

TERRE e terremoti

AMBIENTE

Gli scienziati sono sempre più convinti del legame tra terremoti ed estrazione di idrocarburi; ma le autorità sono lente a reagire

di Anna Kuchment

A Cathy Wallace i terremoti che da qualche tempo scuotono la sua ordinata casa nei sobborghi di Dallas danno l'idea di temporali sotterranei. Prima un rombo lontano, poi un boato e una scossa. La casa trema e le finestre vibrano. Le stampe in cornice battono contro i muri e si inclinano. Un pesante vaso di vetro si inclina e si infrange sul pavimento.

I momenti peggiori sono quelli tra il brontolio e l'impatto. «Ogni volta sai che sta per accadere, ma non sai quanto sarà brutto», dice. «Sarà più forte, questa volta? È questa la parte in cui la mia casa viene giù? Fa paura. Fa proprio paura».

Fino al 2008 lo United States Geological Survey (USGS) non aveva registrato alcun terremoto nell'area di Dallas-Fort Worth, dove la signora Wallace vive da oltre vent'anni. Da allora quasi 200 sismi hanno scosso la città e gli immediati dintorni. Tutto lo

IN BREVE

Dal 2008 la frequenza dei sismi in Oklahoma e Texas è cresciuta a dismisura. La causa, dicono gli scienziati, è l'iniezione delle acque di smaltimento, provenienti

dall'estrazione di petrolio e gas, in pozzi sotterranei profondi. **Le iniezioni possono alterare** le tensioni che tengono insieme le faglie geologiche e consentirne lo

slittamento, scatenando un sisma. **Lenti a reagire**, alcuni Stati hanno limitato le quantità di acque di smaltimento iniettate nel sottosuolo. **I terremoti continuerebbero** anche

se le iniezioni fossero bloccate, perché i cambiamenti di pressione già indotti nelle rocce profonde possono migrare per anni e incontrare nuove faglie.

THE VOORHIES

Stato del Texas sta sperimentando un incremento dei terremoti di sei volte rispetto ai livelli storici. In Oklahoma il balzo è stato di 160 volte, e alcune scosse hanno spedito persone in ospedale e danneggiato edifici e autostrade. Nel 2014 in questo Stato la frequenza dei terremoti ha superato quella della California.

L'incremento dei terremoti coincide con quello delle perforazioni. La casa della signora Wallace, per esempio, si trova sopra Barnett Shale, uno strato di roccia nera e dura che custodisce il secondo serbatoio più grande di gas naturale degli Stati Uniti. Tra il 1998 e il 2002 le compagnie petrolifere hanno iniziato a perforare questo deposito mediante la fratturazione idraulica, o *fracking*, cioè pompando nel sottosuolo milioni di litri d'acqua, più sabbia e agenti chimici, ad alta pressione per fratturare la roccia e liberare il gas. Quest'ultimo risale il pozzo, proprio come risale il pozzo il fluido di fratturazione insieme a grandi quantità di acqua tanto salmastra da essere pericolosa. I fluidi sono pompati di nuovo nel sottosuolo verso un pozzo differente scavato più in basso di Barnett Shale in rocce porose: in questo modo i fluidi sono smaltiti definitivamente. Con l'aumentare della quantità di fluido iniettata nei pozzi di smaltimento, sulle faglie geologiche profonde può verificarsi un accumulo di pressione. Alla fine una di queste faglie può slittare, provocando un terremoto.

I ricercatori dello USGS e di altre istituzioni hanno collegato l'improvviso aumento dei terremoti in otto Stati – fra cui Texas, Oklahoma, Ohio, Kansas e Arkansas – alle attività di estrazione di gas e petrolio. Alcuni enti regolatori dei singoli Stati hanno tardato ad accettare i risultati degli scienziati. Fra i residenti è cresciuta la rabbia, e vari gruppi ambientalisti si sono rivolti ai tribunali. «È un problema di sicurezza di tutti, ma tante persone hanno preferito negare o ignorare il problema», dice la signora Wallace, la quale si è unita ai vicini per sollecitare la chiusura dei pozzi di smaltimento della zona.

Continuando a studiare il fenomeno, gli scienziati hanno trovato nuove ragioni di preoccupazione. I dati fanno pensare che il rischio di terremoti possa diffondersi a chilometri di distanza dal sito di smaltimento originario e restare elevato per una decina d'anni o più dopo la fine delle perforazioni. E se finora il più forte terremoto dovuto alla iniezione delle acque di perforazione ha avuto magnitudo 5,6, nei pressi di Oklahoma City nel 2011, gli scienziati ritengono possibile, sebbene improbabile, che si verifichino scosse di magnitudo 7,0, che provocano vittime e danneggiano edifici in una vasta area.

