



# IMPATTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SUL TERRITORIO FISICO REGIONALE

**Studio sullo stato di fatto concernente la conoscenza  
d'insieme del territorio fisico regionale per la  
valutazione degli impatti dovuti ai cambiamenti  
climatici.**



REGIONE AUTONOMA  
FRIULI VENEZIA GIULIA

direzione centrale ambiente ed energia



dipartimento  
di matematica  
e geoscienze



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DI TRIESTE

#### A CURA DI:

Annelore Bezzi, Chiara Boccali, Chiara Calligaris, Renato R. Colucci, Franco Cucchi, Furio Finocchiaro, Giorgio Fontolan, Davide Martinucci, Simone Pillon, , Philippe Turpaud, Enrico Zavagno, Luca Zini (Dipartimento di Matematica e Geoscienze, Università degli Studi di Trieste).

Giovanni Toffolon (Geologo, libero professionista)

#### RESPONSABILE DEL PROGETTO:

Roberto Schak

Direzione centrale ambiente ed energia

Vicedirettore centrale

Direttore dell'Area tutela geologico-idrico-ambientale

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

#### REFERENTI TECNICI:

Fabrizio Fattor, Chiara Piano, Giancarlo Massari, Fabrizio Kranitz

#### ARCHIVI FOTOGRAFICI:

Foto in copertina: Annelore Bezzi, Simone Pillon, Philippe Turpaud, Enrico Zavagno

Foto all'interno: Luca Zini, Davide Martinucci

#### STAMPA:

Centro stampa regionale

Servizio logistica, digitalizzazione e servizi generali

Direzione centrale autonomie locali e coordinamento delle riforme

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

Copyright© 2015

Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia

## Indice

Scopo del lavoro .....	3
1. Il cambiamento climatico .....	5
2. Come sta cambiando il clima in Friuli Venezia Giulia .....	7
3. Gli impatti sul sistema idrico superficiale .....	9
4. Gli impatti sulle risorse idriche sotterranee .....	11
5. Gli impatti sul regime idrogeologico.....	13
6. Gli impatti sulle zone costiere .....	15
7. Gli impatti sulla geodiversità.....	17
Bibliografia .....	19

## Scopo del lavoro

Accanto alla diffusa percezione di un cambiamento climatico in atto e a una maggiore ricorrenza di fenomeni idrogeologici catastrofici a esso imputabili, vi è la necessità di analizzare il fenomeno dal punto di vista scientifico, basandosi quindi su una buona conoscenza del clima e del territorio che ne è interessato, a partire da serie di dati quanto più possibili accurati e completi.

Il clima influisce su differenti aspetti geomorfologici e geo-idrologici, in particolare su alcuni fortemente variabili a breve scala temporale o episodica, come le piene e le frane, ma anche su quelli a scala un po' più lunga, come la disponibilità di risorse idriche sotterranee o la possibilità di inondazione da parte del mare.

Vi è in questo campo una duplice esigenza: da un lato la necessità di inquadrare il fenomeno climatico a livello globale per stabilire le tendenze in atto e i loro legami con le cause antropiche, basandosi sul confronto di una mole di dati quanto più possibile vasta e diffusa e sull'elaborazione di modelli complessi in grado di descrivere queste variazioni e le loro relazioni. Dall'altro lato è necessario effettuare un processo di regionalizzazione e di localizzazione delle conoscenze che è indissolubilmente legato al monitoraggio e alla conoscenza di un determinato territorio nelle sue peculiarità. Non sempre questi dati sono disponibili a causa della mancanza di adeguate risorse da impiegare nelle reti di monitoraggio istituzionali o per la ricerca scientifica e non sempre, infine, studi e monitoraggi sono pianificati e coordinati in maniera corretta e i dati che ne derivano sono resi adeguatamente disponibili.

La necessità di lavorare a scala regionale e locale è resa evidente dall'esigenza di attuare politiche di adattamento al cambiamento climatico che devono tener conto di ogni aspetto del territorio: fisico, geologico, naturalistico e non da ultimo socio-economico.

Scopo di questo lavoro è fornire un inquadramento dello stato delle conoscenze in Friuli Venezia Giulia sui possibili impatti del cambiamento climatico sul sistema geomorfologico e idrogeologico e di fornire alcuni elementi per la definizione di strategie di adattamento di cui tener conto per una corretta pianificazione regionale e locale.

I cambiamenti climatici con la loro complessa interazione con la geosfera richiederanno infatti sempre più spesso di intervenire in maniera appropriata e accuratamente progettata per pianificare e realizzare una corretta politica di gestione del territorio. Quest'ultima dovrà necessariamente trovare solide basi nelle conoscenze scientifiche attuali, ma anche essere caratterizzata da un forte e continuo legame con le informazioni derivanti dal monitoraggio del territorio, e da una inevitabile capacità di adattarsi nel tempo, in dipendenza dalla variabilità e dall'incertezza che accompagna l'evoluzione del clima.



Foto: Luca Zini

# 1. Il cambiamento climatico

Il dibattito sul riscaldamento globale è di fatto cessato da molti anni all'interno del mondo scientifico in quanto vi è ormai pieno accordo sul fatto che esso sia inequivocabile. Dal 1950 molti dei cambiamenti osservati sono senza precedenti su scala millenaria. La causa principale è individuata nell'aumento in atmosfera delle concentrazioni di "gas serra" di origine antropica, prima fra tutti l'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>).

Il rapporto più recente dell'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) fornisce la stima più aggiornata delle modificazioni climatiche intervenute a partire dall'epoca industriale e propone diversi scenari previsionali per il XXI secolo. Ciascuno scenario si basa su un'ipotesi di mitigazione dell'alterazione climatica, indotta da diverse possibili strategie globali per ridurre la produzione di CO<sub>2</sub> e di altri gas responsabili dell'effetto serra.

