungo 1970-1999 e il periodo più breve 1993-1999.

Nel 2002 viene ripetuto il rilievo della sola rete Gps, aggiornando così le conoscenze sui movimenti verticali del suolo nel periodo 1999-2002 relativamente ai circa 60 punti della rete Gps stessa.

Successivamente, tali metodiche di rilevamento sono oggetto di revisioni dettate dalle notevoli innovazioni intervenute in ambito geodetico negli ultimi dieci anni, innovazioni che hanno completamente rivoluzionato la tecnica topografica classica, basata principalmente sulla livellazione geometrica di alta precisione.

Nel 2006 viene utilizzato, per la prima volta a scala regionale, il metodo dell'analisi interferometrica di dati radar satellitari con tecnica PSInSAR™. Tale metodo di telerilevamento viene supportato da misure di livellazione geometrica di alta precisione su un sottoinsieme della rete regionale (circa il 50% delle linee di livellazione). I risultati ottenuti, 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. 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 142.000 punti.

L'utilizzo del metodo satellitare ha permesso di acquisire un'informazione molto più diffusa e capillare rispetto al 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.

L'ultimo rilievo dei movimenti verticali del suolo è stato realizzato nel corso del 2011-12, utilizzando ancora il metodo dell'analisi interferometrica di dati radar satellitari supportato dall'elaborazione di 17 stazioni permanenti GPS, diversamente dal rilievo precedente in cui, non essendo ancora disponibile un numero sufficiente di stazioni GPS sul territorio regionale, si ricorse all'ausilio di misure di livellazione di alta precisione, con un aggravio considerevole dei costi.

La combinazione dei due metodi (analisi interferometrica e stazioni permanenti GPS) ha risposto piena-

mente 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 SqueeSAR™ 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, anche grazie alla maggiore precisione del dato che si stima intorno a ± 2 mm/anno, 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. Le cartografie relative ai tre periodi 1992-2000, 2002-2006 e 2006-2011 sono consultabili sul *portale cartografico di Arpa*.

BOX 1 - Aggiornamento della Rete regionale di monitoraggio della subsidenza

Nel corso del 2011-12 Arpa, su incarico della Regione, ha aggiornato le conoscenze relative alle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2006-2011, rispetto al precedente rilievo riferito al periodo 2002-2006. In particolare si è proceduto attraverso due fasi successive: in una prima fase (2011) è stata effettuata l'analisi interferometrica tramite la tecnica SqueeSAR™ dei dati radar satellitari acquisiti sull'intera area di pianura della regione, individuando i punti di misura (PS e DS) presenti, le loro velocità medie annue e le relative serie storiche di spostamento nel periodo 2006-2011. Contemporaneamente sono stati elaborati i dati acquisiti da 17 stazioni GPS permanenti al fine di calibrare e verificare, tramite valori di velocità di movimento verticale, i dati relativi provenienti dall'analisi SqueeSAR™. In tal modo, per la prima volta nel rilievo della subsidenza in Emilia-Romagna, si è andati verso il superamento del concetto di punto di riferimento assoluto all'interno di una rete geodetica - storicamente assunto a priori come fisso ed immutabile nel tempo sulla base di considerazioni di generica stabilità del contesto geologico strutturale dell'area. In sostanza, la singola stazione GPS diviene essa stessa un punto di riferimento, non già in virtù di una presunta stabilità assoluta, bensì grazie alla conoscenza precisa dei suoi movimenti misurati nel tempo. Già in questa prima fase si è proceduto ad una calibrazione preliminare dei risultati dell'analisi SqueeSAR™, tramite i dati di movimento verticale, ottenuti dall'elaborazione di sei stazioni permanenti GPS, opportunamente selezionate rispetto alle 17 stazioni complessivamente elaborate.

Nella seconda fase del lavoro (2012) si è proceduto alla verifica e validazione dei dati interferometrici utilizzando tutte le stazioni permanenti GPS precedentemente elaborate presenti sul territorio regionale. Successivamente è stata effettuata un'analisi particolarmente accurata sull'insieme dei PS/DS (318.625) al fine di selezionare i punti considerati non significativi e fuorvianti rispetto alle finalità del lavoro: sono state implementate procedure volte alla ricerca di punti, caratterizzati da velocità "anomale" rispetto al loro intorno, indicativi di fenomeni diversi non attinenti al fenomeno della subsidenza a carattere regionale che si voleva rappresentare. Si tratta, in sostanza, di fenomeni estremamente localizzati legati a cedimenti di singole strutture, all'assestamento di opere di recente costruzione oppure, in taluni casi, specialmente in aree agricole, riconducibili a variazioni di umidità del terreno che comportano sfasamenti nel segnale SAR erroneamente identificati come movimento. Le procedure di selezione implementate hanno portato ad un dataset finale pari a 315.371 punti, essendo stati scartati 3.254 punti.

Il dataset definitivo così ottenuto è stato usato per un'interpolazione che ha generato un grigliato regolare (100x100 m) delle velocità di movimento verticale sull'intero territorio di pianura della regione; da esso è stata generata la carta dei movimenti verticali del suolo a scala regionale relativa al periodo 2006-2011, tramite una rappresentazione a curve isocinetiche delineate con un passo di 2,5 mm/anno, inferiore rispetto a quello adottato nella precedente cartografia (5 mm/anno). In conclusione si può affermare che il metodo dell'analisi interferometrica di dati radar satellitari supportato dall'elaborazione di stazioni permanenti 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.



Prelievi di acque sotterranee

Descrizione

Indica il quantitativo di risorsa idrica sotterranea prelevata per provincia per il settore civile ed i settori produttivi.

I prelievi di acque sotterranee sono attualmente la principale causa generatrice di abbassamento del suolo, soprattutto in termini di vastità degli areali coinvolti. I dati che vengono presentati forniscono il presumibile andamento temporale degli emungimenti comunali dalle falde nel periodo 1992-2006. Gli intervalli temporali di riferimento sono

costituiti dai due periodi 1992-2000 e 2002-2006 coerentemente con gli intervalli temporali relativi ai rispettivi primi due rilievi della subsidenza, tuttavia si è scelto di ricostruire le serie storiche complete dei valori relativi ai prelievi annuali 1992-2006 al fine di una maggiore possibilità di verificare la congruenza delle diverse medie pluriennali.

Scopo

Stima la pressione di prelievo esercitata sui corpi idrici sotterranei delle singole province.

