

BOLLE DI GAS METANO (in bianco) provenienti dal fondo di un lago artico si congelano vicino alla superficie.

Metano: la minaccia dal profondo



Il permafrost dell'Artico si sta sciogliendo, creando laghi che emettono metano. Questo gas potrebbe accelerare drasticamente il riscaldamento globale. Quanto è grande il pericolo? E che cosa si può fare?

di Katey Walter Anthony

L'atterraggio sulla pista sterrata di Čerskij, all'estremità nord-orientale della Siberia, è piuttosto doloroso. La punta rinforzata di uno stivale che si trova dentro un mucchio di attrezzature ammassate tra me e i miei tre colleghi, pressati all'interno di un piccolo aereo a elica, sbuca fuori e mi colpisce proprio sul sedere. È l'ultima tappa del viaggio di cinque giorni che ci ha portato da Fairbanks, in Alaska, attraverso la Russia fino alla Northeast Science Station, in una terra ricchissima di laghi, che stiamo nuovamente visitando per monitorare un gigante pericoloso. Un gigante che potrebbe accelerare enormemente il riscaldamento globale.

Queste spedizioni ci aiutano a capire quanto permafrost (il terreno perennemente congelato) in Siberia e nel resto dell'Artico si stia sciogliendo o sia sul punto di sciogliersi, e quanto metano potrebbe generare questo processo. Il fenomeno ci preoccupa – come preoccupa altri scienziati e deci-

IN SINTESI

- Il permafrost sul fondo di numerosi laghi artici si sta sciogliendo, liberando metano. Una volta in atmosfera, questo gas potrebbe accelerare il riscaldamento globale.
- Secondo nuove stime, entro il 2100 lo scioglimento del permafrost potrebbe incrementare le emissioni globali di metano del 20-40 per cento rispetto a quelle già previste da altre fonti.
- L'unico modo per rallentare lo scioglimento del permafrost è limitare il riscaldamento del pianeta.

SCALA: la distanza tra le linee nere è di 10 centimetri.

sori politici – perché il metano è un gas serra molto potente, con un potere riscaldante per molecola 25 volte più alto rispetto all'anidride carbonica. Se il permafrost si sciogliesse rapidamente, a causa del riscaldamento globale, la temperatura del pianeta potrebbe crescere più velocemente rispetto alle previsioni dei modelli attuali. I nostri dati, combinati con le analisi di altri gruppi, rivelano una tendenza preoccupante.

Il congelatore è aperto

I cambiamenti del permafrost, che ricopre il 20 per cento delle terre emerse, sono inquietanti perché nello strato superficiale di terreno ghiacciato spesso qualche decina metri sono immagazzinati circa 950 miliardi di tonnellate di carbonio. (Ma il permafrost può arrivare a profondità di centinaia di metri). Sotto forma di resti di piante e animali morti, questo carbonio si è accumulato in un arco di decine di migliaia di anni. E fino a quando rimane congelato sotto i laghi dell'Artico non è un pericolo, visto che resta lontano dall'atmosfera.

Ma quando il permafrost si scongela il carbonio diventa disponibile per i microrganismi che lo degradano rapidamente, producendo gas. Lo stesso processo avviene se lasciamo aperto il congelatore: dopo un certo tempo, il cibo si scongela e inizia a marcire. L'ossigeno stimola batteri e funghi a decomporre aerobicamente la materia organica, producendo anidride carbonica. Se però l'ossigeno è assente, come nei sedimenti che si trovano sul fondo dei laghi artici, la decomposizione avviene in maniera anaerobica e viene prodotto metano (oltre a una piccola quantità di anidride carbonica). Dal fondo dei laghi, le molecole di metano formano bolle, che poi risalgono attraverso l'acqua e arrivano in atmosfera.

Nell'Artico, la decomposizione anaerobica è la principale fonte di metano. Quando il ghiaccio del permafrost si scioglie, il terreno di superficie crolla, formando delle depressioni. L'acqua di deflusso riempie rapidamente le depressioni, creando numerosi piccoli laghi sul cui fondo il permafrost si scioglie ancora più velocemente, producendo grandi quantità di metano. Le tracce sul terreno mostrano che il disgelo è in atto da circa 10.000 anni, cioè dall'inizio dell'ultimo periodo interglaciale. Ma i dati satellitari registrati negli ultimi decenni suggeriscono che forse lo scioglimento del permafrost sta accelerando.

ESPOSTI A NORD: Se le temperature globali continueranno a salire, tra il 2050 e il 2100 vaste distese di permafrost si scioglieranno, emettendo enormi quantità di metano che accelereranno ulteriormente il riscaldamento del clima.

LA MINACCIA IN CIFRE

Il permafrost copre il **20 per cento** delle terre emerse.

Attualmente un terzo o forse addirittura la metà del permafrost, una ricca fonte di metano, si trova a soli **1,0-1,5 gradi** dal disgelo.