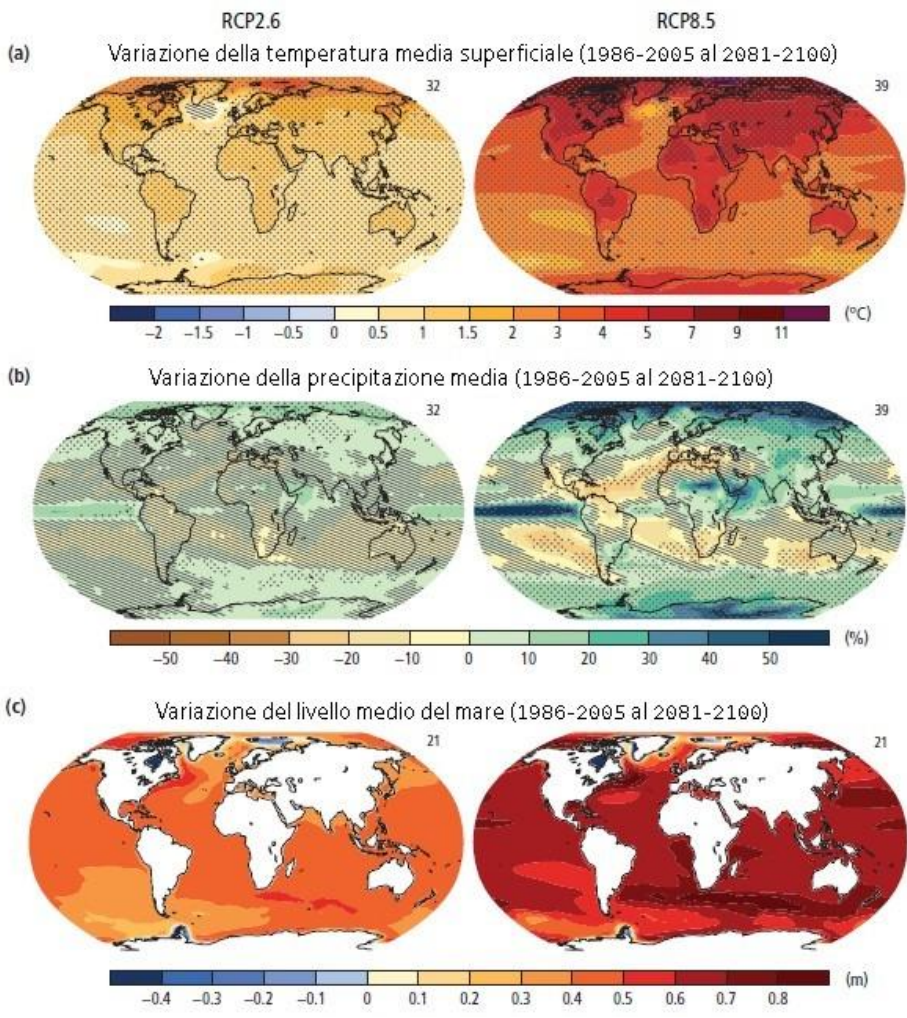
La principale conseguenza dell'effetto serra sul clima è il progressivo riscaldamento dell'atmosfera e degli oceani, che appare inequivocabile e sostenuta da molti dati scientifici indipendenti.

All'aumento della temperatura media globale della superficie terrestre e degli oceani di 0,85 °C per il periodo 1880 – 2012, corrisponde una previsione in aumento per la fine del XXI secolo, con valori compresi tra 0,3 e 4,8 °C a seconda gli scenari di emissione di gas serra.

Un progressivo innalzamento del livello del mare a livello globale risulta direttamente dipendente dall'aumento di temperatura e viene anch'esso quantificato con un buon grado di affidabilità grazie a differenti serie di misure mareografiche distribuite in tutto il mondo. Anche gli scenari di previsione sono concordi su un innalzamento futuro del livello del mare pur con una entità che si colloca entro un intervallo di valori piuttosto ampio. Una corretta interpretazione di questi scenari comprende anche la valutazione dei movimenti del suolo legati ai processi geologici regionali e locali che possono condizionare in modo significativo la sua reale entità.

La valutazione della variazione di altri parametri climatici come l'entità delle precipitazioni, la frequenza e l'intensità di eventi estremi appare più difficile e controversa.

In ogni caso l'adattamento al cambiamento climatico coinvolge differenti livelli e tipologie di monitoraggio, di pianificazione e di gestione politica, in settori quali la pianificazione urbana, la protezione civile, i piani di emergenza, l'approvvigionamento idrico, la salute, l'agricoltura, l'ambiente, le infrastrutture tecnologiche.



Scenari futuri (2081- 2100) per le variabili climatiche temperatura (a), precipitazioni (b), livello del mare (c) secondo il report più recente dell'IPCC (2014). Vengono proposti due possibili scenari di riferimento: il più ottimistico (RCP2.6) e il più pessimistico (RCP8.5) tra quelli ipotizzati in base a diversi livelli di intervento mitigativo delle emissioni di gas serra.

## 2. Come sta cambiando il clima in Friuli Venezia Giulia

La capacità di monitoraggio del clima in Friuli Venezia Giulia è garantita dalle reti meteorologiche dell'OSMER-ARPA e della Protezione Civile della Regione. Sono tuttora attivi, inoltre, due osservatori con serie secolari a Trieste e Udine. Essi rappresentano un patrimonio da salvaguardare per l'importanza che rivestono nel monitoraggio dei cambiamenti climatici a scala plurisecolare.