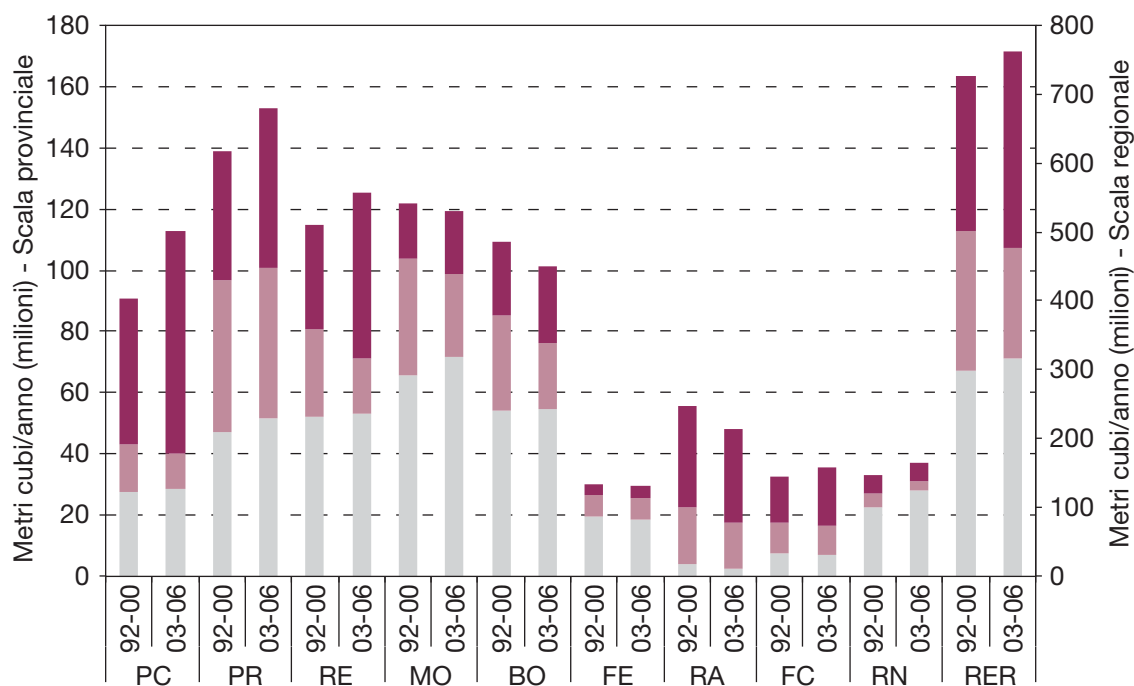
Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Prelievi di acque sotterranee DPSIR		P
UNITÀ DI MISURA	Metri cubi/anno	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione	COPERTURA TEMPORALE DATI	1992-2006
AGGIORNAMENTO DATI	In relazione all'aggiornamento dei Piani di Gestione dei Distretti Idrografici	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	DLgs 152/06		
METODI DI ELABORAZIONE DATI	<p>a) Settore civile: elaborazione dati forniti dalle Aziende Acquedottistiche.</p> <p>b) Settore industriale: da dati di consumo documentati (pratiche IPPC, D.A. EMAS, autorizzazioni al prelievo e allo scarico, ecc) e integrazione con stime sulla base delle dotazioni per addetto per categoria industriale idroesigente.</p> <p>c) Settore irriguo: stime sulla base di una schematizzazione irrigua al dettaglio comunale, partendo dai dati ISTAT e dalle informazioni cartografiche dei Consorzi e tarata sui dati misurati dagli stessi Consorzi sulle acque superficiali; attribuzione agli emungimenti dei quantitativi non disponibili da acque superficiali ma necessari in relazione alle colture presenti, sottratta una certa sofferenza delle colture. Le stime 1992-2000 derivano dai dati al 2000, correggendoli in relazione alle variazioni delle superfici colturali e alla climatologia dei singoli anni.</p> <p>d) Settore zootecnico: stima comunale sulla base del consumo per capo. Le stime per i prelievi dei settori industriale, irriguo e zootecnico presentano un certo grado di approssimazione.</p>		

Tabella 9D.1: Prelievi provinciali dalle falde connessi agli usi civile, industriale e irriguo-zootecnico dal 1992 al 2006

Provincia	Civile (aziende e autonomi)			Industriale			Irriguo e zootecnico			Totale		
	Media 1992-2000 (Mm³/anno)	Media 2002-2006 (Mm³/anno)	2002-2006 vs 1992-2000	Media 1992-2000 (Mm³/anno)	Media 2002-2006 (Mm³/anno)	2002-2006 vs 1992-2000	Media 1992-2000 (Mm³/anno)	Media 2002-2006 (Mm³/anno)	2002-2006 vs 1992-2000	Media 1992-2000 (Mm³/anno)	Media 2002-2006 (Mm³/anno)	2002-2006 vs 1992-2000
Piacenza	27,6	28,4	3%	15,3	11,6	-24%	47,9	73,0	52%	91	113	24%
Parma	46,9	51,5	10%	50,1	49,5	-1%	42,1	51,9	23%	139	153	10%
Reggio-Emilia	52,1	53,1	2%	28,6	18,2	-36%	34,2	54,2	58%	115	126	9%
Modena	65,7	71,6	9%	38,0	27,0	-29%	18,2	21,0	15%	122	120	-2%
Bologna	54,2	54,8	1%	30,8	21,4	-31%	24,5	25,2	3%	110	101	-7%
Ferrara	19,5	18,4	-6%	7,1	7,0	-1%	3,6	4,0	11%	30	29	-3%
Ravenna	3,8	2,5	-34%	18,7	14,9	-20%	33,1	30,9	-7%	56	48	-13%
Forlì-Cesena	7,4	7,0	-5%	9,9	9,6	-3%	15,3	19,1	25%	33	36	10%
Rimini	22,3	28,0	26%	4,5	2,9	-36%	6,0	5,9	-2%	33	37	12%
Totale	300	315	5%	203	162	-20%	225	285	27%	727	763	5%

Fonte: Arpa Emilia-Romagna



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 9D.1: Evoluzione dei prelievi provinciali dalle falde nel 1992-2000 e 2002-2006

Commento

Nella tabella 9D.1 sono sintetizzati i prelievi provinciali complessivi dalle falde negli anni 1992-2006, connessi ai settori civile, industriale e irriguo-zootecnico; nella figura 9D.1 gli stessi dati sono graficati. A livello regionale si osserva un sensibile incremento riferibile, essenzialmente, alle condizioni climatiche degli anni 2002-2006, alquanto più secche rispetto agli anni 1992-2000 e che hanno quindi comportato emungimenti irrigui significativamente superiori. Con riferimento alle singole province il confronto 2002-2006 verso 1992-2000, evidenzia:

- Piacenza: è stimato un significativo incremento essenzialmente riferibile agli emungimenti irrigui (in questo caso oltre all'effetto delle condizioni climatiche è valutato anche un incremento delle superfici irrigate con acque di falda); sono valutati sostanzialmente stazionari gli emungimenti civili e in diminuzione quelli industriali;
- Parma: è stimato un apprezzabile incremento dei prelievi connesso agli emungimenti civili e irrigui (per effetto delle condizioni climatiche), mentre i consistenti usi industriali appaiono stazionari;
- Reggio-Emilia: viene valutato un apprezzabile incremento dei prelievi, connesso intermente agli emungimenti irrigui (in questo caso viene stimato un sensibile incremento dei prelievi anche a condizioni climatiche medie), mentre appaiono stazionari gli usi civili e in significativa riduzione quelli industriali;

- Modena: i prelievi vengono stimati sostanzialmente stazionari, ad un sensibile incremento degli emungimenti civili e di quelli irrigui (per effetto delle condizioni climatiche) corrisponde una significativa diminuzione per gli usi stimati per il settore industriale
- Bologna: viene valutata una sensibile diminuzione dei prelievi, essenzialmente riferibile al settore industriale mentre gli emungimenti civili e irrigui appaiono costanti (per questi ultimi l'effetto delle condizioni climatiche maschera la diminuzione delle colture irrigate con acque di falda);
- Ferrara: i prelievi appaiono stazionari, con riferimento agli emungimenti civili si sottolinea peraltro come gli stessi siano riferibili a falde strettamente connesse al fiume Po;
- Ravenna: i prelievi vengono valutati in significativa diminuzione, connessa essenzialmente ad un calo degli emungimenti industriali e, in misura minore, di quelli irrigui;
- Forlì-Cesena: i prelievi complessivi sono indicati in sensibile incremento per effetto dell'aumento degli emungimenti irrigui (connessi alle condizioni climatiche e non ad un incremento delle colture irrigate con acque di falda) mentre stazionari appaiono gli usi civili e industriali;
- Rimini: i prelievi complessivi sono stimati in significativo incremento per effetto del considerevole aumento degli emungimenti civili non compensato dalla modesta diminuzione (in termini di valori assoluti) degli usi industriali.