Se lo scongelamento avverrà con i tassi previsti, entro il 2100 il permafrost contribuirà alle emissioni di metano già esistenti, sia naturali sia umane, per un ulteriore **20-40 per cento**.

Il metano in atmosfera ha un potere riscaldante **25 volte** più grande rispetto a quello dell'anidride carbonica.

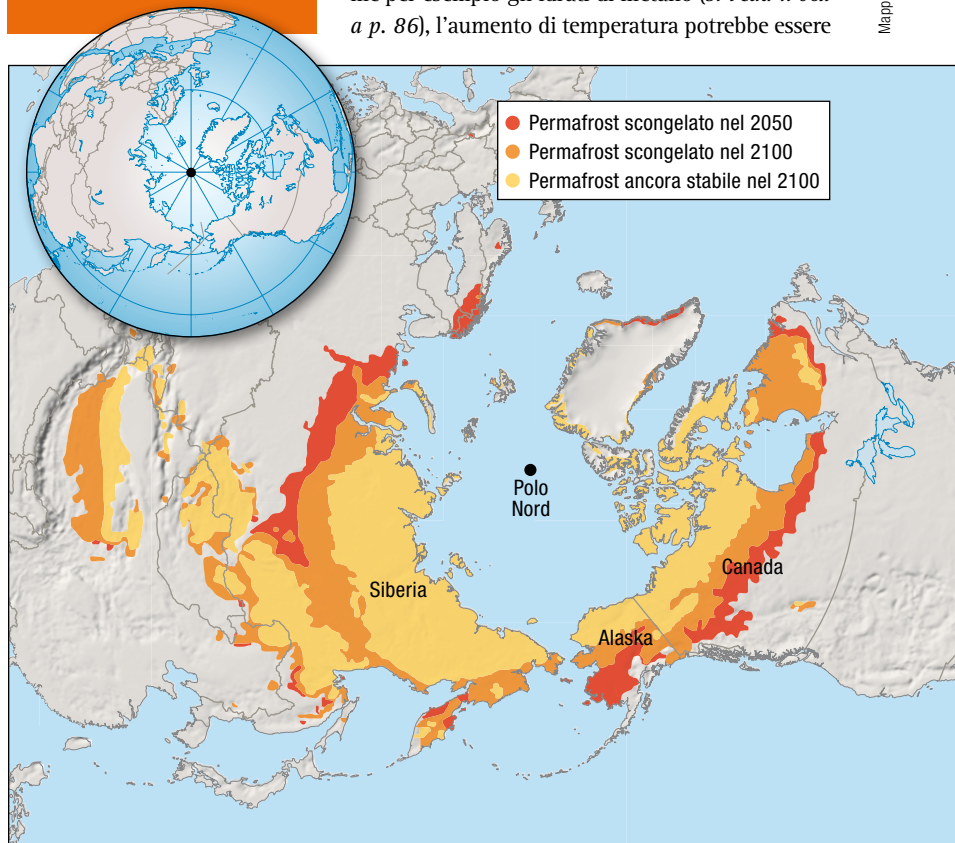
Come conseguenza, la temperatura media annuale della Terra potrebbe salire di altri **0,32 gradi**, sconvolgendo ulteriormente il clima e i livelli dei mari.

I dati satellitari sono in accordo con le osservazioni eseguite dal mio collega di Fairbanks Vladimir E. Romanovsky e da altri scienziati in numerosi siti in Alaska e in Siberia. Romanovsky ha rilevato che a partire dagli anni settanta la temperatura del permafrost di quei siti è aumentata. E in base alle sue misurazioni ha calcolato che una percentuale variabile tra un terzo e metà del permafrost dell'Alaska si trova a 1-1,5 gradi Celsius dal punto di disgelo; in altri luoghi del pianeta, invece, è già stata superata la soglia critica.

In base a osservazioni che il mio e altri gruppi stanno effettuando a Čerskij e in altre località, sembra che il disgelo stia accelerando, e che le emissioni potrebbero essere molto più elevate rispetto alle previsioni. Secondo le nostre stime più aggiornate, al tasso di riscaldamento attuale, entro il 2100 le emissioni di metano provenienti dal permafrost potrebbero superare di gran lunga quelle da altre fonti naturali e di origine antropica. In base alle stime di Vladimir Alexeev, altro mio collega a Fairbanks, la quantità di gas serra risultante, unita all'anidride carbonica che verrebbe prodotta dal terreno scongelato ed esposto all'atmosfera, potrebbe incrementare la temperatura media annuale del pianeta di 0,32 gradi Celsius.