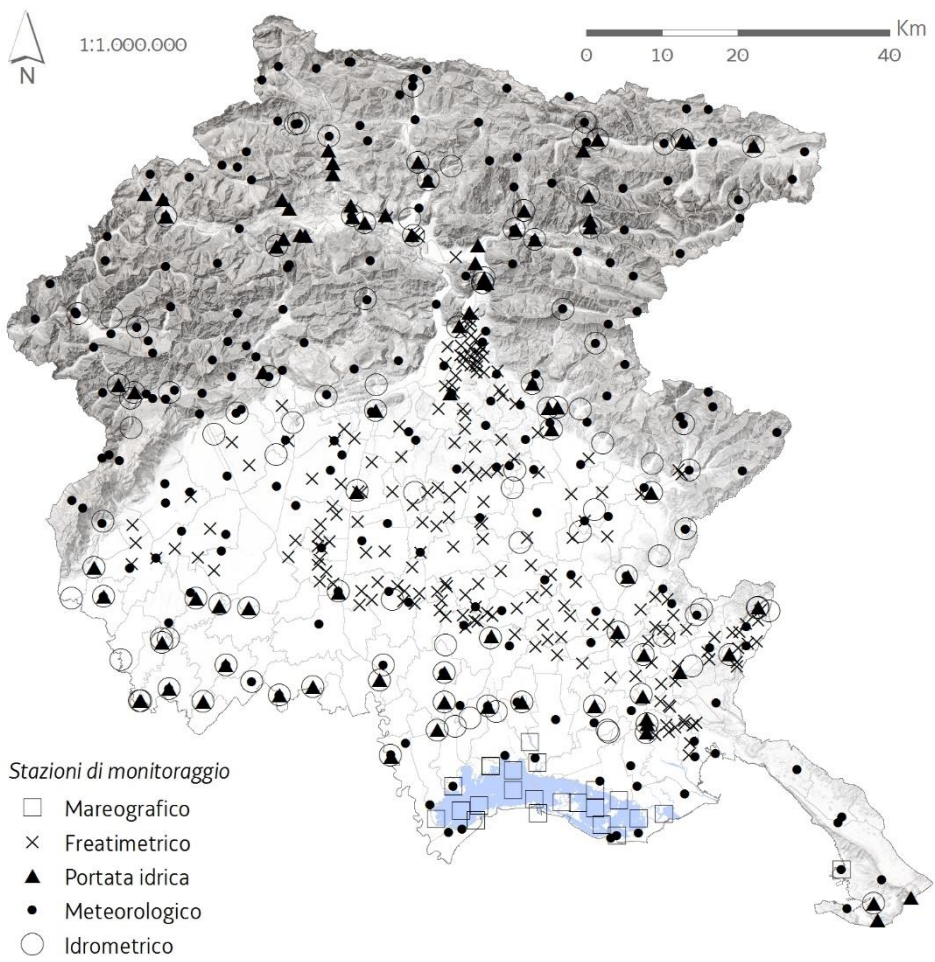
Secondo i dati di monitoraggio il Friuli Venezia Giulia si allinea al trend globale di riscaldamento, ma con un aumento della temperatura media annua compreso tra 1,5°C e 2,0°C, doppio rispetto a quello medio globale. Questo è vero sia per le stazioni di pianura e di costa, così come per quelle di montagna, anche ad alta quota. Il riscaldamento maggiore si è verificato in primavera ed estate, in misura minore d'inverno. Il dato è ulteriormente avvalorato dal forte aumento delle giornate con temperatura massima superiore ai 30°C che, in alcune zone del territorio, sono passate da circa 35°C a quasi 50°C dopo l'anno 2000. I mesi autunnali, invece, non sembrano evidenziare trend significativi.

La temperatura media annua è aumentata di circa 0,1°C per decennio dal 1851, ma negli ultimi 20 anni l'aumento è stato particolarmente intenso e quantificabile in 0,7°C. I quattro anni più caldi della storia climatologica documentata della nostra regione sono compresi nell'ultimo decennio.

Molto più debole e contraddittorio è il segnale delle precipitazioni. Pur indicando una generale debole diminuzione nei quantitativi annui totali, non mostrano un trend rilevante e significativo, anche se le serie storiche bisecolari indicherebbero una certa diminuzione, stimata attorno al 10%. Si nota sicuramente una maggiore variabilità dopo il 2000, con il susseguirsi di annate o stagioni piuttosto siccitose e di altre molto piovose.

Di rilievo la tendenza osservata nelle registrazioni degli ultimi 50 anni, di una riduzione nell'ultimo ventennio delle precipitazioni nel primo semestre dell'anno e contestuale aumento nel periodo settembre-dicembre. Alcuni modelli previsionali applicati alla regione avvalorerebbero questo segnale, prevedendo una modificazione del regime pluviometrico con incremento delle precipitazioni invernali dal 10% al 25% entro il 2100.





Principali elementi della rete di monitoraggio climatico in Friuli Venezia Giulia, gestiti da differenti enti: Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Dir. centr. ambiente ed energia, CNR ISMAR, ISPRA, Protezione Civile della Regione.

### 3. Gli impatti sul sistema idrico superficiale

La Regione Friuli Venezia Giulia è caratterizzata da un'estesa e complessa rete idrografica superficiale articolata in diversi bacini. Il rischio idraulico è determinato sia dalle possibili alluvioni provocate dalle piene della rete idrografica, che dalle possibili difficoltà di smaltimento delle acque meteoriche locali.

I PAI (Piani per l'Assetto Idrogeologico) sono gli strumenti di pianificazione che individuano le aree a differente grado di pericolosità idraulica e idrogeologica e forniscono le regole attraverso le quali perseguire gli obiettivi generali di prevenzione.

In riferimento alle possibili forzanti di cambiamento climatico quali temperatura, piovosità e umidità specifica, si ritiene che si possano individuare almeno tre differenti scenari di criticità riguardanti la rete idrografica regionale.

In primo luogo un potenziale aumento degli episodi siccitosi durante l'estate con conseguente minore disponibilità d'acqua nei corpi idrici superficiali e ricadute sulla rete irrigua agricola e idropotabile.

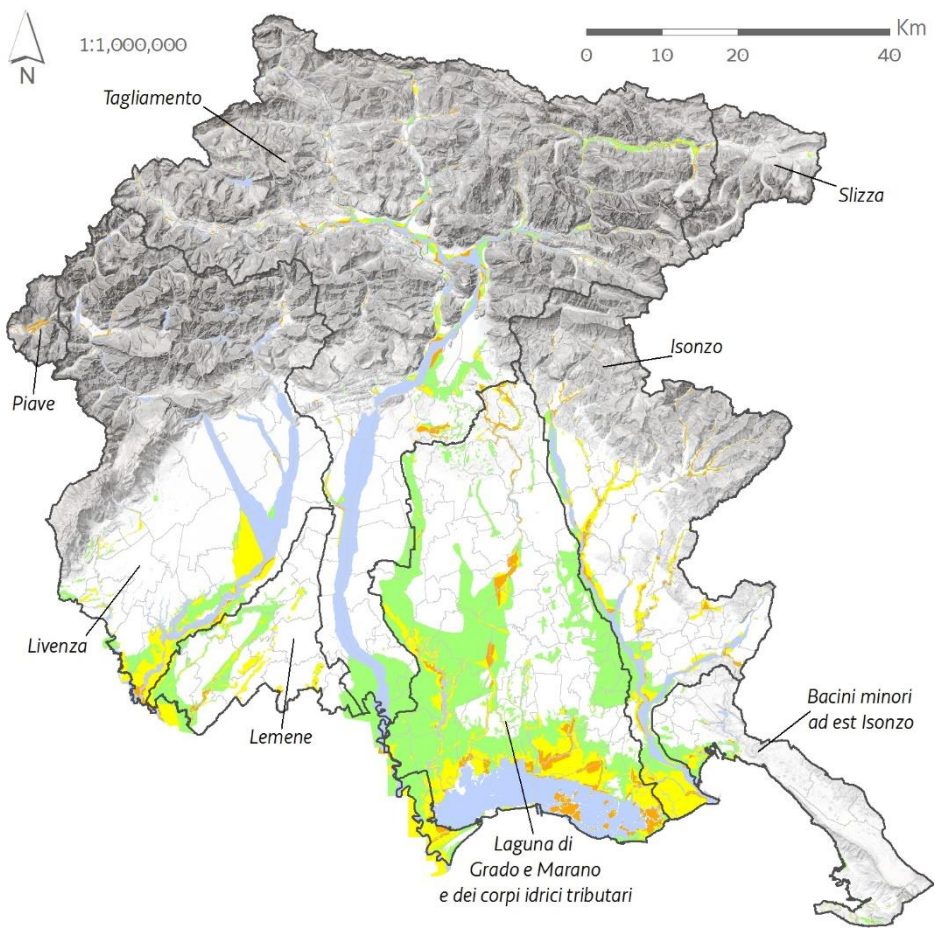
In secondo luogo un aumento degli episodi di precipitazioni estreme con corrispondenti ripercussioni sull'idrografia superficiale, soprattutto nei piccoli bacini idrografici montani e nelle zone soggette a scolo meccanico.