I primi segni di un collegamento

I geologi sanno fin dagli anni sessanta che pompando fluidi nel sottosuolo si possono innescare terremoti. Nel 1961 fu realizzata una trivellazione profonda presso una fabbrica di armi chimiche, il Rocky Mountain Arsenal, nei pressi di Denver. Dopo qualche mese dall'inizio del pompaggio di rifiuti pericolosi nel pozzo gli abitanti cominciarono ad avvertire scosse. Tra il 1962 e il 1966 furono più di 700, di intensità da lieve a modesta.

Un geologo del posto, David Evans, notò che il volume e la pressione delle iniezioni erano in relazione con il tasso dei terremoti. In un lavoro del 1966 Evans concluse che probabilmente la responsabilità delle scosse era da attribuirsi al pozzo. «Si ritiene che una situazione stabile – scriveva – sia resa instabile dall'applicazione di fluidi in pressione».

In quello stesso anno l'esercito degli Stati Uniti chiuse il pozzo di scarico. I terremoti però continuarono, e anzi diventarono più forti via via che la pressione dovuta alle iniezioni si propagava

Anna Kuchment collabora con «Scientific American» e «Dallas Morning News». Già reporter, articolista e redattrice di «Newsweek», ha scritto anche il libro *The Forgotten Cure*, che tratta dei batteriofagi e della loro potenziale utilità contro le resistenze agli antibiotici.



Una testa di pozzo

a Cole, in Oklahoma, pompa acque da smaltire in formazioni rocciose profonde. In questo Stato sono in funzione migliaia di pozzi di smaltimento.

nel sottosuolo, incontrando e perturbando nuove faglie. Matthew Hornbach, geofisico alla Southern Methodist University (SMU) di Dallas, paragona il fenomeno al versamento di acqua su una tovaglia di carta. «Anche se smettete di versarla, l'acqua è ancora lì che si spande, ed è difficile fermarla», dice. I sismi più forti, compreso quello che raggiunse magnitudo 4,8 – abbastanza forte da far cadere oggetti dagli scaffali ma generalmente non sufficiente a danneggiare gli edifici – si verificarono nel 1967, per poi gradualmente ridursi. I residenti continuarono a sentire lievi scosse fino al 1981.

Il caso destò l'interesse dei sismologi, e qualche anno dopo lo USGS allestì un esperimento basandosi su proprio su quel caso. Nel 1969 Chevron Oil concesse allo USGS l'uso di uno dei suoi pozzi per studiare in modo più preciso l'effetto della pressione dei fluidi sulle faglie. Il pozzo si trovava in Colorado, nella zona sismicamente attiva del serbatoio petrolifero di Rangely, e Chevron vi aveva iniettato acqua per stimolare la produzione di greggio. Gli scienziati dello USGS bloccarono e ripresero più volte l'iniezione, seguendo poi la pressione del fluido mentre migrava attraverso le rocce profonde. In questo modo i ricercatori determinarono l'esatta pressione necessaria per scatenare le scosse: quando la pressione superava quel certo livello, rumoreggiavano le scosse; quando tornava al di sotto, il fenomeno cessava.

L'esperimento dimostrò che i sismi dovuti all'attività umana possono essere controllati regolando la pressione di iniezione dell'acqua. Sfortunatamente però sembra che le lezioni di Rangely e Rocky Mountain Arsenal siano state dimenticate poco dopo il 2000, quando è partita la corsa all'estrazione di *shale gas*, o gas da argille (conosciuto anche come gas da scisti bituminosi). «Nella letteratura scientifica dei successivi quarant'anni e oltre sono stati pubblicati decine e decine di studi sui terremoti indotti da iniezione di fluidi, e il fenomeno era ben compreso e ben presente ai sismologi», dice Bill Ellsworth, geofisico della Stanford University, la cui carriera è iniziata proprio allo USGS mentre era in corso l'esperimento di Rangely. A suo avviso, un diffuso scetticismo tra i professionisti ha ritardato il raggiungimento di una posizione condivisa. «Ingegneri petroliferi di grande competenza



hanno espresso molti dubbi sulla possibilità stessa che i pozzi di iniezione provocassero terremoti», dice. «La conoscenza di tutto il processo fisico era andata perduta, o non era stata comunicata in modo efficace a una comunità estesa».

In principio fu il Texas

Poco dopo l'inizio di una fase di perforazioni più aggressive in Texas e Oklahoma sono arrivate segnalazioni di scosse. Il 30 ottobre 2008 gli abitanti di Dallas-Forth Worth hanno segnalato al numero per le emergenze forti boati e tremori di mobili e pareti. In molti si sono chiesti se non fosse esploso qualcosa.

Cliff Frohlich, dell'Università del Texas a Austin, e Brian Stump, della SMU, entrambi sismologi, hanno iniziato a indagare. I due hanno installato parecchi sismometri e hanno registrato oltre 180 lievi scosse tra il 30 ottobre e il 31 maggio 2009. Frohlich e Stump hanno trovato che poco tempo prima un grande produttore di gas naturale aveva scavato un pozzo di iniezione nei pressi dell'aeroporto internazionale di Dallas-Fort Worth, a meno di un chilometro dal centro dello sciame sismico. «In base a correlazioni temporali e spaziali, concludiamo che la sequenza di Dallas-Fort Worth potrebbe essere il risultato dell'iniezione di fluidi nel pozzo di smaltimento delle acque iper-saline», hanno poi scritto in un articolo pubblicato a marzo 2010 su «The Leading Edge».