Questo incremento potrebbe sembrare trascurabile, ma in realtà contribuirebbe significativamente all'alterazione del clima globale, con pesanti effetti sul livello dei mari, sull'agricoltura e sulla diffusione delle malattie. Se poi venissero liberate anche le fonti di metano più profonde, come per esempio gli idrati di metano (*si veda il box a p. 86*), l'aumento di temperatura potrebbe essere

Mapping Specialists



Cortesia Marmian Grimes. Marketing e comunicazione dell'Università dell'Alaska a Fairbanks; cortesia Katey Walter Anthony (autora)



di svariati gradi. Quindi abbiamo tutto l'interesse a ridurre drasticamente l'attuale tasso di riscaldamento, evitando di spingere vaste aree dell'Artico oltre la soglia di sicurezza.

Il gigante sotto la Siberia

Per confermare (o confutare) le nostre stime, lo studio di aree come Čerskij è fondamentale. Mentre cammino lungo le rive di un fiume insieme a Sergei A. Zimov, mio collega alla Northeast Science Station, faccio molta attenzione a dove metto i piedi. Lo strato di terreno è spesso solo mezzo metro, ed è composto prevalentemente da torba fangosa ricoperta di muschio, il tutto poggiato in maniera precaria su uno strato di ghiaccio profondo tra i 40 e gli 80 metri. Gli alberi, di dimensioni striminzite perché le radici non riescono a penetrare nel suolo ghiacciato, formano una «foresta ubriaca» in cui ogni pianta è inclinata con un angolo diverso a causa dei sollevamenti del terreno prodotti durante la stagione estiva. Dietro di me, un albero particolarmente ubriaco si schianta al suolo; attraverso il buco lasciato dalle radici riusciamo a vedere la superficie liscia e nera del ghiaccio sottostante e veniamo avvolti dall'odore rancido di materia organica in decomposizione. Ed è anche difficile non pungersi i piedi con l'enorme quantità di ossa sparse sul terreno: rinoceronti lanosi, mammut, leoni, orsi e cavalli del Pleistocene.

Per Zimov questa regione è un'autentica miniera d'oro, e non a causa dei crani e delle zanne di animali estinti. Nel 1989, spinto da un interesse per la quantità di carbonio intrappolato nel terreno, fondò, insieme ad altri giovani scienziati, la Northeast Science Station per monitorare durante tutto l'anno il permafrost della tundra e della tai-

ga. Quei ricercatori esplorarono i grandi fiumi russi a bordo di piccole imbarcazioni e scalarono senza corde i dirupi presenti nel permafrost per misurarne il contenuto di carbonio, cioè il principale precursore del metano. Servendosi di carri armati e di bulldozer forniti dall'esercito, simularono gli eventi di disturbo del terreno che causano la rimozione degli strati superiori del suolo, come i grandi incendi. I loro esperimenti servirono a mostrare al mondo le dimensioni e l'importanza dei depositi di carbonio presenti nel permafrost.

Ma per quale motivo Zimov (e in seguito il mio gruppo) aveva deciso di concentrarsi su una zona conosciuta solo per avere ospitato i gulag sovietici? Perché il permafrost non è sempre uguale. Qualsiasi terreno la cui temperatura media annuale rimanga inferiore a zero gradi Celsius per almeno due anni consecutivi viene classificato come permafrost, indipendentemente dalla presenza di ghiaccio. In questa parte della Siberia è presente un tipo particolare di permafrost, chiamato yedoma, ricco di ghiaccio e carbonio, elementi essenziali per la produzione di metano. Fino al 90 per cento del volume dello yedoma è composto da enormi cunei di ghiaccio alti tra 10 e 80 metri e da lenti di ghiaccio più piccole; il resto è terreno ricco di materia organica proveniente da animali e piante del Pleistocene.

Lo yedoma si formò alla fine dell'ultima era glaciale su circa 1,8 milioni di chilometri quadrati in Siberia e in alcune aree del Nord America, quando tutta la materia organica si congelò prima che i microbi potessero decomporla. Di fatto, un immenso deposito di cibo fu sigillato in attesa di un cambiamento delle condizioni climatiche in grado di lasciare aperto il congelatore.

GHIACCIO INFUOCATO. Per stimare la quantità di metano immesso in atmosfera a livello globale, l'autrice (giacca blu) e lo studente di dottorato Dragos Vas raccolgono il gas liberato dalla superficie di un lago ghiacciato in Alaska. Come il gas naturale, anche il metano è altamente infiammabile.

L'AUTRICE

KATEY WALTER ANTHONY (Katey M. Walter nelle pubblicazioni più datate) è ricercatrice al Water and Environmental Research Center dell'Università dell'Alaska a Fairbanks. Divide il proprio tempo tra l'Alaska e vari siti in Siberia, dove studia le emissioni di metano e anidride carbonica dai laghi e dal permafrost scongelato.





NUOVI LAGHI si stanno formando in tutta la Siberia via via che l'aria calda scioglie il terreno congelato. Sotto, l'autrice (*con la giacca rossa*) raccoglie insieme a Louise Farquharson campioni di permafrost esposto (*terreno grigio*). Spesso, sotto un sottile strato di terreno non congelato il permafrost si estende in profondità per decine di metri.