Infine un aumento degli episodi di piena significativi potenzialmente pericolosi, con una riduzione dei tempi di ritorno per gli eventi di piena di una certa magnitudo e quindi un incremento del livello di pericolosità idraulica nelle aree già individuate dai PAI.

La mitigazione di questi fenomeni comporterà l'esigenza di una migliore gestione della rete irrigua e idropotabile, di un ampliamento della rete di monitoraggio, della modellizzazione idraulica in tempo reale, di un'implementazione dei sistemi di allertamento precoce della popolazione e la correzione degli strumenti di pianificazione quali i PAI.

Non meno importante è il ruolo e l'approccio che le pubbliche amministrazioni devono avere nella futura pianificazione del territorio, attraverso la modifica delle normative di settore. La pianificazione e l'approccio alla progettazione dovranno affrontare importanti sfide culturali e professionali, tese ad applicare i concetti di invarianza idraulica, primi fra tutti la riduzione o quantomeno il contenimento dell'impermeabilizzazione e artificializzazione del territorio.

Solo tali approcci possono incidere significativamente, in qualsiasi scenario futuro, sull'aumento dei tempi di corrivazione con benefici generalizzati su ampie porzioni di territorio.



□ Bacini idrografici amministrativi

PAI (Piani d'Assetto Idrogeologico)

- F - Aree fluviali
- P1 - Pericolosità idraulica moderata
- P2 - Pericolosità idraulica media
- P3 - Pericolosità idraulica elevata

Fonte: Piani d'Assetto Idrogeologico - Autorità di bacino dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione e Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Dir. centr. ambiente ed energia, Serv. difesa del suolo.

## 4. Gli impatti sulle risorse idriche sotterranee

Le acque sotterranee sono le acque immagazzinate sotto la superficie terrestre e contenute nei vuoti fra le particelle dei sedimenti e/o nelle fratture delle rocce. Nella nostra regione, la quasi totalità delle acque utilizzate a uso potabile e a fini agricoli e industriali provengono dal sottosuolo. Le acque sotterranee sono, quindi, una risorsa insostituibile per lo sviluppo socio-economico.

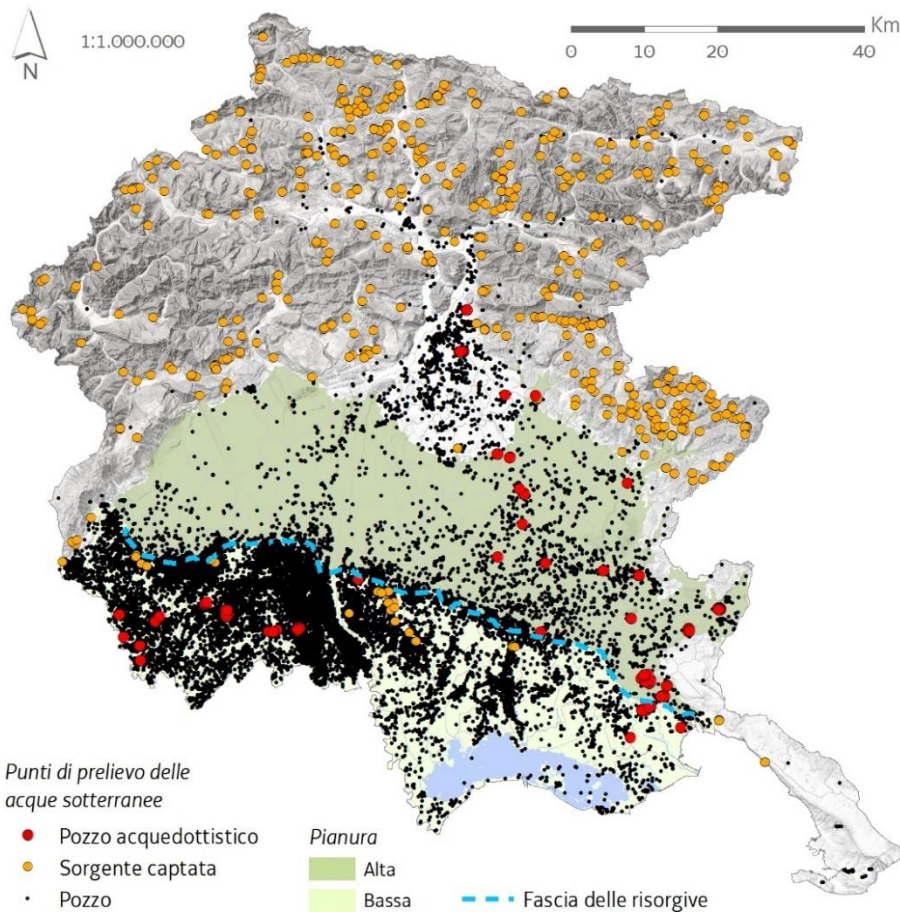
Di particolare importanza sono gli acquiferi della Pianura Friulana, suddivisa in Alta e in Bassa pianura dalla cosiddetta Fascia delle Risorgive. Nell'Alta Pianura le acque sotterranee fanno parte di un'unica falda freatica. Nella Bassa Pianura, ove si alternano nel sottosuolo strati permeabili e impermeabili, le acque delle falde artesiane sono contenute negli strati permeabili e sottoposte a notevoli pressioni che le portano a risalire in superficie attraverso i pozzi. Gli acquiferi artesiani e le risorgive sono alimentati dalla falda dell'Alta Pianura, a sua volta alimentata dalle dispersioni dei fiumi e dalle precipitazioni.