Lo studio, dice Frohlich, avrebbe potuto passare inosservato se non si fossero verificati diversi altri eventi. A giugno 2009 un'altra serie di scosse aveva disturbato un piccolo centro industriale a sud di Forth Worth. Qualche mese dopo, terremoti più forti avevano colpito i centri abitati di Guy e Greenbrier, in Arkansas. A marzo 2011 il terreno tipicamente stabile dell'Ohio aveva iniziato a muoversi, quando 12 terremoti avevano scosso l'area di Youngstown.

Dai loro uffici di Menlo Park, in California, gli scienziati dello USGS avevano capito che avveniva qualcosa di insolito. «Vedevamo quotidianamente terremoti in posti inaspettati», dice Ellsworth, che è rimasto allo USGS fino al 2015. E allargando lo sguardo ai tassi di sismicità in tutti gli Stati Uniti ha scoperto un andamento inquietante: tra il 1967 e il 2000, a est delle Montagne

Roccirose la frequenza media dei terremoti era stata di 21 all'anno; tra il 2010 e il 2012 era balzata a 100. Con i dati ha disegnato un grafico e lo ha presentato a un congresso scientifico. «Ha suscitato molto interesse», dice, fra il pubblico dei non specialisti come fra gli scienziati accademici e del settore privato.

Perforazione laterale

Dietro l'aumento dei terremoti c'è la crescita dei pozzi di smaltimento delle acque. E dietro questi pozzi c'è un progresso tecnologico: la perforazione orizzontale. La tecnica permette di trivellare pozzi in verticale e poi curvarli di 90 gradi, come cannuce flessibili. Invece di scavare in profondità attraverso un deposito di gas spesso 100 metri ma esteso per chilometri in orizzontale, si può fare in modo che il pozzo curvi una volta arrivato al deposito, e prosegua per centinaia di metri, estraendo quantità di gas e petrolio significativamente maggiori.

Insieme a gas e petrolio, però, risalgono grandi quantità di acqua molto salata. «In realtà l'estrazione di idrocarburi è una faccenda di gestione delle acque», dice Scott Tinker, geologo dello Stato del Texas e direttore del Bureau of Economic Geology dell'Università del Texas ad Austin. Acqua, petrolio e gas provengono dalle medesime rocce. Tutti e tre sono i resti di antichi mari trasformati da calore e pressione, e dal tempo. «Gli spazi porosi, o i minuscoli buchi, nella roccia restano intrisi di questi antichi oceani, e dunque quando oggi facciamo una perforazione l'acqua risale in superficie», dice Tinker. Pur essendo naturale, quest'acqua può essere di tanti ordini di grandezza più ricca di sali dell'acqua marina, e contiene spesso materiali radioattivi di origine naturale; per piante e animali è tossica, quindi gli operatori la seppelliscono in profondità per preservare le fonti di acqua potabile vicine alla superficie.

Un leggendario magnate texano del gas naturale di nome George Mitchell, scomparso nel 2013, è stato il primo a sfruttare Barnett Shale mediante fratturazione idraulica. Oklahoma Devon Energy ha poi combinato perforazione orizzontale e fratturazione idraulica per estrarre ancora più gas. La tecnica si è presto diffusa in Texas, Oklahoma e altri Stati produttori di petrolio.

L'iniezione che scatena il terremoto

Grandi volumi di acqua estremamente salmastra e altre sostanze risalgono dai pozzi da cui si estraggono petrolio e gas (a sinistra e a destra, rispettivamente). Le acque sono spesso smaltite in via permanente iniettandole in uno strato profondo di roccia porosa, e questo può scatenare terremoti (diagrammi nei riquadri in basso).