Cortesia Guido Grosse, Istituto di geofisica dell'Università dell'Alaska a Fairbanks

Kevin Hand (illustrazione)

Il recente riscaldamento del clima ha contribuito allo scioglimento dello yedoma, generando i laghi. Quando il terreno si scongela e sprofonda (fenomeno noto come termocarsismo) è persino possibile vedere la vegetazione collassare lungo i bordi di questi specchi d'acqua, che ormai coprono fino al 30 per cento della Siberia. Il progressivo disgelo del terreno fa diventare questi laghi sempre più grandi e profondi, fino a formare veri e propri bacini produttori di metano.

Bollicine pericolose

Nel corso degli anni novanta i ricercatori della Northeast Science Station avevano notato la comparsa di bolle di metano sulla superficie dei laghi. Ancora però non sapevano quale importanza potesse avere quel fenomeno a livello globale. Ecco il motivo dell'atterraggio a Čerskij nell'agosto 2009, la mia nona spedizione in questa regione, dove ho potuto studiare l'espansione dei laghi termocarsici e l'emissione di metano dal permafrost.

Le mie ricerche sono iniziate nel 2000, per il PhD. All'epoca si sapeva già che i livelli di metano (il terzo gas serra più abbondante dell'atmosfera dopo anidride carbonica e vapore acqueo) erano in aumento. L'entità e il tasso di crescita delle emissioni non avevano precedenti negli ultimi 650.000 anni. Nel lontano passato la concentrazione di metano in atmosfera aveva subito oscillazioni anche

del 50 per cento in relazione a variazioni climatiche naturali che duravano migliaia di anni. Ma oscillazioni di quel tipo apparivano minime a confronto dell'aumento del 160 per cento verificatosi dalla metà del XVIII secolo a oggi. Si era infatti passati dalle 700 parti per miliardo degli anni precedenti la Rivoluzione Industriale alle quasi 1800 parti per miliardo del 2000.

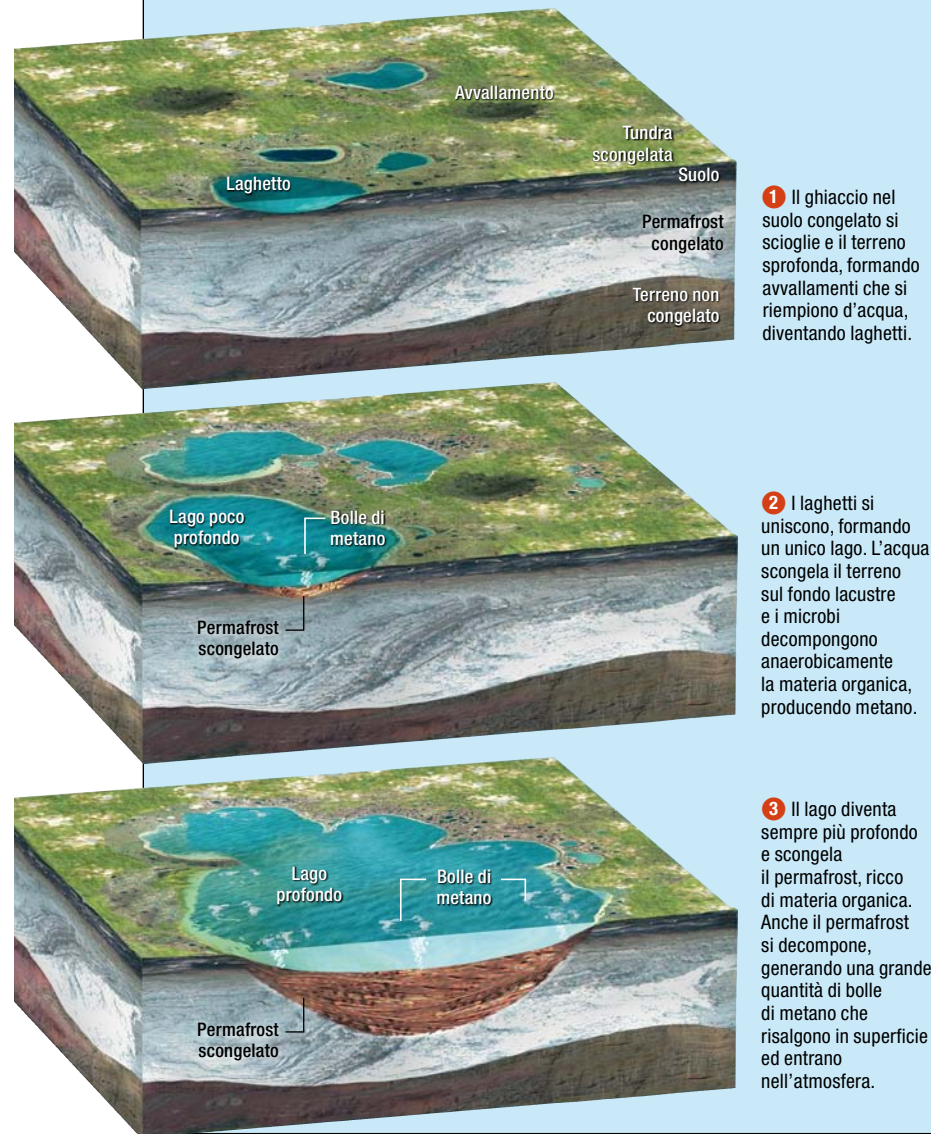
Gli scienziati sapevano che agricoltura, industria, discariche e altre attività umane erano coinvolte nell'aumento recente. Ma sapevano anche che circa metà del metano immesso ogni anno in atmosfera proveniva da fonti naturali. Nessuno, però, aveva identificato quelle fonti.