I cambiamenti climatici in atto dovrebbero portare a una variazione nel regime delle precipitazioni con periodi di siccità più lunghi, eventi estremi più frequenti e un aumento delle temperature medie. Soprattutto nei periodi estivi, quando la richiesta d'acqua è maggiore, l'aumento dell'evapotraspirazione e una riduzione delle portate dei fiumi anche per la fusione prematura del manto nevoso potranno contribuire a una forte diminuzione delle acque superficiali disponibili, con conseguente aumento dei prelievi sotterranei e inevitabile depauperamento delle riserve.

Quest'ipotesi non potrà che aggravare il generale abbassamento dei livelli della falda freatica osservato dagli anni '70 a oggi (valori medi tra i 5 e 10 cm all'anno). Esso è direttamente correlabile con l'aumento del numero di pozzi presenti nella Pianura e in particolare di quelli artesiani zampillanti.

Poiché lo sfruttamento irragionevole delle falde di pianura ha un effetto ben superiore a quello potenzialmente dovuti ai cambiamenti climatici, la migliore strategia di adattamento può essere semplicemente quella di ridurre i prelievi dal sottosuolo. Il risparmio di risorse idriche sotterranee è quindi l'obiettivo prioritario che deve coinvolgere le Autorità, i gestori acquedottistici, ma anche la popolazione.

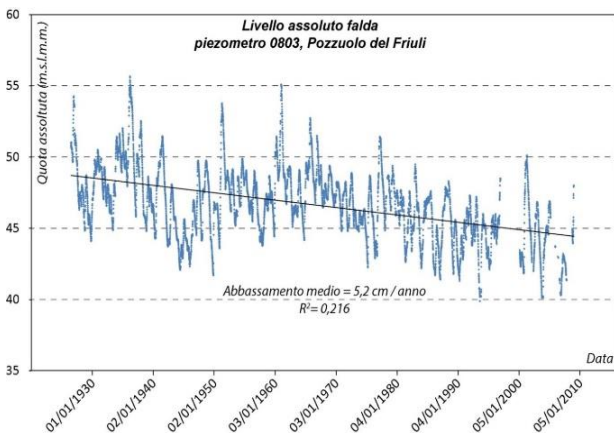
Un altro fenomeno che è invece legato all'innalzamento del livello del mare (cap. 6) è l'intrusione di acque salate all'interno delle falde di acque dolci nelle zone costiere, fenomeno poco conosciuto e studiato in regione, ma che tuttavia può presentare importanti ripercussioni per l'agricoltura.



Punti di prelievo delle acque sotterranee

- Pozzo acquedottistico
- Sorgente captata
- Pozzo

- Pianura**
- Alta
  - Bassa
  - Fascia delle risorgive



Nella mappa: distribuzione dei punti di prelievo delle acque sotterranee, classificati per tipologia (Fonte: Dir. centr. ambiente ed energia, Servizio idrico integrato, RAVFG).

Nel grafico è rappresentata la serie storica dei livelli freaticometrici relativa alla stazione 0803 della Rete piezometrica della Regione Friuli Venezia Giulia sita a Carpeneto (Pozzuolo del Friuli).

## 5. Gli impatti sul dissesto idrogeologico

Un dissesto idrogeologico indica un complesso di processi ed effetti relativi a inondazioni, frane, sprofondamenti, ecc. Una frana è un movimento di una massa di roccia, terra o detrito lungo un versante: può essere superficiale o profonda, lenta o rapida. La classificazione di Cruden & Varnes (1996) distingue cinque tipi di fenomeni: crollo, ribaltamento, scivolamento, espansione laterale e colamento.

Le cause principali dei dissesti sono connesse alla litologia, all'idrogeologia, alle attività antropiche e, non da ultime, alle condizioni meteo-climatiche.

I cambiamenti climatici hanno la potenziale capacità di modificare i processi di versante e quindi la stabilità dei pendii stessi. Data la complessità sia del clima che delle frane, la loro relazione non si può semplificare con l'assunzione "piove di più, quindi frana di più". Possiamo, comunque, aspettarci maggior instabilità come conseguenza dell'aumento di eventi estremi di precipitazione brevi e intensi e/o dell'aumento della precipitazione cumulata. Crolli e colate sono documentati in crescita nel settore alpino come conseguenza di diversi processi legati al riscaldamento globale. I cambiamenti climatici influiscono sulla disponibilità di risorse idriche sotterranee inducendo movimenti della tavola d'acqua, i quali a loro volta possono causare l'aumento della solubilità delle rocce evaporitiche e carbonatiche, con conseguente innesco di sinkhole, ovvero di sprofondamenti di forma circolare o subcircolare.

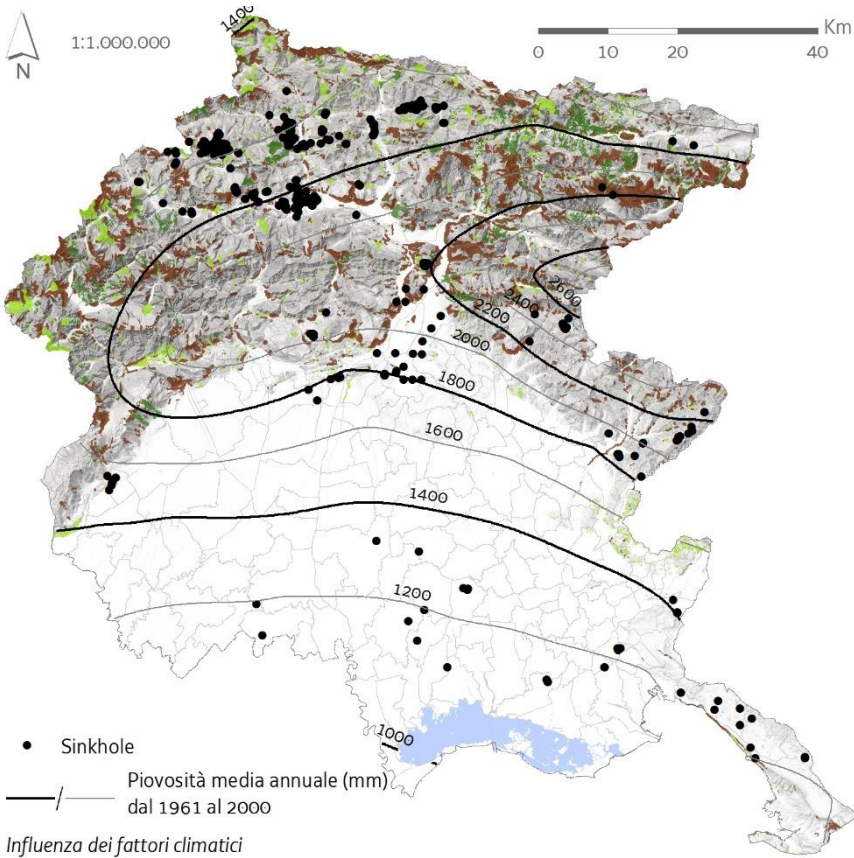
Inoltre i cambiamenti climatici possono indurre anche il verificarsi di fenomeni gravitativi profondi, dove i fattori scatenanti sono gli eventi di precipitazioni brevi ed intensi sommati al decrescere del periodo di copertura nevosa.