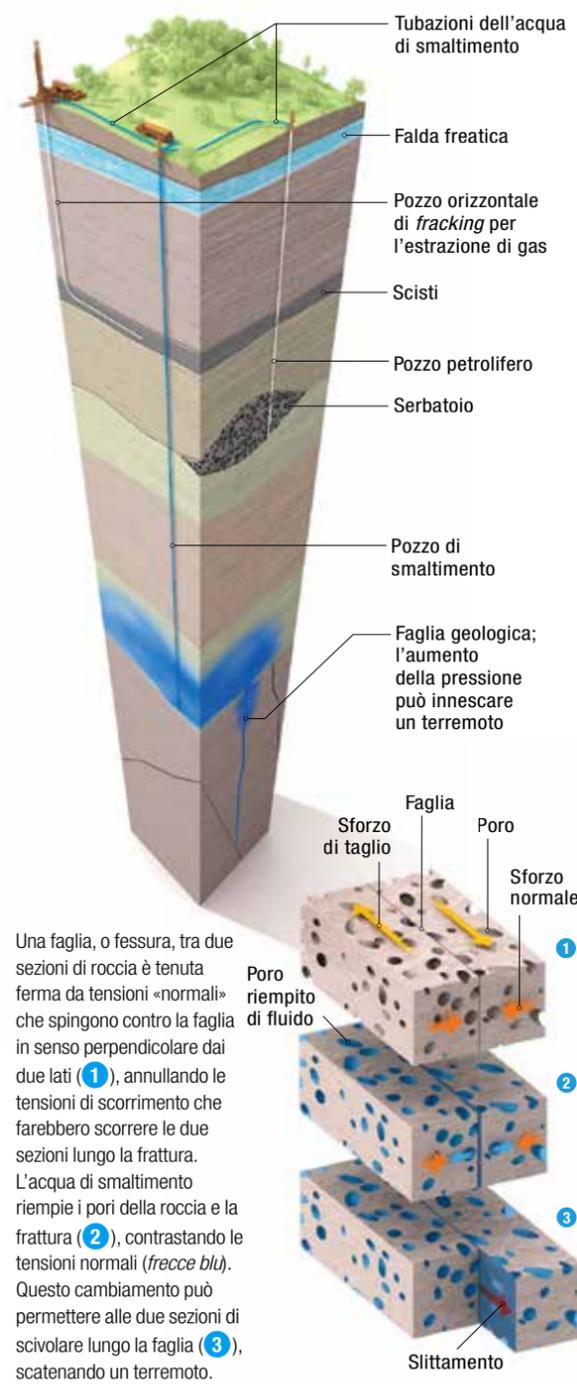


Illustrazione di Bryan Christie

Con la crescita delle perforazioni, la produzione statunitense di gas da argille è aumentata rapidamente: da 37 miliardi di metri cubi nel 2007 a 150 miliardi nel 2010, a 380 miliardi nel 2014. E si è moltiplicato anche il volume dell'acqua da smaltire.

In Texas la quantità d'acqua pompata nei pozzi di smaltimento è salita da 4 miliardi di litri per mese del 2007 ai 9,7 miliardi del 2014. In Oklahoma è quasi raddoppiata, da 101 miliardi di litri per mese nel 2009 a 180 miliardi nel 2014. Presto i normali pozzi di iniezione sono risultati insufficienti, e si è passati ai cosiddetti pozzi di iniezione ad alto volume, dai nomi come «Gola profonda». Molti di essi assorbono 36 milioni di litri d'acqua al mese.

Tocca all'Oklahoma

Con l'aumento delle scosse, gli scienziati sono passati dall'ascoltarle genericamente all'iniezione dell'acqua nei pozzi a dedurre un rapporto più diretto. Nel 2011 Katie Keranen, sismologa dell'Università dell'Oklahoma, era da poco rientrata dai suoi studi sul campo in Alaska portando con sé una mezza dozzina di sismometri. Erano imballati nel suo laboratorio seminterrato quando un terremoto di magnitudo 4,8 ha colpito Prague, un centinaio di chilometri a est di Oklahoma City. Giusto il tempo di mettere in posizione con i suoi studenti gli apparecchi, e una nuova scossa di magnitudo 5,6 è tornata a colpire il centro abitato. Secondo lo USGS, il sisma di novembre è l'evento più forte legato all'iniezione di acqua di smaltimento registrato finora. Ha ferito due persone, distrutto 14 abitazioni e deformato tratti di autostrada, ed è stato avvertito in almeno 17 Stati.

Keranen e i suoi studenti hanno registrato il sisma e centinaia di scosse di assestamento, usando poi i dati per due studi pubblicati su «Geology» e su «Science». In quello su «Geology», pubblicato a marzo 2013, il gruppo ha elaborato un modello geofisico per stimare la velocità con cui poteva aumentare la pressione dei fluidi sotterranei e la distanza a cui poteva propagarsi. Il modello mostra che probabilmente la pressione era stata abbastanza forte da provocare il primo terremoto, che ha innescato un effetto domino: i cambiamenti nelle tensioni dovuti alla prima rottura hanno causato lo slittamento delle faglie circostanti. Il lavoro su «Science», pubblicato nel luglio 2014, collegava poi quattro pozzi di iniezione ad alto volume a uno sciami sismico rilevato a Jones, giusto a ovest di Prague.

Keranen paragona il movimento del fluido e della pressione attraverso il sottosuolo terrestre al riempimento con acqua di un vaso incollato dopo una rottura. «Se la pressione è sufficiente, il fluido può aprirsi la strada lungo le linee di frattura», dice. La pressione contrasta l'attrito che tiene insieme le falde, e permette alle falde di slittare l'una sull'altra, un fenomeno noto come terremoto indotto.