Ho trascorso gli anni dal 2001 al 2004 divisa tra la mia baita di Fairbanks e la stazione di Čerskij, dove ho lavorato con Zimov e gli altri ricercatori. Nella biblioteca della stazione, una piccola costruzione di legno dipinta di giallo, ho trascorso notti a cercare di costruire galleggianti di plastica da collocare sopra i laghi per catturare le bolle di metano. Disponevo le trappole sporgendomi dal bordo di imbarcazioni abbandonate di cui mi ero appropriata e le controllavo quotidianamente per registrare il volume di gas raccolto. All'inizio, il metano recuperato non era molto.

Ma presto è arrivato l'inverno, e una mattina di ottobre, quando il ghiaccio era spesso appena da reggere il mio peso, mi sono avventurata sulla luci-

Come si forma il metano

Nel freddo ambiente artico, sotto un sottile strato di suolo recente, si trovano i resti congelati nel permafrost di piante e animali morti in tempi remoti. Con il riscaldamento dell'atmosfera, però, il terreno si scioglie, e ha inizio la produzione di metano.



da superficie e ho avuto una grande sorpresa. Come in un cielo stellato, ammassi di bollicine bianche e brillanti erano rimasti intrappolati sotto la superficie nera del ghiaccio, mostrandomi una mappa dei punti da cui il gas filtrava dal fondo sottostante. Ho infilato un'asta in una delle bolle bianche e una folata di vento si è levata verso l'alto. Allora ho acceso un fiammifero; si è sprigionata una fiammata alta cinque metri che mi ha fatto cadere all'indietro, scottandomi il viso e bruciandomi le sopracciglia. Metano!

Per tutto il resto dell'inverno mi sono avventurata sui laghi ghiacciati per collocare trappole in

vari punti. In più occasioni avevo poggiato il piede su un punto di uscita delle bolle, sprofondando nell'acqua gelida. Da questi punti sul fondo dei laghi può uscire tanto metano che la convezione causata dalla risalita delle bolle permette la formazione solo di un sottile strato di ghiaccio, lasciando fragili aperture grandi più o meno quanto un tombino, nonostante la temperatura durante l'inverno arrivi anche a -50 gradi Celsius. Catturavo fino a 25 litri di metano al giorno da ciascun punto, molto più di quanto raccoglievano gli altri scienziati. Ho disegnato una mappa dei punti di uscita del metano e delle relative emissioni. Le emissioni più intense si verificavano vicino ai bordi dei laghi, dove lo scioglimento del permafrost era più rapido. In alcuni punti l'età del gas, misurata con il radiocarbonio, era di 43.000 anni, suggerendo una provenienza dallo yedoma.

Dal 2002 al 2009 ho condotto ricerche su 60 laghi di diverso tipo e dimensioni sia in Siberia sia in Alaska. Inaspettatamente, la crescita delle emissioni di metano nella regione studiata è risultata sproporzionata rispetto alla crescita della superficie dei laghi nella stessa regione: quasi il 45 per cento in più, e con tendenza all'aumento.

Estrapolata ai laghi di tutto l'Artico, la mia stima indicherebbe che ogni anno vengono rilasciati tra 14 e 35 milioni di tonnellate di metano. Le analisi delle carote di ghiaccio estratte dal Polo e le datazioni al radiocarbonio del bacino di alcuni laghi prosciugatisi in epoche remote hanno mostrato che tra 10.000 e 11.000 anni fa i laghi termocarsici contribuirono significativamente all'improvviso riscaldamento del clima (fino all'87 per cento del metano fu prodotto nell'emisfero nord, ponendo fine all'ultima glaciazione). Questi dati ci dicono che, in condizioni adeguate, lo scongelamento del permafrost e il rilascio di metano potrebbero aumentare di intensità, creando un circolo vizioso in grado di autoalimentarsi: il carbonio accumulato nel Pleistocene è rilasciato sotto forma di metano, che contribuisce al riscaldamento dell'atmosfera, che a sua volta stimola ulteriormente il disgelo e l'emissione di altro metano. Oggi c'è il rischio che il riscaldamento causato dalle attività umane innesci un'altra volta questo ciclo.