A dicembre 2015 in Friuli Venezia Giulia, sono stati identificati 5700 frane e 650 sinkhole, che hanno interessato una superficie totale di circa 530 km<sup>2</sup>, pari al 7% del territorio regionale. Le aree maggiormente colpite da entrambi i fenomeni sono quelle montane (Alpi Carniche e Giulie), mentre in pianura si rilevano solo sinkhole. La disponibilità di informazioni storiche e di archivi aggiornati è indispensabile per determinare come e quanto il quadro del dissesto idrogeologico sia cambiato, nonché per definire quali cambiamenti siano imputabili a fattori climatici e quali invece a variazioni ambientali o antropiche.

Le nuove tecnologie permettono il monitoraggio in tempo reale dei dissesti e fanno parte dei moderni sistemi di allerta. La Regione si occupa anche di mitigazione del rischio tramite varie opere di difesa realizzate sul territorio. Al fine di limitare il rischio per cose e persone è necessario garantire l'efficacia delle opere di difesa e dei sistemi di allerta da parte degli organi competenti ed è altresì necessaria la formazione e la consapevolezza dei cittadini riguardo i dissesti idrogeologici che li circondano.



1:1.000.000



- Sinkhole
- / — Piovosità media annuale (mm) dal 1961 al 2000

*Influenza dei fattori climatici sui fenomeni franosi*

- Temperatura (gelo/disgelo) e precipitazioni:
  - Crollo/Ribaltamento
  - Aree soggette a crolli/ribaltamenti diffusi
- Precipitazioni brevi ed intense:
  - Colamento lento
  - Colamento rapido
- Precipitazioni:
  - Aree soggette a frane superficiali diffuse
  - Complesso
  - Scivolamento rotazionale/traslatoivo

*Suddivisione dei dissesti in funzione del fattore climatico che ne determina maggiormente l'innescò: i fenomeni di crollo e ribaltamento risentono in primis del cambiamento di temperatura, decisivo per i cicli di gelo e disgelo; gli eventi di precipitazione, in particolare quelli brevi e intensi, influenzano tutte le tipologie di dissesto, con maggior incisività sui fenomeni di colata e di scivolamento.*

*Fonte: Elaborazione su base dati del catasto frane della Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia Dir. centr. ambiente ed energia, Servizio geologico.*

## 6. Gli impatti sulle zone costiere

La Regione Friuli Venezia Giulia è caratterizzata da 54 km di coste basse sabbiose e da un bacino lagunare di 160 km<sup>2</sup>. A monte della laguna 123 km<sup>2</sup> di terreni risultano situati al di sotto dello zero idrometrico (IGM42), poiché si tratta di terreni bonificati negli anni '30 del secolo scorso. Assume quindi notevole importanza l'innalzamento del livello del mare e l'impatto che può avere su questa importante parte del territorio regionale.

Nel capitolo 1 è stato introdotto l'innalzamento del livello del mare come espressione del cambiamento climatico. A livello locale se ne possono desumere gli andamenti grazie alla presenza di numerosi mareografi, di cui il più antico è situato a Trieste, attivo sin dal 1875. La serie storica mostra chiaramente la tendenza degli ultimi 100 anni, con un incremento di circa 15 cm, e un'amplificazione del fenomeno nell'ultimo ventennio con un tasso 4-5 volte maggiore che nel periodo precedente.

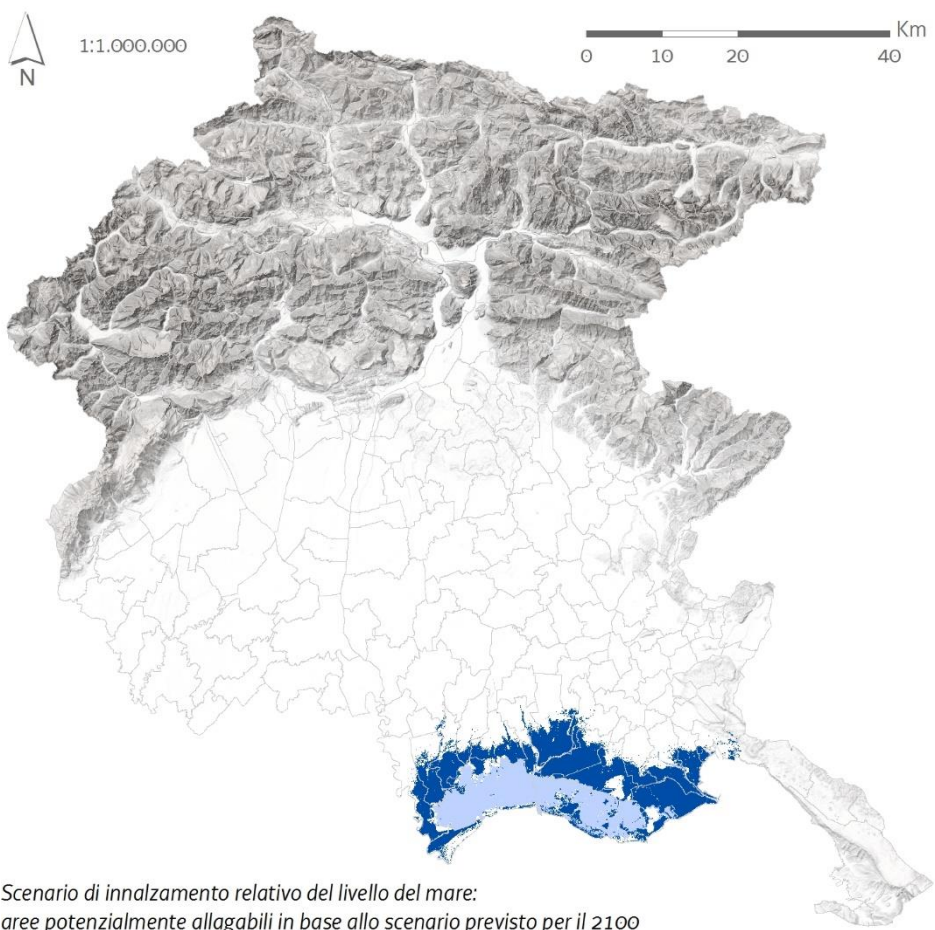
Un altro aspetto importante è la subsidenza, ossia il lento abbassamento del suolo, naturale o indotto dall'uomo, causato dalla compattazione dei sedimenti. Livellazioni di precisione eseguite per conto della Protezione Civile nelle aree lagunari e bonificate, più sensibili al fenomeno per il tipo di terreni presenti, evidenziano un tasso medio di abbassamento di 5 mm/anno.