Non convinto, l'Oklahoma Geological Survey (OGS) ha diramato un comunicato che metteva in discussione i risultati pubblicati da Keranen su «Geology». «Il punto da noi sollevato è che sembrava uguale ai terremoti naturali, e non c'era nessun motivo per definirlo indotto», dice Randy Keller, direttore dell'OGS fino al 2014, quando è andato in pensione. Il comunicato, firmato da Keller insieme ad Austin Holland, sismologo dello Stato dell'Oklahoma, richiamava i dati storici sulla sismicità naturale della zona.

Keranen era rimasta sorpresa da questa reazione, ma ripensandoci pensa di essere stata un po' ingenua. «Adesso mi è più chiaro che non dovevano necessariamente credere a un unico lavoro», dice. «Volevano vedere il grosso degli scienziati, con parecchi studi, orientarsi in questa direzione». Per lei comunque è stato fru-

Nel 2011 un terremoto di magnitudo 5,6 ha scosso le case di Prague, in Oklahoma, facendo crollare il caminetto di Sandra e Gary Landra, che ha anche colpito la donna (1). Inoltre ha lasciato crepe nel pavimento della cantina. Gli altri sismi che hanno poi colpito l'Oklahoma hanno alimentato le proteste degli abitanti contro i pozzi di smaltimento, collegati alle scosse di Prague e altre località (2). Per raccogliere nuovi dati, gli scienziati installano altri sismografi, a volte alimentati da pannelli solari (3).



Linda Davidson/Getty Images (1 e 3); J. Pat Carter/Getty Images (2)

strante il fatto che l'Oklahoma non abbia rallentato o fermato rapidamente l'iniezione in qualcuno dei pozzi di smaltimento: lo ha fatto, su vasta scala, solo all'inizio del 2015. Keranen inoltre dice di aver subito pressioni da dirigenti della sua università, che non erano convinti della possibilità di dimostrare un rapporto tra pozzi di smaltimento e scosse di terremoto. A metà del 2013 Keranen ha lasciato l'Università dell'Oklahoma per la Cornell University.

Scosse intorno a Forth Worth

Pochi mesi dopo l'uscita dello studio di Keranen, il Texas ha ricominciato a tremare. Questa volta i terremoti hanno riguardato due centri abitati a nord-ovest di Forth Worth, Azle e Reno, in una delle aree a maggiore densità di sviluppo dell'industria estrattiva.

Nel frattempo la SMU aveva assunto altri geofisici che si sono uniti alle ricerche di Frohlich e Stump. Heather DeShon ha installato stazioni sismologiche, mappando le faglie al di sotto delle cittadine. Insieme a Ellsworth, dello USGS, Hornbach ha studiato i livelli di laghi, fiumi e acquiferi per capire se la siccità verificatasi nel Texas settentrionale poteva aver alterato le tensioni che agiscono sulle faglie. Il gruppo ha inoltre raccolto dati sui pozzi di smaltimento nelle vicinanze e costruito un modello tridimensionale per simulare la pressione proveniente dai pozzi di iniezione e stimarne lo spostamento attraverso la roccia sotterranea. La causa più probabile dei terremoti, hanno concluso gli scienziati, era l'iniezione delle acque di smaltimento in due dei pozzi vicini.

Lo studio è stato pubblicato nell'aprile 2015, ma già da prima gli enti regolatori dello Stato ne hanno messo in discussione i risultati. Quando ho inviato una versione riservata a Craig Pearson, sismologo della Railroad Commission of Texas (RCC), l'agenzia dello Stato del Texas che regola l'industria petrolifera e del gas, mi ha risposto con una dichiarazione secondo cui la ricerca della SMU sollevava «numerosi domande relative alla metodologia e alle informazioni usate, e alle sue conclusioni». Ma poi ha declinato l'invito a precisare le sue affermazioni prima di incontrare gli autori.

La supervisione di RCC è affidata a tre commissari. Uno ha ricevuto contributi elettorali dal comitato di azione politica di una compagnia petrolifera, e gli altri due hanno ricevuto contributi da EnerVest, una delle due aziende implicate nello studio della SMU. Ma «le decisioni normative sono prese in base alla scienza, ai dati e alle migliori pratiche al fine di assicurare la difesa della sicurezza pubblica e delle nostre risorse», ha scritto Gaye McElwain, portavoce di RCC, in una dichiarazione a «Scientific American».

Alla fine però RCC ha convocato entrambi gli operatori in un'audizione di un giorno ad Austin per dimostrare perché i loro pozzi non avrebbero dovuto essere chiusi. «In seguito a queste audizioni altamente tecniche, basandosi su dati scientifici e prove presentate, si è determinato che gli operatori non contribuivano all'attività sismica», ha scritto McElwain. A settembre 2015, quando RCC ha emesso la sua decisione, il volume delle acque iniettate nei pressi dei terremoti era stato ridotto e le scosse erano cessate; gli operatori sono stati autorizzati a continuare come prima.