Estrazione di idrocarburi

Descrizione

L'Emilia-Romagna è una delle regioni maggiormente interessate dall'estrazione di idrocarburi le quali, dopo i prelievi di acque sotterranee, sono tra le principali cause di abbassamento del suolo. Il rapporto causa effetto, tuttavia, non pare verificarsi sempre con le stesse modalità, ovvero l'effetto di subsidenza può essere più o meno evidente, fino ad essere addirittura assente e, in generale, appare circoscritto all'area interessata dal giacimento.

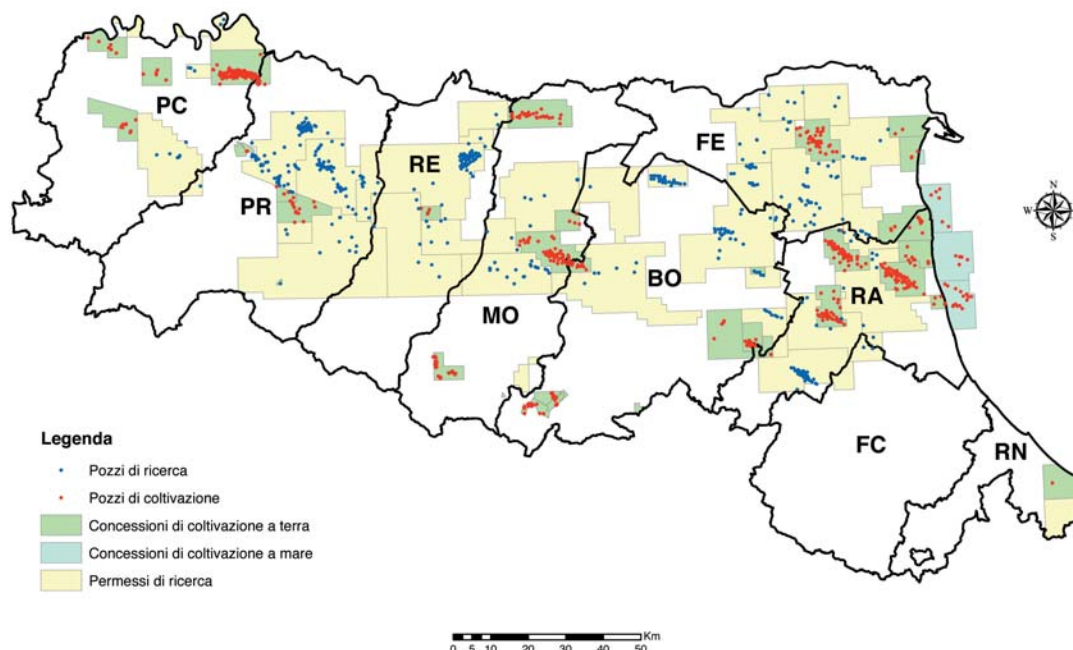
Scopo

Verifica la pressione dell'estrazione di idrocarburi esercitata da ogni concessione di coltivazione.

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	<i>Estrazione di idrocarburi</i>	DPSIR	<i>P</i>
UNITÀ DI MISURA	<i>Milioni di Standard metro cubo*</i>	FONTE	<i>Ministero per lo Sviluppo Economico (Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche)</i>
COPERTURA SPAZIALE DATI	<i>Regione</i>	COPERTURA TEMPORALE DATI	<i>2012</i>
AGGIORNAMENTO DATI	<i>Annuale</i>	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI			
METODI DI ELABORAZIONE DATI			

* Quantità di gas contenuto in un metro cubo a condizioni standard di temperatura (15°) e di pressione atmosferica (1013.25 millibar)



Fonte: Elaborazione Arpa Emilia-Romagna su dati del Ministero dello Sviluppo Economico

Figura 9D.2: Concessioni di coltivazione/ permessi di ricerca e relativi pozzi, attivi sul territorio della regione Emilia-Romagna e in prossimità della sua costa (anno 2012)

Tabella 9D.2: Titoli minerari in terraferma (anno 2012)

REGIONE	PERMESSI			CONCESSIONI			TOTALE
	n.	Superficie (Km ²)	% della superficie regionale	n.	Superficie (Km ²)	% della superficie regionale	% della superficie regionale
Abruzzo	11	3.019,15	28,0%	9	520,26	4,8%	32,8%
Basilicata	11	1.454,83	14,6%	21	2.071,11	20,7%	35,3%
Calabria				3	103,21	0,7%	0,7%
Campania	2	802,90	5,9%				5,9%
Emilia-Romagna	36	7.329,95	33,1%	37	1.741,35	7,9%	41,0%
Friuli-Venezia Giulia				1	0,99	0,0%	0,0%
Lazio	7	3.012,14	17,5%	1	41,14	0,2%	17,7%
Lombardia	14	3.911,61	16,4%	17	988,61	4,1%	20,5%
Marche	8	1.463,40	15,1%	19	1.136,12	11,7%	26,8%
Molise	4	801,53	18,1%	7	336,93	7,6%	25,7%
Piemonte	6	1.919,57	7,6%	1	77,76	0,3%	7,9%
Puglia	1	154,55	0,8%	14	1.207,92	6,2%	7,0%
Sardegna	1	443,00	1,8%				1,8%
Sicilia	6	3.814,16	14,8%	14	596,85	2,3%	17,2%
Toscana	2	389,37	1,7%	2	307,71	1,3%	3,0%
Veneto	1	529,75	2,9%	1	163,33	0,9%	3,8%
TOTALE	94	29.045,91	10,7%	134	9.293,29	3,4%	14,2%

Fonte: Ministero per lo Sviluppo Economico (Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche)

Commento

Al 31 dicembre 2012, risultano vigenti sul territorio italiano 115 permessi di ricerca e 200 concessioni di coltivazione. Le Regioni maggiormente coinvolte nelle attività di esplorazione e produzione idrocarburi in terraferma (tabella 9D.2) sono Emilia-Romagna, Lombardia e Basilicata. In particolare, in Emilia-Romagna sono presenti 36 permessi di ricerca e 37 concessioni di coltivazione con più di 9.000 km² della propria area interessati da permessi e concessioni.