Considerando sia la componente di innalzamento del mare che quella di abbassamento del suolo, sono stati calcolati tre scenari di inondazione potenziale all'anno 2100, corrispondenti a +54, +94 e +134 cm. Nell'ipotesi più pessimistica si assisterà quasi al raddoppio della superficie delle aree in depressione assoluta, ovvero aree con quote minori del livello medio marino. Con l'aumentare del livello relativo del mare inoltre si può facilmente prevedere un aumento del numero degli eventi di acque alte durante l'anno, con i conseguenti impatti sui paesi costieri e sulle spiagge.


I due aspetti principali del fenomeno devono essere attentamente monitorati: l'innalzamento assoluto del livello del mare attraverso la registrazione dei dati mareografici, grazie al mantenimento delle attuale rete (24 stazioni), la subsidenza attraverso la ripetizione nel tempo di misure topografiche di precisione sulla rete di 93 capisaldi esistenti ed eventualmente utilizzando anche le nuove possibilità offerte dai satelliti inSAR, in grado di misurare da remoto variazioni minime della quota del suolo su aree vaste.

Per mitigare gli effetti dell'innalzamento è necessario monitorare e salvaguardare i 79 km di argini che attualmente conterminano la laguna. A questo scopo la Regione Friuli Venezia Giulia sta operando sin dal 2004 per verificare lo stato di salute degli argini e intervenire laddove sia necessario adeguare le opere.





Scenario di innalzamento relativo del livello del mare:  
aree potenzialmente allagabili in base allo scenario previsto per il 2100

 Valore l.m.m. +1,34 m (Rahmstorf, 2007)

Fonte: Elaborazione su base dati LIDAR Protezione Civile RAFVG.

## 7. Gli impatti sulla geodiversità

Un geosito è una “qualsiasi località, area o territorio in cui è possibile definire un interesse geologico-geomorfologico per la conservazione” (Wimbledon, 1996). I geositi sono quindi luoghi in cui, attraverso rocce e fossili, depositi e forme è possibile leggere la storia dell'evoluzione geologica di un territorio.

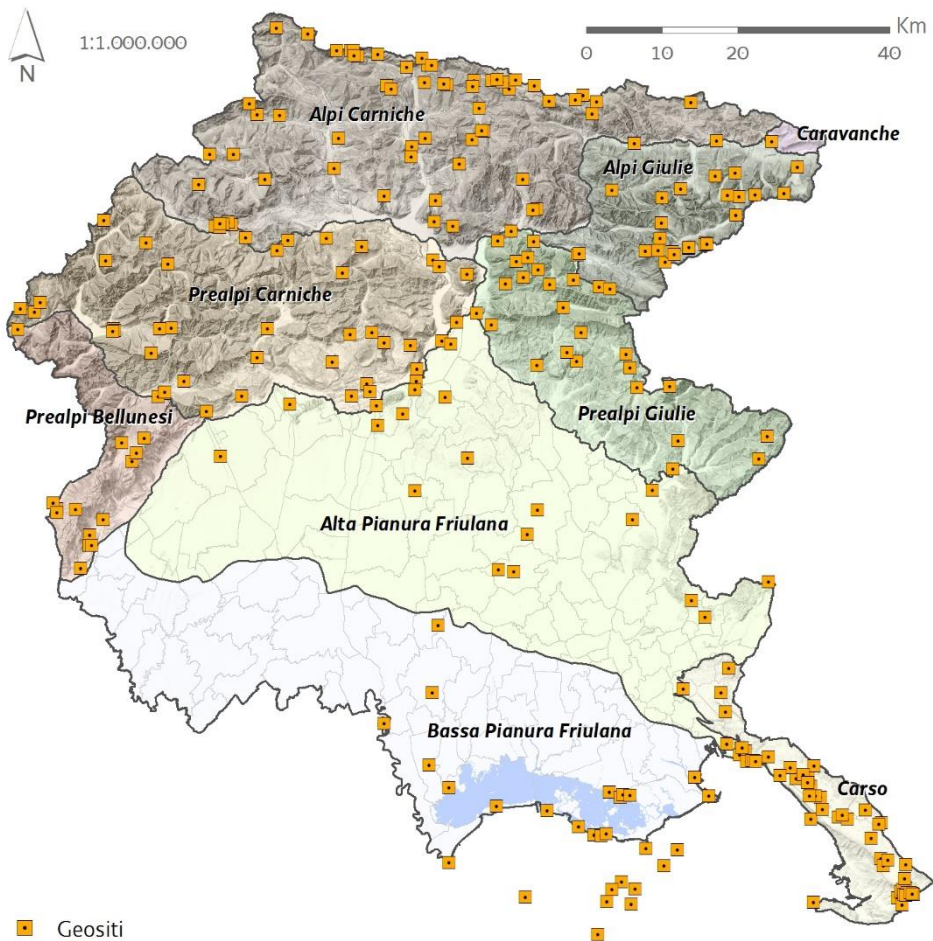
I 234 geositi che descrivono la geodiversità regionale individuano tematiche geologiche e geomorfologiche estremamente variabili ed è quindi difficile generalizzare le loro interazioni con i cambiamenti del clima previsti in Friuli Venezia Giulia. Certamente la loro vulnerabilità alle variazioni climatiche è condizionata dalla posizione geografica.