L'Ohio dice basta

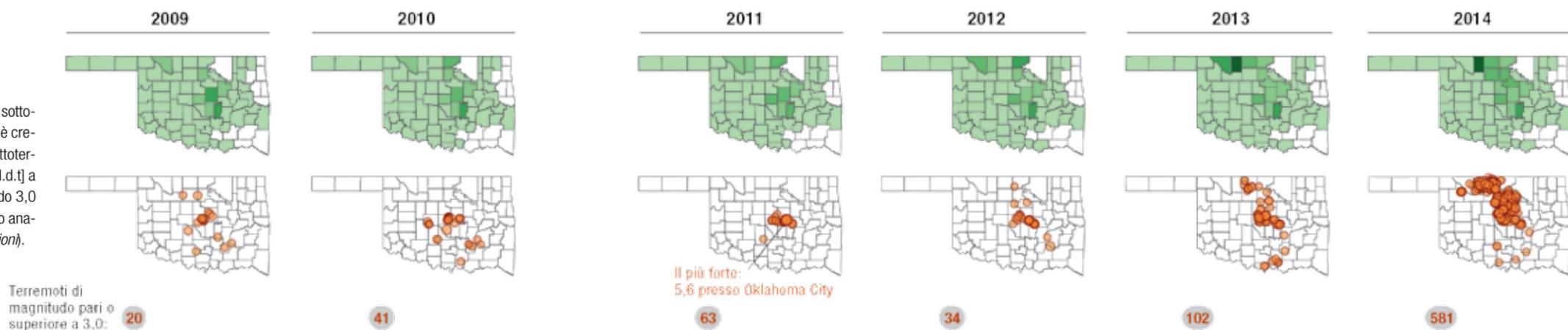
Altri Stati hanno reagito in modo diverso. Dopo una serie di scosse che nel 2011 ha colpito Youngstown, in Ohio, lo Stato ha chiuso i vicini pozzi di iniezione e installato nuove stazioni sismometriche per rilevare le scosse troppo deboli per essere percepite. L'Ohio ha poi emanato nuovi regolamenti in base a cui una scossa anche solo di magnitudo 2, circa dieci volte troppo debole per generare tremori osservabili, porta a indagini e chiusure di pozzi. Il picco dei terremoti in Ohio è stato registrato nel 2011, con 11 eventi, ridottisi a quattro nel 2015, secondo i dati dello USGS.

Anche il Kansas ha reagito con relativa rapidità. Nel settembre 2014 Rex Buchanan, direttore del Kansas Geological Survey, stava guardando una partita di baseball dei Kansas City Royals quando il suo telefono cellulare ha ricevuto una serie di messaggi di allerta dallo USGS. Le scosse colpivano il Kansas centro-meridionale al confine con l'Oklahoma. Non era una sorpresa, visto che in

Più acqua iniettata, più terremoti

Negli ultimi sei anni in Oklahoma il numero di pozzi che iniettano nel sottosuolo profondo acque provenienti dalla produzione di gas e petrolio è cresciuto. Ma molto di più è cresciuto il volume dell'acqua smaltita sottoterra, da 849 milioni di barili al mese nel 2009 [1 barile = 119,2 litri, N.d.t.] a 1538 milioni nel 2014 (*sfumature di verde*). I terremoti di magnitudo 3,0 (avvertiti da qualcuno, basse probabilità di danni) o superiore si sono analogamente moltiplicati, da 20 nel 2009 a 581 nel 2014 (*cerchi arancioni*).

Volume delle acque di smaltimento iniettate, per contea
 0 barili 300 milioni di barili
 Terremoti di magnitudo pari o superiore a 3,0



quell'anno il Kansas era stato colpito da più di 100 terremoti, contro una media storica di uno ogni due anni. Ma l'intensità delle scosse stava crescendo, e subito aveva raggiunto magnitudo 4,2. Il governatore dello Stato, Sam Brownback, ha riunito un gruppo operativo sulla sismicità indotta; presieduto da Buchanan, il gruppo ha valutato i sismi raccomandando poi di limitare i volumi iniettati in cinque zone sismiche di due contee.

Come hanno fatto i funzionari del Kansas ad arrivare a una posizione condivisa? «Non credo che avremmo potuto trovare un'altra spiegazione», dice Buchanan. «Se il livello di attività è quello che abbiamo visto, se c'è un incremento massiccio, e quasi negli stessi posti dove sono in funzione i pozzi che iniettano volumi elevati, e se si vede la stessa correlazione in Oklahoma, è difficile arrivare a un'altra conclusione». E aggiunge che con i colleghi ha avuto il vantaggio di poter seguire lo sviluppo degli aspetti scientifici e normativi anche in Ohio, Texas e Oklahoma. Finora le misure prese in Kansas sembrano aver avuto un impatto. «Di certo da noi l'attività è diminuita negli ultimi tempi», dice Buchanan, sia per frequenza sia per intensità delle scosse. «Ma ho insistito molto con tutti che questo non è ancora un problema più o meno risolto».