Nel 2012 la produzione di idrocarburi in Italia ha subito un leggero incremento rispetto all'anno precedente, attestandosi su +2% per il gas e +2% per l'olio; l'ultimo decennio è stato caratterizzato da una prima fase di costante calo della produzione, con i valori minimi nell'anno 2009, e da una più recente fase di crescita iniziata nel 2010 per l'olio e nel 2011 per il gas. In Emilia-Romagna, in particolare, la produzione di gas è aumentata del 43% passando da 203 a 291 milioni di Sm³ (MSm³).



Velocità di movimento verticale del suolo

Descrizione

La subsidenza è un fenomeno di abbassamento della superficie terrestre che può essere determinato sia da cause naturali (evoluzione della crosta terrestre, costipamento dei sedimenti) sia da cause antropiche.

La pianura emiliano-romagnola è caratterizzata da un fenomeno di subsidenza naturale, al quale si sovrappone, in diverse aree, un abbassamento del suolo di origine antropica, legato principalmente a eccessivi emungimenti di acque sotter-

ranee e, in misura minore e arealmente più limitata, all'estrazione di gas da formazioni geologiche profonde. L'entità degli abbassamenti dovuti a cause naturali è dell'ordine di alcuni millimetri/anno, mentre la subsidenza antropica può presentare velocità di abbassamento del suolo molto più elevate, variando considerevolmente a seconda delle zone.

Scopo

Evidenziare i movimenti verticali del suolo.

Metadati

NOME DELL'INDICATORE	Velocità di movimento verticale del suolo	DPSIR	S
UNITÀ DI MISURA	Millimetri/anno, percentuale	FONTE	Arpa Emilia-Romagna
COPERTURA SPAZIALE DATI	Regione	COPERTURA TEMPORALE DATI	1992-2000 2002-2006 2006-2011
AGGIORNAMENTO DATI	Annuale	ALTRE AREE TEMATICHE INTERESSATE	
RIFERIMENTI NORMATIVI	L 845/1980		
METODI DI ELABORAZIONE DATI			

Tabella 9D.3: Superfici provinciali suddivise per classi di variazione di velocità di movimento* e relative percentuali, confronto tra il periodo 2002-2006 e il periodo 2006-2011

Classi di variazione di velocità (mm/anno)	SUPERFICI (km²)								
	PC %	PR %	RE %	MO %	BO %	FE %	RA %	FC %	RN %
< -2,5	10 1	37 4	16 2	73 6	132 7	2 0	54 3	36 6	2 1
-2,5 ÷ 2,5	723 92	734 79	700 68	983 76	1140 62	1036 39	843 55	381 65	248 77
> 2,5	55 7	155 17	307 30	245 19	581 31	1592 61	635 41	169 29	71 22
TOTALE	789	927	1023	1301	1852	2630	1532	585	321

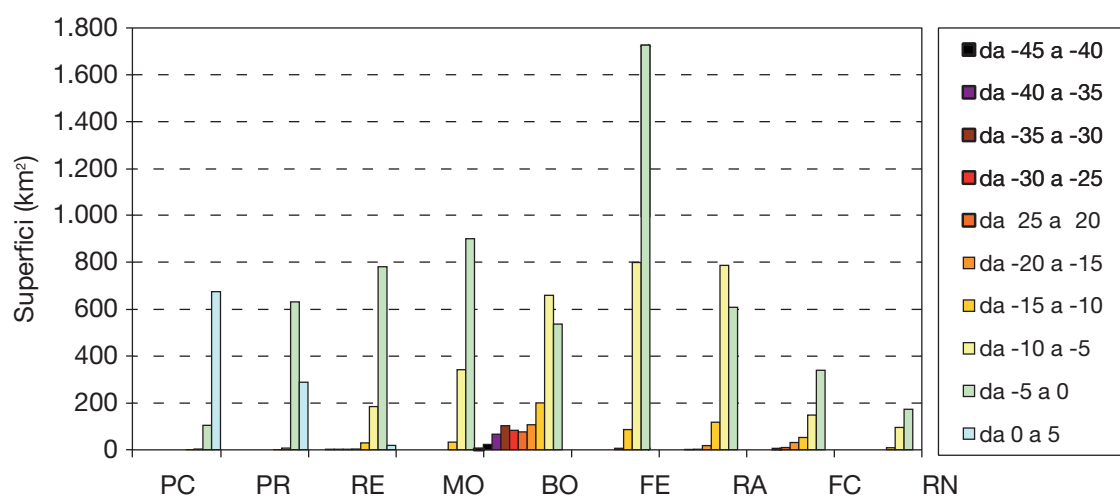
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Nota: * per convenzione il segno “-” indica una variazione con tendenza negativa, ovvero un incremento dell’abbassamento

Tabella 9D.4: Superfici provinciali suddivise per classi di movimento e relative percentuali (2006-2011)

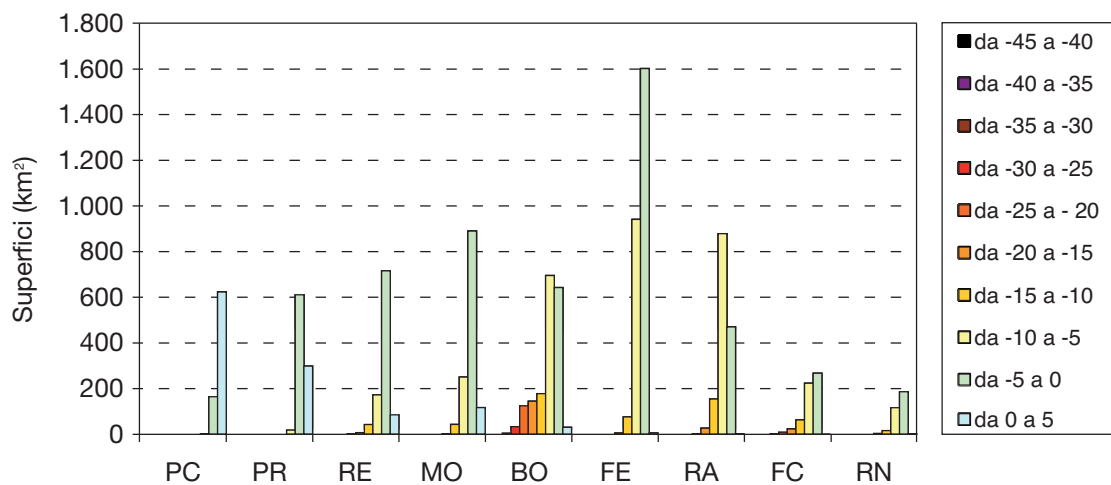
Classi di movimento (mm/anno)	SUPERFICI (km²)																	
	PC	%	PR	%	RE	%	MO	%	BO	%	FE	%	RA	%	FC	%	RN	%
da -35 a -30							0,12	0,01	21,73	1,17								
da -30 a -25							0,29	0,02	54,54	2,95			0,08	0,01				
da -25 a -20					0,14	0,01	1,24	0,10	83,63	4,52			10,53	0,69	0,04	0,01		
da -20 a -15					4,61	0,45	4,53	0,35	121,04	6,54	0,15	0,01	24,63	1,61	4,43	0,76	0,75	0,23
da -15 a -10					26,95	2,64	35,78	2,75	110,52	5,97	10,75	0,43	53,47	3,49	20,48	3,50	7,10	2,18
da -10 a -5					115,96	11,35	190,59	14,65	366,48	19,79	188,38	7,60	317,46	20,72	224,39	38,38	45,34	13,92
da -5 a 0	46,46	5,85	353,73	38,19	567,12	55,49	948,76	72,94	1061,57	57,34	2149,67	86,75	1123,28	73,33	335,38	57,36	272,41	83,65
da 0 a 5	747,49	94,15	572,45	61,81	307,27	30,06	119,40	9,18	31,97	1,73	129,08	5,21	2,36	0,15			0,07	0,02