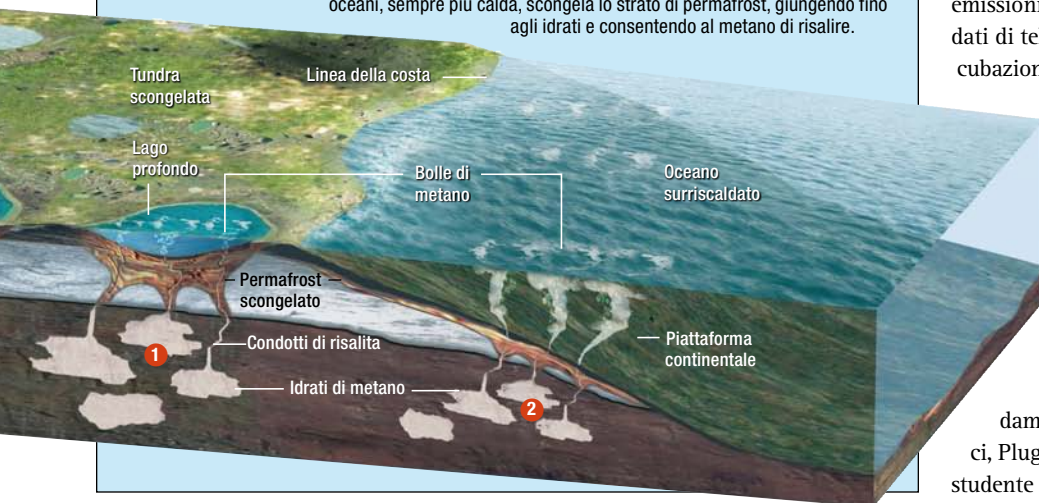
Quanto tempo occorrerebbe per mettere in moto questo fenomeno? Stando ai modelli citati nel 2007 dall'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), il riscaldamento più intenso si avrà alle latitudini più elevate, con la possibilità, secondo alcuni modelli, di aumenti nell'ordine dei 7-8 gradi Celsius entro la fine del XXI secolo. Basandoci su numerose analisi, io e i miei colleghi prevediamo che in futuro (potrebbero volerci decine di

Idrati: l'altro pericolo

Lo scioglimento del permafrost non è l'unico pericolo. Enormi quantità di metano sono intrappolate dentro gabbie di ghiaccio a centinaia di metri di profondità sotto il suolo e sotto il fondo degli oceani. Se questi «idrati di metano» dovessero sciogliersi e liberare il gas in atmosfera, produrrebbero quasi certamente gravi alterazioni del clima. Lo studio dei sedimenti marini suggerisce che un evento del genere potrebbe essersi verificato 55 milioni di anni fa a causa del rapido aumento delle temperature oceaniche. Secondo alcuni scienziati russi, sotto la piattaforma siberiana (la parte di continente sommersa compresa tra costa e mare aperto) si trovano più di 1000 miliardi di tonnellate di metano. Se anche solo il 10 per cento di questo gas fuoriuscisse (100 miliardi di tonnellate), sarebbe comunque una quantità doppia rispetto ai 50 milioni di tonnellate che, in base alle nostre stime, verrebbero rilasciate dallo scioglimento del permafrost. Un riscaldamento degli abissi oceanici è improbabile nell'immediato futuro, ma sono state osservate alte concentrazioni di metano in acque poco profonde ai margini della piattaforma. Gli studi in corso dovrebbero stabilire se il gas proviene dagli idrati o (più probabilmente) dalla materia organica nel permafrost sotto il fondo marino. Sulla terraferma, se le zone di scongelamento sotto i laghi si estendessero in profondità intaccando il terreno sottostante, i depositi di idrati potrebbero essere raggiunti e il metano troverebbe una via di fuga. Il mio gruppo sta collaborando con Carolyn Ruppel e John Pohlman, dello U.S. Geological Survey, per valutare questa possibilità. Se gli idrati si rivelassero una minaccia, si potrebbe mitigarne in parte gli effetti estraendo il metano prima che giunga in superficie. Il gas contenuto negli idrati del pianeta potrebbe fornire più energia di tutto il gas naturale, del carbone e del petrolio messi insieme. Ma solo una piccola parte sarebbe economicamente conveniente da estrarre, perché gli idrati sono dispersi all'interno di vari strati geologici: esplorazione ed estrazione sarebbero troppo costose (anche con il petrolio a 100 dollari al barile). In alcune aree, però, la presenza di depositi concentrati potrebbe rendere l'estrazione più conveniente. Non a caso Giappone, Corea del Sud e Cina, desiderosi di ridurre le importazioni di combustibili fossili, stanno investendo in tecnologie del genere. Conoco Phillips e British Petroleum stanno valutando la redditività di alcuni depositi negli Stati Uniti. Lo sfruttamento dei gas idrati è ancora controverso. Se un numero sufficiente di studi indicasse un imminente e incontrollabile rilascio di metano da questi depositi, la cattura del gas mitigherebbe il riscaldamento climatico. Ma non siamo sicuri che queste emissioni avverranno, quindi un'eventuale estrazione di idrati non farebbe altro che esasperare i cambiamenti climatici causati dai combustibili fossili. Dal punto di vista del riscaldamento globale, faremmo meglio a lasciare gli idrati dove si trovano.