Almeno in parte la riduzione dell'attività sismica è legata all'attuale basso prezzo del petrolio, che ha spinto alcuni operatori a ridurre le perforazioni e quindi a produrre meno acqua da smaltire. Ma i prezzi finiranno per risalire, dice Buchanan, che vuole essere pronto, «per non dover passare di nuovo per tutto questo».

Quanto possono diventare forti?

Per redigere normative edilizie e polizze assicurative bisogna sapere dove colpiranno e quanto saranno forti i prossimi terremoti indotti. Per questo i geologi dell'Earthquake Hazards Program dello USGS analizzano i tassi della sismicità indotta sempre più frequente in molte parti degli Stati Uniti, e le differenze negli effetti delle scosse tra terremoti naturali e quelli indotti.

Gli scienziati hanno trovato che i movimenti del terreno dovuti ai terremoti indotti sono più forti proprio sopra l'epicentro ma meno intensi allontanandosi dall'area immediatamente colpita, forse perché quelli indotti tendono a essere più superficiali rispetto ai sismi naturali. Però dato che gli strati superiori della crosta terrestre a est delle Montagne Rocciose sono più densi rispetto a quelli della California, trasmettono l'energia in modo efficiente, e i terremoti indotti possono essere avvertiti a grande distanza.

Poi il gruppo ha dovuto determinare la massima intensità di questi sismi. A che intensità possono arrivare? Confrontando i terremoti degli Stati Uniti centrali con quelli di altre aree geologicamente simili del mondo – e notando che, almeno finora, i terremoti indotti tendono a produrre rotture in faglie, o sezioni di faglie, più piccole di quelle dei terremoti della costa occidentale – hanno stabilito come limite superiore magnitudo 6, che può danneggiare anche strutture ben costruite. «Ma non possiamo escludere scosse di magnitudo 7 o più», dice Mark Petersen, a capo del National Seismic Hazard Mapping Project. Dato che nell'archivio preistorico gli scienziati hanno prove di terremoti di questa intensità nella regione Texas-Oklahoma, le nuove mappe dello USGS prevedono con bassa probabilità anche questa possibilità.

Infine gli scienziati hanno individuato l'intervallo di tempo entro cui emettere ragionevoli previsioni per i terremoti; e lo hanno definito in un periodo della durata di un anno, basandosi sulla frequenza dei terremoti dell'anno precedente, presentando l'informazione in mappe. «È come per le previsioni del tempo», dice Petersen. «Se è piovuto oggi, è più probabile che poverà domani».

Lo USGS ha pubblicato le mappe il 28 marzo 2016. I modelli computerizzati usati per generarle stimano anche dove, quanto spesso e con quanta forza potrebbe tremare il suolo, permettendo ad abitanti, ingegneri e urbanisti di conoscere la probabilità che la loro comunità sia danneggiata da un sisma l'anno successivo.

Bloccare il pericolo

Per molti abitanti dell'Oklahoma è chiaro che il rischio è cresciuto, e i dati lo confermano. La frequenza dei terremoti nello Stato è aumentata con rapidità stupefacente. Nel 2013 sono state registrate 109 scosse di magnitudo 3 o superiore. L'anno dopo sono balzate a 585, e nel 2015 sono arrivate a 890.

Questa crescita ha portato a due comunicati di allerta, pubblicati da USGS e OGS a ottobre 2013 e maggio 2014. I sismologi dichiaravano che per l'Oklahoma era significativamente aumentata la probabilità di un terremoto di magnitudo 5,5. «Era la prima volta, credo, che diramavamo un bollettino di allerta per eventi a est delle Montagne Rocciose», dice Robert Williams, coordinatore dello USGS per il rischio sismico negli Stati Uniti centrali e orientali.

Intanto Scienziati come Keranen e Mark Zoback, geofisico della Stanford University, producono analisi più dettagliate del perché le scosse avvengono così di frequente in certi posti ma meno

di frequente, o per niente, in altri. Il North Dakota, per esempio, secondo Stato dopo il Texas per produzione di greggio, ha rilevato un solo terremoto negli ultimi cinque anni. Una possibilità è che la pressione dei fluidi non sia ancora arrivata a un livello sufficiente a provocare scosse. Ed è possibile che solo una parte delle faglie abbiano l'orientamento giusto, rispetto alle tensioni naturali della crosta terrestre, per produrre uno slittamento.

Insieme alla scienza sono progredite le normative. L'OGS ha dichiarato ad aprile 2015 che i pozzi di smaltimento innescavano terremoti. «L'OGS ritiene assai probabile che la maggioranza dei recenti terremoti, e in particolar modo quelli nell'Oklahoma centrale e centro-settentrionale, siano scatenati dall'iniezione dell'acqua prodotta nei pozzi di smaltimento», dice una dichiarazione.