Fonte: Arpa Emilia-Romagna



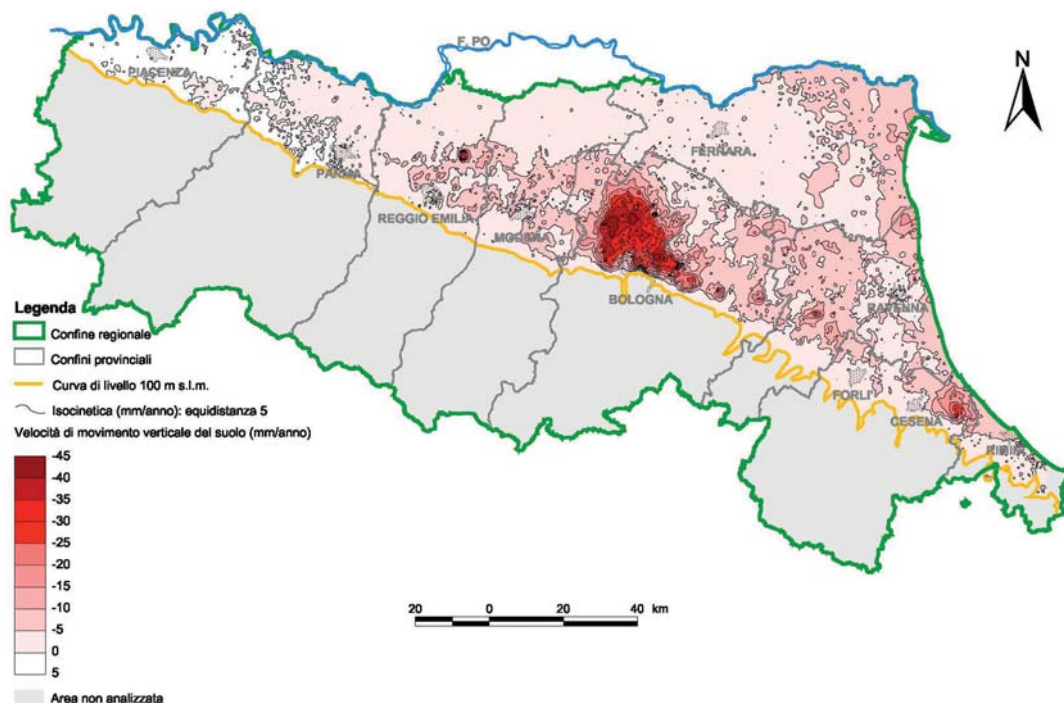
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 9D.3: Periodo 2002-2006 – Istogrammi delle superfici suddivise per classi di movimento



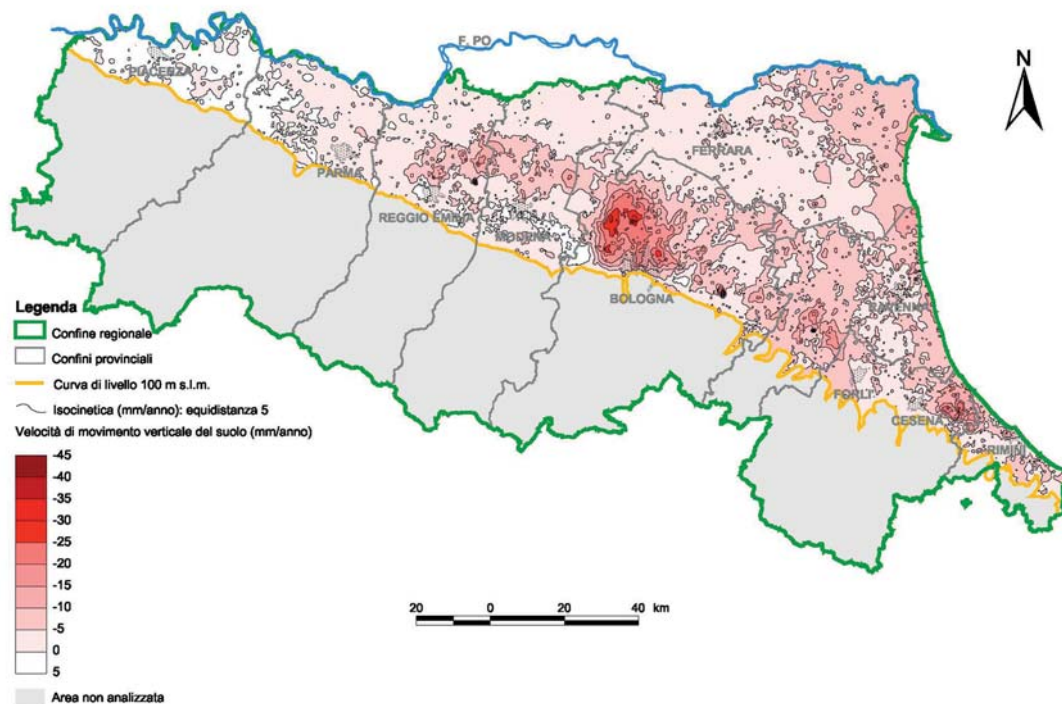
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 9D.4: Periodo 2006-2011 – Istogrammi delle superfici suddivise per classi di movimento



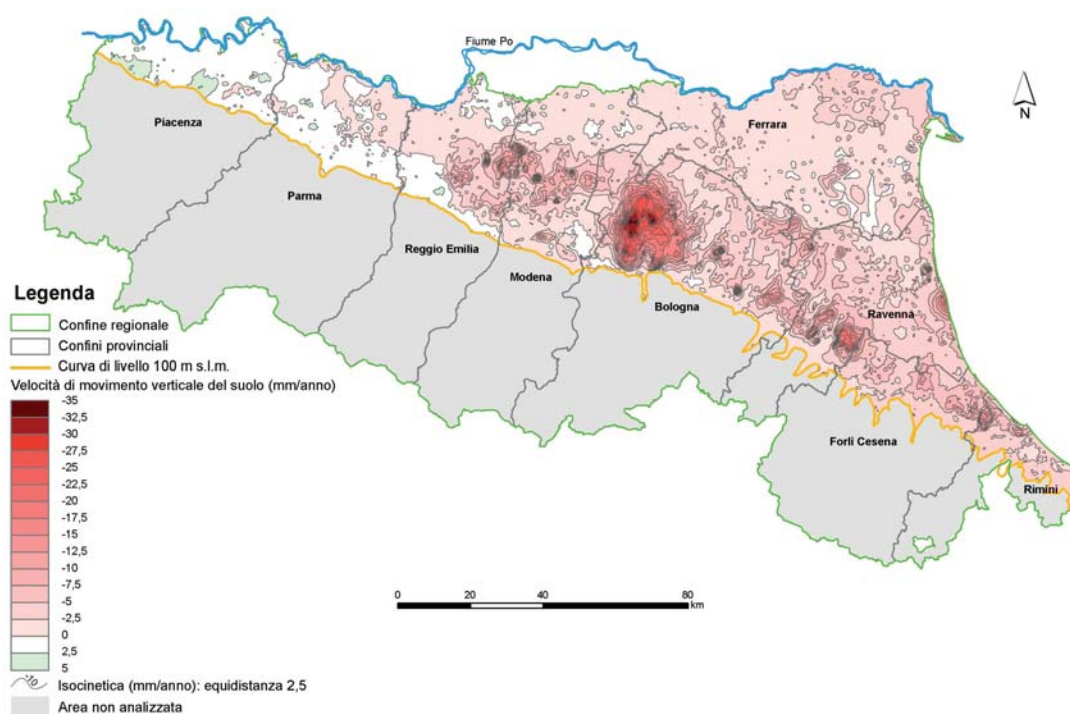
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 9D.5: Carta delle velocità di movimento verticale del suolo (1992-2000)