L'innalzamento del livello del mare è uno degli effetti più acclarati delle variazioni climatiche in atto. In considerazione delle condizioni subsidenti della nostra fascia costiera e del rapido dinamismo delle coste basse, è ipotizzabile una profonda trasformazione dell'ambiente lagunare e di tutti i geositi degli ambienti di transizione quali il *Delta del Fiume Stella*, la *Bocca Lagunare di S.Andrea*, i *Cordoni litorali dei Banchi d'Anfora, d'Orio e Tratauri*, i *Banchi sommersi della Mula di Muggia*, la *foce dell'Isonzo* e l'*Isola della Cona*. La geodiversità va qui intesa come caratteristica dinamica, poiché per loro natura questi ambienti si modificano, vengono parzialmente distrutti e ricostruiti dalle forzanti marine. Si rende comunque necessario monitorare il loro stato conservativo in ragione anche del sempre minore apporto di sedimenti provenienti dai fiumi che li alimentano.

In considerazione dell'eccessivo sfruttamento delle risorse idriche sotterranee e visti gli scenari legati alle tendenze in atto dei parametri temperatura e piovosità, l'ipotesi di un abbassamento dei livelli di falda potrebbe avere ripercussioni sull'idrologia di un geosito come le *Risorgive di Virco e Flambro*, che verrebbe snaturato del suo significato ambientale.

L'aumento della piovosità invernale e soprattutto della frequenza di eventi intensi non può che incrementare i processi erosivi e gravitativi nel settore montano della regione. Non è tuttavia possibile attribuire una risposta univoca sulla possibile alterazione dei geositi: frane ed erosione spondale possono danneggiare un geosito ma anche mettere in luce nuovi affioramenti con evidenze geologiche significative e quindi potenziali nuovi geositi. Analogamente, i processi erosivi possono mantenere esposte le superfici, permettendo la visibilità di limiti e successioni stratigrafiche, oggetto dell'interesse di un geosito.

Viceversa, può diventare irreversibile il processo erosivo che coinvolga alcuni geositi di interesse paleontologico, come ad esempio le *Orme e nidi di rettili arcosauri della Val Dogna* o le impronte di mammiferi sul *Colle di Osoppo*, causando la perdita di unicità scientifiche.



Distribuzione dei geositi sul territorio della Regione Friuli Venezia Giulia

Fonte: Dir. centr. ambiente ed energia, Servizio geologico, RAFVG.

## Bibliografia

- Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, 2012. *Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento Piave, Brenta –Bacchiglione (PAI-4 bacini) e corrispondenti misure di salvaguardia*. Comitato Istituzionale del 09/11/2012. G.U n.280 del 30/11/2012.
- Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, 2015. *Piano stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino idrografico del fiume Livenza (P.A.I.L.). Adozione del Progetto di 1° Variante e delle corrispondenti misure di salvaguardia*. Comitato Istituzionale del 19/11/2015.
- Borgatti L. & Soldati M., 2013. Hillslope processes and climate change. In: *Treatise on Geomorphology* (Shroder J., Marston R.A., Stoffel M. Eds.), Academic Press, San Diego, CA, vol. 7 - Mountain and Hillslope Geomorphology: 306-319 p.
- Castellari S., Venturini S., Ballarin Denti A., Bigano A., Bindi M., Bosello F., Carrera L., Chiriaco M.V., Danovaro R., Desiato F., Filpa A., Gatto M., Gaudio D., Giovanardi O., Giupponi C., Gualdi S., Guzzetti F., Lapi M., Luise A., Marino G., Mysiak J., Montanari A., Ricchiuti A., Rudari R., Sabbioni C., Sciortino M., Sinisi L., Valentini R., Viaroli P., Vurro M., Zavatarelli M., 2014. *Rapporto sullo stato delle conoscenze scientifiche su impatti, vulnerabilità ed adattamento ai cambiamenti climatici in Italia*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Roma: 878 pp.
- Colucci R.R., Guglielmin M., 2015. Precipitation-temperature changes and evolution of a small glacier in the southeastern European Alps during the last 90 years. *International Journal of Climatology*, 35:10 2783-2797 (I.F 3.398).
- Cruden D.M. & Varnes D.J., 1996. *Landslide types and processes*. In: *Landslides, Investigation and Mitigation* (Turner A.K. & Schuster R.L. Eds.), National Academy Press, Washington D.C.
- Church J.A., Clark P.U., Cazenave A., Gregory J.M., Jevrejeva S., Levermann A., Merri Eld M.A., Milne G.A., Nerem R.S., Nunn P.D., Payne A.J., Pfeffer W.T., Stammer D., Unnikrishnan A.S., 2013. Sea Level Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Stocker T.F., Qin D., Plattner G.K., Tignor M., Allen S.K., Boschung J., Nauels A., Xia Y., Bex V. and Midgley P.M. Eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: 1137-1216.
- Gutiérrez F., Calaforra J.M., Cardona F., Ortí F., Durán J.J. & Garay P., 2002. Geological and environmental implications of the evaporite karst in Spain. *Environmental Geology*, 53: 951-965.

IPCC, 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Core Writing Team, Pachauri R.K. and Meyer L.A. (Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland: 151 pp.

Micheletti S. & Cicogna A., 2014. Cambiamenti climatici in Friuli Venezia Giulia, evidenze recenti e prospettive. *Meteorologica*, XIII-2: 8-11.

Rahmstorf S., 2007. A semi-empirical approach to projecting future sea-level rise. *Science*, 315: 368-370.

Taylor R.G., Scanlon B., Döll P., Rodell M., Van Beek R., Wada Y., Longuevergne L., Leblanc M., Famiglietti J.S., Edmunds M., Konikow L., Green T.R., Chen J., Taniguchi M., Bierkens M.F.P., Macdonald A., Fan Y., Maxwell R.M., Yechieli Y., Gurdak J. J., Allen D.M., Shamsudduha M., Hiscock K., Yeh P.J.F., Holman I. & Treidel H., 2013. Ground water and climate change. *Nature Climate Change*, 3: 322–329.

Zini L., Calligaris C., Treu F., Iervolino D. & Lippi F., 2011. *Risorse idriche sotterranee del Friuli Venezia Giulia: sostenibilità dell'attuale utilizzo*. EUT Edizioni: 90 pp.

Wimbledon W.A.P., 1996. Geosites - a new conservation initiative. *Episodes*, 19 (3):87–88.



Foto: Davide Martinucci



Foto: Antonella Triches



Foto: Pivio Finocchiaro