Da allora l'Oklahoma ha chiesto che oltre 600 pozzi di smaltimento attivi in zone a rischio sismico tagliassero i volumi iniettati dal 40 per cento rispetto ai livelli del 2014. Sebbene sia presto per capire se le azioni avranno un effetto duraturo, secondo Jeremy Boak, direttore dell'OGS, si inizia a vedere un declino della frequenza dei terremoti nelle aree interessate dalla riduzione delle iniezioni. Nel complesso però a inizio 2016 c'è stato un aumento delle scosse più forti. Da Stanford, Ellsworth non offre soluzioni normative ma si chiede se le riduzioni in Oklahoma saranno sufficienti: «Si pompa di meno, ma si pompa. E non c'è nessuna garanzia di non incontrare una faglia e provocare un terremoto».

Molti si chiedono perché l'Oklahoma abbia atteso il 2015, dopo aver subito oltre 750 terremoti in sette anni, per intraprendere azioni significative.

Matt Skinner, portavoce dell'Oklahoma Corporation Commission, che regola il settore dell'estrazione di idrocarburi, dice che l'agenzia ha chiuso singoli pozzi e preso altre misure per gestire il rischio di terremoti dal 2013. Ha intrapreso azioni più vaste solo l'anno scorso perché a quel punto erano stati pubblicati più studi scientifici che mostravano quanto lontano poteva spostarsi la pressione da un pozzo di smaltimento. «La questione non era più "su quale pozzo dobbiamo intervenire", ma "su quale gruppo di pozzi bisogna agire per ridurre i potenziali rischi"», dice Skinner.

Keller, il direttore dell'OGS oggi in pensione, dice di aver considerato anche la dipendenza economica dello Stato da petrolio e gas. «Siamo stati più lenti di quelli che sono partiti subito all'attacco», dice. «Cercavamo un equilibrio con l'impatto economico, senza cedere al panico, e al tempo stesso di essere responsabili. Non

era facile capire che fare». Per i gestori dei pozzi, riduzione dei volumi significa perdite di ricavi, e magari dover trasportare le acque di smaltimento con autocisterne su lunghe distanze.

Il Texas ha introdotto nuove misure di sorveglianza sismica. L'anno scorso ha stanziato quasi 4,5 milioni di dollari destinati a una rete di sismometri e alla ricerca in ambito sismico. Negli ultimi due anni la RCC si è data inoltre nuovi poteri con cui può chiudere pozzi e chiedere ai gestori di eseguire test in aree di nuova attività sismica. Pur avendo espresso preoccupazione per i terremoti, finora l'agenzia non ha concluso formalmente che qualcuno di questi eventi sia stato innescato dall'estrazione di idrocarburi.

Altre strategie di mitigazione esplorate da Stati e compagnie estrattive sono il riciclaggio delle acque o la loro iniezione in strati di roccia più lontani o isolati dalle faglie profonde. Un'altra possibilità è aumentare la distanza tra i pozzi di iniezione.

Per le compagnie estrattive, una moratoria sulle iniezioni – anche in una sola area estesa – è inaccettabile. «Bandire l'iniezione delle acque significa bandire la produzione di petrolio e gas», dice Steve Everley, portavoce di Energy InDepth, che fa parte dell'Independent Petroleum Association of America. Perché non ci sono ancora alternative economicamente valide, dice Everley, e molte di queste alternative hanno costi ambientali, per esempio il trasporto di acqua altrove per lunghe distanze con le autocisterne.

Anche se l'Oklahoma chiudesse oggi tutti i pozzi, secondo molti esperti i sismi continuerebbero. «Cerchiamo di calcolare quanta energia si trova nel sistema a questo punto e per quanto tempo potrebbe andare avanti così: con l'attuale frequenza di scosse i numeri sono molto grandi», dice Daniel McNamara, sismologo del Geological Hazard Science Center dello USGS a Golden, Colorado.

Alla richiesta di precisazioni, ha fatto una pausa. Poi ha aggiunto: «Secoli».

PER APPROFONDIRE

Sharp Increase in Central Oklahoma Seismicity since 2008 Induced by Massive Wastewater Injection. Keranen K. e altri, in «ScienceExpress online», 3 luglio 2014.

High-Rate Injection Is Associated with the Increase in U.S. Mid-continent Seismicity. Weingarten M. e altri, in «Science», Vol. 348, pp. 1336-1340, 19 giugno 2015.

2016 One-Year Seismic Hazard Forecast for the Central and Eastern United States from Induced and Natural Earthquakes. Petersen M.D. e altri, U.S. Geological Survey Open-File Report 2016-1035, 28 marzo 2016.

Mappe di Amanda Montañez. Fonti: «Class: The Saltwater Disposal for 2009-2014 at the annual, State- and County- scales by geological zones of completion, Oklahoma, di Kyle E. Murray e altri, Oklahoma Geological Survey, 31 dicembre 2015 (acque di smaltimento iniettate); USGS Earthquake Maps (mappe dei terremoti)