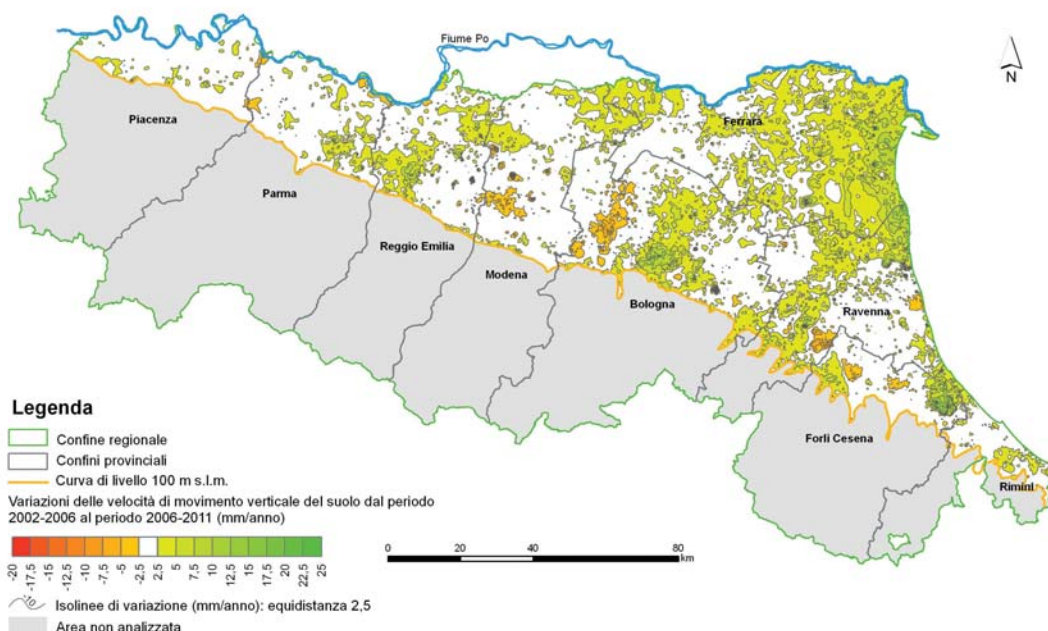
Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 9D.6: Carta delle velocità di movimento verticale del suolo (2002-2006)



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 9D.7: Carta delle velocità di movimento verticale del suolo (2006-2011)



Fonte: Arpa Emilia-Romagna

Figura 9D.8: Carta delle variazioni delle velocità di movimento verticale del suolo dal periodo 2002-2006 al periodo 2006-2011

Tabella 9D.5: Confronto tra le velocità di abbassamento nei periodi 1987-1999, 1999-2005, 2006-2011 e abbassamento complessivo nel periodo 1984-2011 per diverse località costiere

Velocità di abbassamento nel periodo 1987-1999 (mm/anno)	Velocità di abbassamento nel periodo 1999-2005 (mm/anno)	Velocità di abbassamento nel periodo 2006-2011 (mm/anno)	Abbassamento 1984-2011 (cm)	Località
-	9	9		Foce Po di Goro
17	10	8	-37	Goro
11	7	5	-24	Bosco Mesola
13	10	2	-27	Lido delle Nazioni
8	8	3	-19	Portogaribaldi
18	13	2	-38	Dosso degli Angeli
11	10	3	-27	Casalborsetti
15	13	7	-38	Porto Corsini
10	8	5	-25	Marina di Ravenna
11	10	5	-29	Punta Marina
13	15	14	-40	Lido Adriano
12	19	21	-45	Lido di Dante
8	11	11	-28	Foce Bevano
9	10	6	-27	Lido di Savio
9	10	7	-33	Milano Marittima
6	8	5	-25	Pinarella di Cervia
10	9	5	-36	Cesenatico
12	10	6	-35	Gatteo a Mare
9	10	6	-26	Bellaria
2	6	3	-16	Torre Pedrera
6	9	6	-25	Rimini
2	4	4	-10	Cattolica

Fonte: Arpa Emilia-Romagna

LEGENDA: relativamente al periodo 2006-2011, in rosso è evidenziata la velocità in aumento e in verde quella in diminuzione rispetto al periodo precedente

Rispetto al rilievo precedente (2002-06), il 62% del territorio analizzato non presenta variazioni di tendenza significative, mentre una tendenza alla riduzione degli abbassamenti si evidenzia per il 35% della superficie e, un'accentuazione del fenomeno subsidenziale (3%) è presente soprattutto nel Modenese, Bolognese, Ravennate e Forlivese.

Nella tabella 9D.3 per ciascuna provincia, sono riportate le superfici (km² e %) relative alle variazioni di velocità di movimento tra il periodo 2002-06 ed il periodo 2006-11 raggruppate in 3 classi principali: la prima è relativa alle superfici interessate da variazioni con tendenza negativa (incremento dell'abbassamento), la seconda è relativa alle superfici interessate da variazioni comprese tra 0 e ± 2.5 mm/anno (indice di una sostanziale continuità tra i due periodi) e la terza è relativa alle superfici interessate da variazioni con tendenza positiva (riduzione dell'abbassamento).

Nella tabella 9D.4 sono riportate, per ogni provincia, le superfici, e relative percentuali, suddivise per classi di velocità di movimento del suolo relative al periodo 2006-2011. In figura 9D.3 e figura 9D.4, per ogni provincia, sono visualizzate tramite istogrammi le superfici suddivise per classi di velocità di movimento del suolo relative rispettivamente al periodo 2002-2006 e al periodo 2006-2011.

Nella provincia di Piacenza si conferma la situazione di sostanziale stabilità già evidenziata nel periodo precedente. Anche il territorio parmense si conferma sostanzialmente stabile con un ulteriore decremento degli abbassamenti sulla città di Parma che presenta ora movimenti nulli; nella media e bassa pianura parmense si evidenziano abbassamenti di 2-3 mm/anno a nord-est del capoluogo. Un leggero incremento rispetto al passato si nota solo lungo una fascia molto limitata di territorio prospiciente il F. Po, tra Sacca e Mezzano Inferiore, in cui i valori, precedentemente nulli, sono ora sostituiti da qualche mm/anno di abbassamento.