IL GIGANTE SOTTO TERRA ▼

Se intaccati, grandi depositi di ghiaccio e gas situati in profondità, noti come idrati, potrebbero improvvisamente rilasciare enormi quantità di metano. Ci sono due possibili scenari. **1** Sulla terraferma, colonne di permafrost scongelato si estendono in profondità fino a penetrare nei depositi, fornendo al metano una via d'uscita. **2** Sotto le piattaforme continentali l'acqua degli oceani, sempre più calda, scongela lo strato di permafrost, giungendo fino agli idrati e consentendo al metano di risalire.



anni o anche secoli) almeno 50 miliardi di tonnellate di metano verranno emesse dai laghi termocarsici della Siberia a causa dello scongelamento dello yedoma. Questa quantità di metano sarebbe dieci volte più grande rispetto a quella presente oggi in atmosfera.

Calibrare i modelli

Le nostre stime attuali necessitano però di essere riviste con modelli più sofisticati, che tengano conto anche dei possibili cicli retroattivi che potrebbero agire da freno sul sistema. In Alaska, per esempio, un numero mai osservato in precedenza di laghi termocarsici si sta svuotando. Il fenomeno riguarda i laghi che si formano nelle aree più elevate. Questi bacini crescono fino a quando non incontrano un pendio; a quel punto l'acqua inizia a defluire verso valle, causando erosione del terreno e ulteriore drenaggio, fino a trascinare i sedimenti nei fiumi e nell'oceano. I bacini drenati si riempiono poi di vegetazione e diventano spesso delle paludi. Nonostante queste nuove formazioni producano metano durante l'estate (quando non sono congelate), le loro emissioni totali nel corso dell'anno sono spesso inferiori a quelle dei laghi.

È difficile dire se questo tipo di processi riduca le emissioni di metano considerevolmente oppure solo di qualche punto percentuale. Nel 2008 ho avviato due progetti insieme a Guido Grosse, mio collega a Fairbanks, Lawrence Plug, della Dalhousie University in Nuova Scozia, e Mary Edwards, dell'Università di Southampton, con l'obiettivo di migliorare le approssimazioni al primo ordine dei cicli retroattivi negativi e di quelli positivi. Un passaggio chiave sarà la produzione di una mappa e di una classificazione dei laghi termocarsici e del ciclo del carbonio in Siberia e in Alaska, che dovrebbero essere pronte entro quest'anno. Le ricerche interdisciplinari collegano misurazioni di emissioni e misurazioni ambientali, dati geofisici, dati di telerilevamento e dati provenienti dall'incubazione in laboratorio del permafrost congelato e dei sedimenti dei laghi. L'obiettivo è un modello quantitativo delle emissioni di metano e di anidride carbonica prodotte dai laghi termocarsici dall'ultimo massimo glaciale (21.000 anni fa) fino a oggi, e una previsione dell'effetto che questo metano avrà sul clima globale nei prossimi decenni oppure nei prossimi secoli.

Per prevedere come in futuro il riscaldamento potrà influenzare i laghi termocarsici, Plug sta sviluppando insieme a Mark Kessler, studente di postdottorato che lavora con noi, due



SOLUZIONE? In Siberia un pastore di renne ripara la recinzione che circonda la grande area nota come Pleistocene Park. Animali erbivori, come i cavalli della Jacuzia, sono stati introdotti qui per consentire alla prateria di stabilizzarsi. Questo bioma contribuisce a mantenere freddo il permafrost.

modelli informatici. Il primo simulerà le dinamiche che avvengono in un singolo lago. Il secondo è un modello macroscopico che comprenderà processi di instabilità dei versanti, movimenti dell'acqua di superficie e cambiamenti del permafrost a livello territoriale. I modelli saranno convalidati confrontandoli prima con i territori che stiamo studiando poi con i dati ottenuti da carote di sedimenti antichi fino a 15.000 anni estratte in Siberia e in Alaska, e quindi con altre simulazioni climatiche da 21.000 anni fa. Infine, i modelli saranno accoppiati con il Coupled Model dell'Hadley Center, che descrive la circolazione degli oceani e dell'atmosfera, ed è uno dei principali modelli usati dall'IPCC. Il risultato, speriamo, sarà un grande programma in grado di modellare efficacemente portata ed effetti dello scongelamento del permafrost, permettendoci di calcolare la velocità di emissione del metano e i suoi effetti sulle temperature globali.