Nella provincia di Reggio si alternano aree senza variazioni rispetto al passato (quasi il 70% del territorio) con aree che presentano riduzioni degli abbassamenti oltre i 5 mm/anno (30%), quest'ultimo caso è particolarmente evidente nella medio-alta pianura ad ovest del capoluogo e nella bassa pianura tra S. Giacomo, Novellara, Rio Saliceto e Reggiolo: in entrambe le aree si evidenziano ora movimenti nulli. Alcune aree in abbassamento invece sono presenti tra Reggio e Bagnolo in Piano con massimi di circa 15 mm/anno e in corrispondenza di San Prospero e di Correggio con massimi di circa 20 mm/anno. Un'altra area in abbassamento si nota nel territorio compreso tra la via Emilia e l'autostrada,

verso il confine con la provincia di Modena, con valori medi di 5 mm/anno e massimi di oltre 10 mm/anno in corrispondenza di Rubiera.

Nella provincia di Modena, gran parte del territorio non presenta variazioni rilevanti rispetto al passato: in generale, è la media pianura modenese ad essere più interessata dagli abbassamenti con valori compresi tra 5 e 10 mm/anno e alcuni massimi in corrispondenza dell'area artigianale a nord di Bomporto con oltre 15 mm/anno e di Ravarino con oltre 10 mm/anno. Emergono, tuttavia, anche alcuni incrementi subsidenziali in corrispondenza dell'area artigianale ad ovest di Carpi, con valori massimi di circa 30 mm/anno e in corrispondenza dell'area artigianale a sud di Soliera, con valori massimi di oltre 35 mm/anno. Un aumento degli abbassamenti, seppure più modesto rispetto ai 2 precedenti, si evidenzia anche a ridosso della via Emilia, su un'areale esteso che, comprendendo la parte ovest della città di Modena, si spinge fino a Campogalliano ed entra nel Reggiano fino a Rubiera: i valori si aggirano mediamente intorno a 5 mm/anno. Si nota, invece, una riduzione degli abbassamenti a nord di Carpi in continuità con l'areale corrispondente di Rio Saliceto già evidenziato per il territorio reggiano.

La provincia di Bologna è storicamente la più subsidente e tuttora conserva questo primato, sebbene già da alcuni decenni sia in atto una progressiva diminuzione degli abbassamenti, messa in luce anche dal presente rilievo per un'area pari ad oltre il 30% del territorio di pianura. Per tale area si notano riduzioni importanti: fino a 10 mm/anno di variazione. Si evidenziano tuttavia anche aree in continuità rispetto al periodo precedente (pari ad oltre il 60%) ed aree che presentano un'inversione di tendenza (pari al 7%) anche se con un aumento degli abbassamenti abbastanza contenuto: variazione massima di 5 mm/anno.

In particolare, è ancora presente, seppure ridotta rispetto al passato, un'ampia area di depressione di oltre 500 km². Il confine di tale area a sud lambisce Zola Predosa e attraversa la città di Bologna fino a Castenaso; a ovest, passa per Ponte Samoggia, S. Giovanni in Persiceto e S. Matteo della Decima, a nord tocca Pieve di Cento e ad est coincide con i centri di S. Giorgio di Piano, Minerbio, Granarolo e Castenaso. In quest'area, che presenta una subsidenza media di circa 15 mm/anno, si distinguono, in particolare, alcuni coni di depressione piuttosto pronunciati: Sala Bolognese e Lavino di Sotto con massimi di circa 35 mm/anno; la zona artigianale tra Lavino di Mezzo e Anzola dell'Emilia con un massimo di 30 mm/anno (entrambe queste zone presentano un aumento degli abbassamenti rispetto al precedente rilievo); la cassa di espansione a ridosso del F. Reno nei

pressi di Malacappa con circa 35 mm/anno; Castello d'Argile con oltre 30 mm/anno e Castelmaggiore con oltre 20 mm/anno; in quest'ultima area, in particolare, diversamente dalle altre, si evidenzia come, nell'ultimo anno e mezzo, la subsidenza si sia sostanzialmente azzerata. Si ricorda che l'area di Castelmaggiore è stata negli ultimi circa 60 anni una delle più subsidenti, avendo perso dal 1950 al 2005 oltre 3 m di quota.

All'esterno di quest'ampia area subsidente sono presenti altri due coni di depressione significativi, seppure arealmente molto limitati: uno in corrispondenza di Budrio, con massimi di oltre 25 mm/anno, e un altro in corrispondenza della zona industriale Ca' Bianca ad ovest di Castel San Pietro con massimi di oltre 30 mm/anno, entrambi in aumento rispetto al passato; adiacente a quest'ultima zona, in corrispondenza dell'area artigianale Poggio Piccolo, si evidenzia invece una forte riduzione della subsidenza con valori attuali tra 5 e 10 mm/anno laddove prima erano presenti valori massimi oltre i 30 mm/anno.

Nel centro di Bologna (all'interno dei viali di circonvallazione) continua il trend di riduzione degli abbassamenti che, mediamente, risultano ora intorno a 3 mm/anno.

Nella provincia di Ferrara si evidenzia, per oltre il 60% della superficie, una diminuzione degli abbassamenti che mediamente si attestano intorno a 2 mm/anno. In sostanza tutto il territorio è esente da abbassamenti significativi. Approssimandosi al Delta del Po, com'è naturale, si nota una leggera accentuazione del fenomeno di qualche mm/anno. I valori massimi, di oltre 10 mm/anno, si toccano solo in corrispondenza dello Scanno di Goro, nell'estrema propaggine sud del Delta.

La provincia di Ravenna non presenta, per il 55% della superficie, variazioni significative rispetto al precedente rilievo, mentre oltre il 40% del territorio evidenzia una riduzione degli abbassamenti che, mediamente, si attestano intorno a 4 mm/anno. Si notano, però, anche alcune eccezioni come la storica depressione in corrispondenza della foce dei Fiumi Uniti, con massimi di oltre 20 mm/anno e il Faentino: la città di Faenza, è pressoché esente da abbassamenti significativi, tuttavia si trova contornata da due ampie aree subsidenziali, complessivamente di oltre 200 km² con un abbassamento medio di circa 10 mm/anno: la prima, ad ovest della città, inizia sulla via Emilia, abbraccia il corso del T. Senio e si spinge verso nord sino a toccare Lugo e Cotignola, con massimi di 15 mm/anno, uno a sud dell'autostrada ed un altro all'altezza di San Severo; la seconda area, ad est della città, inizia sulla via Emilia, si estende verso nord tra il F. Lamone ed il F. Montone sino a comprendere Cotignola e lambire Russi, ad est sconfina nel Forlivese toccando Villanova e

Villafranca di Forlì; tale area presenta abbassamenti massimi di circa 25 mm/anno. Oltre al Faentino, sono da notare anche altri due coni di depressione, molto più piccoli e circoscritti rispetto ai precedenti, in corrispondenza della zona industriale Bacino Trattaroli, ad ovest di Marina di Ravenna e di una zona a nord di Conselice con massimi di oltre 15 mm/anno. La città di Ravenna presenta abbassamenti massimi intorno a 2-3 mm/anno.