Ovviamente, per migliorare i dati inseriti nei modelli, verrà svolto altro lavoro sul campo. Quest'anno, per esempio, con l'ausilio di un *hovercraft* studieremo laghi presenti lungo i fiumi siberiani e le coste artiche per un totale di quasi 1600 chilometri. Una grande spedizione si occuperà poi dei carotaggi nei sedimenti di laghi risalenti a migliaia di anni fa. I dati raccolti sul campo, uniti a quelli ottenuti con il telerilevamento, verranno inseriti nel programma dell'Hadley Center che modellerà i fattori di cambiamento climatico dall'ultimo massimo glaciale fino ai prossimi 200 anni. Le mappe con le previsioni di scioglimento del permafrost e delle emissioni di metano dovrebbero essere pronte entro aprile 2011.

Cortesia Sergei A. Zimov, Northeast Science Station

Kevin Hand

Le soluzioni disponibili

Se, come indicano i dati, le emissioni di metano dal permafrost artico stanno aumentando, dobbiamo chiederci come limitarle. Una possibilità è l'estrazione del gas da usare poi come combustibile pulito. Raccogliere metano da milioni di laghi sparsi nell'Artico non è però economicamente fattibile, a causa dell'eccessiva distanza tra i bacini. Ma non è escluso che le piccole comunità che abitano vicino ad aree dove si libera metano possano sfruttare il gas come fonte di energia.

Zimov ha sviluppato un piano interessante per evitare lo scioglimento del permafrost siberiano. Il piano si basa sulla creazione di enormi praterie, mantenute da grandi animali erbivori simili a quelli che abitavano la Siberia più di 10.000 anni fa. Zimov ha introdotto cavalli, alci, orsi e lupi in una riserva di 160 chilometri quadrati nel nord-est della Siberia nota come «Pleistocene Park». E vuole riportare anche il bue muschiato e il bisonte, ma dipenderà dai fondi, provenienti da finanziatori indipendenti, dal governo russo e da quello americano.

In passato questi erbivori, insieme ai mammut, mantenevano intatto l'ecosistema della steppa-prateria. Questo bioma ha un colore più brillante, quindi è più efficace nel riflettere i raggi solari rispetto alla scura foresta boreale attuale. Dunque contribuisce a mantenere freddo il permafrost sottostante. Inoltre in inverno gli animali calpestano e scavano la neve per cercare erba, consentendo al gelo di raffreddare più rapidamente il permafrost.

Con Pleistocene Park, Zimov ha intrapreso uno sforzo immenso per salvare il mondo dal cambiamento climatico. Ma c'è bisogno di una risposta globale, grazie a cui ogni persona, organizzazione e nazione riduca le proprie emissioni di carbonio. Rallentare le emissioni è l'unico modo per non amplificare il circolo vizioso innescato dal riscaldamento globale, che causa lo scioglimento del permafrost che a sua volta causa altro surriscaldamento. Secondo i nostri calcoli, se le emissioni aumenteranno come previsto, entro il 2100 i laghi artici rilasceranno ogni anno tra 100 e 200 milioni di tonnellate di metano, una quantità molto superiore rispetto ai 14-35 milioni di tonnellate all'anno emesse oggi. Considerando tutte le fonti, le emissioni totali ammontano a 550 milioni di tonnellate all'anno, per cui il permafrost contribuirebbe per un ulteriore 20-40 per cento, facendo salire la temperatura media annuale del pianeta di altri 0,32 gradi. Il mondo non può permettersi un simile peggioramento del clima. Se vogliamo ridurre l'anidride carbonica in atmosfera e rallentare lo scioglimento del permafrost, dobbiamo affrontare il nodo cruciale: l'uso dei combustibili fossili. ■

➔ Letture

Methane Bubbling from Siberian Thaw Lakes as a Positive Feedback to Climate Warming. Walter K.M. e altri, in «Nature», Vol. 443, pp. 71-75, 7 settembre 2006.

Thermokarst Lakes as a Source of Atmospheric CH₄ during the Last Deglaciation. Walter K.M. e altri, in «Science», Vol. 318, pp. 633-636, 26 ottobre 2007.

Assessing the Spatial and Temporal Dynamics of Thermokarst, Methane Emissions, and Related Carbon Cycling in Siberia and Alaska. Grosse G., Walter K. e Romanovsky V.E., NASA Carbon Cycle Sciences Project, aprile 2008-marzo 2011.

Understanding the Impacts of Permafrost Degradation and Thermokarst-Lake Dynamics in the Arctic on Carbon Cycling, CO₂ and CH₄ Emissions, and Feedbacks to Climate Change. Walter K., Grosse G., Edwards M., Plug L. e Slater L. Project 0732735 per la National Science Foundation/ International Polar Year, luglio 2008-giugno 2011.