Nella provincia di Forlì-Cesena si evidenziano abbassamenti medi di circa 5 mm/anno. Continua la tendenza alla riduzione degli abbassamenti nell'area a nord di Gambettola e Savignano sul Rubicone, in cui si notano abbassamenti medi tra 5 e 10 mm/anno e massimi di circa 20 mm/anno localizzati in prossimità di San Mauro Pascoli. Una leggera accentuazione del fenomeno si nota invece in un'area a nord di Cesena con abbassamenti massimi di oltre 10 mm/anno. La città di Forlì presenta abbassamenti medi di circa 5 mm/anno.

Nella provincia di Rimini circa l'80% del territorio non presenta variazioni di tendenza significative e, per il rimanente, si registra una riduzione degli abbassamenti che ora si attestano mediamente a poco meno di 4 mm/anno. Nella città di Rimini, in corrispondenza del litorale a sud del molo, si notano abbassamenti medi di circa 6-7 mm/anno e qualche massimo fino a 9 mm/anno, con un leggero incremento verso l'entroterra, ove si raggiungono anche valori superiori ai 10 mm/anno. Abbassamenti massimi di circa 15 mm/anno sono presenti a ridosso del confine con il territorio di Savignano sul Rubicone.

Osservando infine il litorale nel suo complesso, si evidenzia una prevalente tendenza alla diminuzione degli abbassamenti. Ciò è particolarmente evidente per tutto il litorale ferrarese e in parte ravennate, almeno sino a Marina di Ravenna, con abbassamenti generalmente di pochi mm/anno. Approssimandosi al Delta del Po, si notano abbassamenti di poco superiori che raggiungono un massimo in corrispondenza dello Scanno di Goro di oltre 10 mm/anno. In corrispondenza di Porto Corsini - Marina di Ravenna si osservano abbassamenti di circa 5 mm/anno. Anche l'area di depressione storicamente localizzata nella zona di Dosso degli Angeli - Foce Reno appare ora priva di movimenti significativi.

Persiste invece nel litorale ravennate un'ampia area di subsidenza che interessa il paraggio costiero da Lido Adriano fino ad oltre la Bocca del T. Bevano, con un massimo di oltre 20 mm/anno in corrispondenza della foce dei Fiumi Uniti ed un'estensione massima verso l'entroterra di circa 5 km: l'area presenta valori con qualche leggero incremento rispetto al precedente rilievo ma, soprattutto, appare ora meglio definita grazie alla

maggior quantità di dati resi disponibili dal nuovo algoritmo utilizzato per l'analisi interferometrica. Il rimanente litorale ravennate presenta invece una riduzione degli abbassamenti con valori attuali fino a circa 5 mm/anno che si confermano anche più a sud tra Cesenatico e Bellaria. Da Bellaria a Rimini gli abbassamenti si riducono ulteriormente fino a 2-3 mm/anno. Il litorale riminese, a sud del molo, presenta valori massimi di 8-9 mm/anno per un tratto di circa 1 km che si riducono però rapidamente ad alcuni mm/anno lungo tutto il litorale fino a Cattolica.

Il litorale nella sua interezza presenta un abbassamento medio, relativamente ad una fascia di 5 km verso l'entroterra, di circa 4 mm/anno, sostanzialmente dimezzato rispetto al periodo precedente. Nella tabella 9D.5 sono riportate le velocità di abbassamento nei 3 periodi 1987-1999, 1999-2005, 2006-2011 e l'abbassamento totale nel periodo 1984-2011 per diverse località costiere da Cattolica sino alla foce del Po di Goro. Per ciascuna località è stato scelto un caposaldo di livellazione che pre-

sentasse una serie storica continuativa a partire dal primo rilievo del 1984¹; L'abbassamento totale è stato calcolato aggiornando la quota di ogni caposaldo al 2011 tramite la velocità di abbassamento desunta dai risultati dell'analisi interferometrica. Come si può osservare, nel periodo più recente, prevale nettamente la tendenza alla riduzione degli abbassamenti, fatta eccezione per il paraggio di Lido di Dante (foce Fiumi Uniti) che presenta anche il valore più alto dell'intero arco costiero con 21 mm/anno. Per quanto riguarda gli abbassamenti complessivi dal 1984 al 2011, ancora Lido di Dante appare la località più subsidente (45 cm) insieme al limitrofo Lido Adriano (40 cm), seguono Dosso degli Angeli (foce F. Reno) e Porto Corsini con 38 cm.

¹ L'unica eccezione è il caposaldo 140181 alla foce del Po di Goro istituito nel 1993 e quindi mancante delle misure 1984 e 1987

Riferimenti

Autori

Flavio BONSIGNORE ⁽¹⁾, **Daniele CRISTOFORI** ⁽¹⁾, **Giacomo ZACCANTI** ⁽¹⁾

⁽¹⁾ ARPA DIREZIONE TECNICA

Bibliografia

1. Bitelli G., Bonsignore F., Unguendoli M. (1997): *Progetto di una rete per il controllo della subsidenza nella regione Emilia Romagna*. Atti della 1^a Conferenza Nazionale ASITA, Parma, 30 sett.-3 ott., 117-130
2. Benedetti G., Draghetti T., Bitelli G., Unguendoli M., Bonsignore F., Zavatti A. (2000): *Land Subsidence in Emilia-Romagna Region, Northern Italy*. Proceedings of the Sixth International Symposium on Land Subsidence, Ravenna, Italy, September 24-29. Padova, La Garangola, Vol. I, 61-76
3. Bonsignore F. (2003): *Il monitoraggio della subsidenza in Emilia-Romagna*, in *Acqua, suolo, clima: conoscere per governare*, Bologna, Labanti & Nanni, 13-20
4. Bonsignore F. (2008): *Il monitoraggio in Emilia-Romagna*. In "Il monitoraggio della subsidenza, esperienze a confronto", Supplemento Arpa Rivista, XI (1), 12-13.
5. Regione Emilia-Romagna – Arpa Emilia-Romagna (2008): *Analisi preliminare degli effetti dei prelievi di acque sotterranee sulla evoluzione recente del fenomeno della subsidenza in Emilia-Romagna*. Relazione Finale
6. Bissoli R., Bitelli G., Bonsignore F., Rapino A., Vittuari L. (2010): *Land Subsidence in Emilia-Romagna Region, Northern Italy: recent results*. Proceedings of the Eight International Symposium on Land Subsidence, Queretaro (Mexico), 17-21 October, IAHS Publ. no. 339, 307-311
7. Regione Emilia-Romagna – Arpa Emilia-Romagna (2012): *Rilievo della subsidenza nella pianura emiliano-romagnola, Seconda Fase*. Relazione Finale.
8. Bitelli G., Bonsignore F., Del Conte S., Pellegrino I., Vittuari L. (2012): *Subsidence Monitoring at Regional Scale in Emilia-Romagna*. Proceedings of 7th European Congress on Regional Geoscientific Cartography and Information Systems, Bologna, June 12-15, 740-741
9. Ministero dello Sviluppo Economico (2013): *Rapporto annuale 2013, Attività dell'anno 2012*. Roma, Direzione Generale per le Risorse Minerarie ed Energetiche

Sitografia

Arpa Emilia-Romagna – Subsidenza: <http://www.arpa.emr.it/index.asp?idlivello=1414>