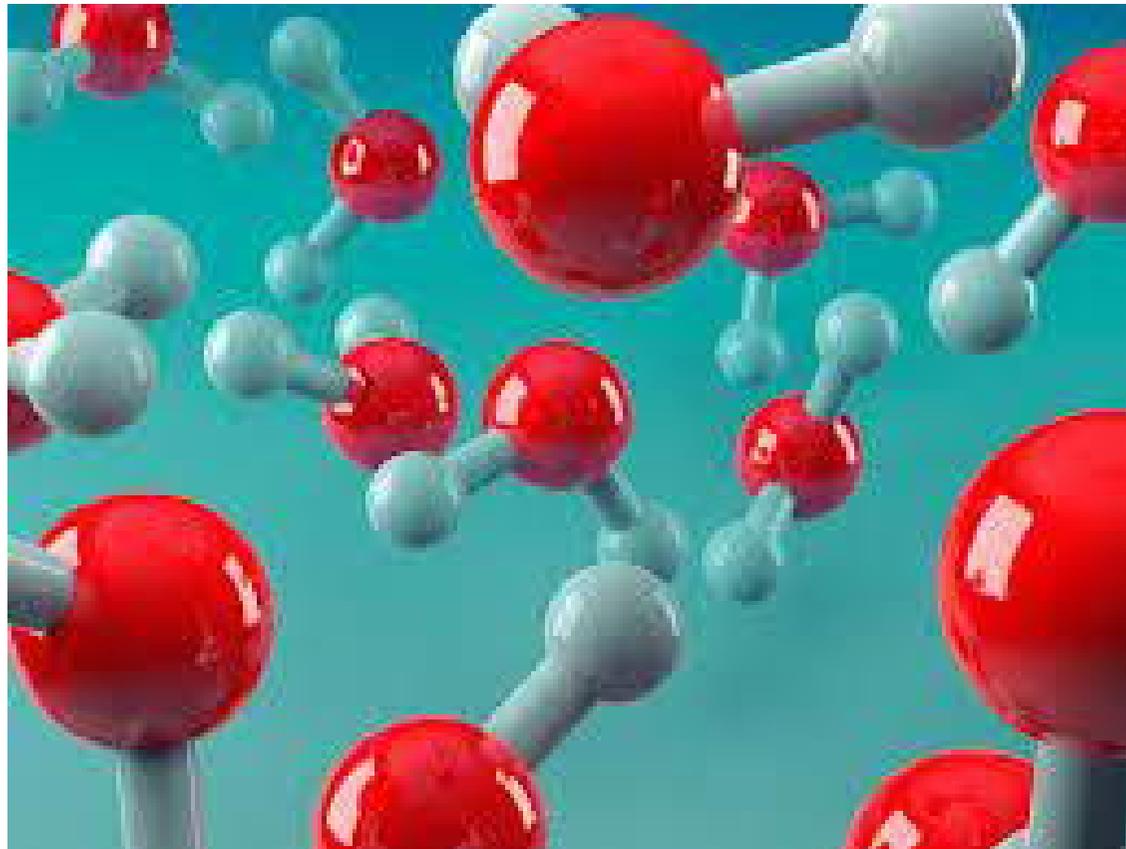


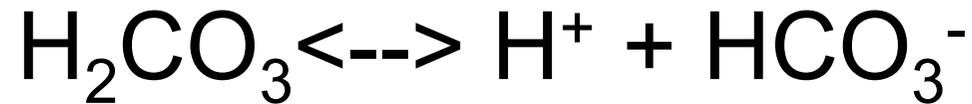
Salviamo il pianeta 4



Rita Dougan 2024

Acido carbonico

L'acido carbonico è un **acido debole**



deriva dalla reazione



quando CO_2 si scioglie in acqua l'equilibrio è spostato a sinistra e, a 25°C , solo lo 0,3 % della CO_2 si combina con l'acqua

CO₂ nell'atmosfera

Secondo il report della WMO, World Meteorological Organization, la concentrazione media globale della CO₂ in atmosfera ha raggiunto nel 2022 il valore di 417,9 ppm.

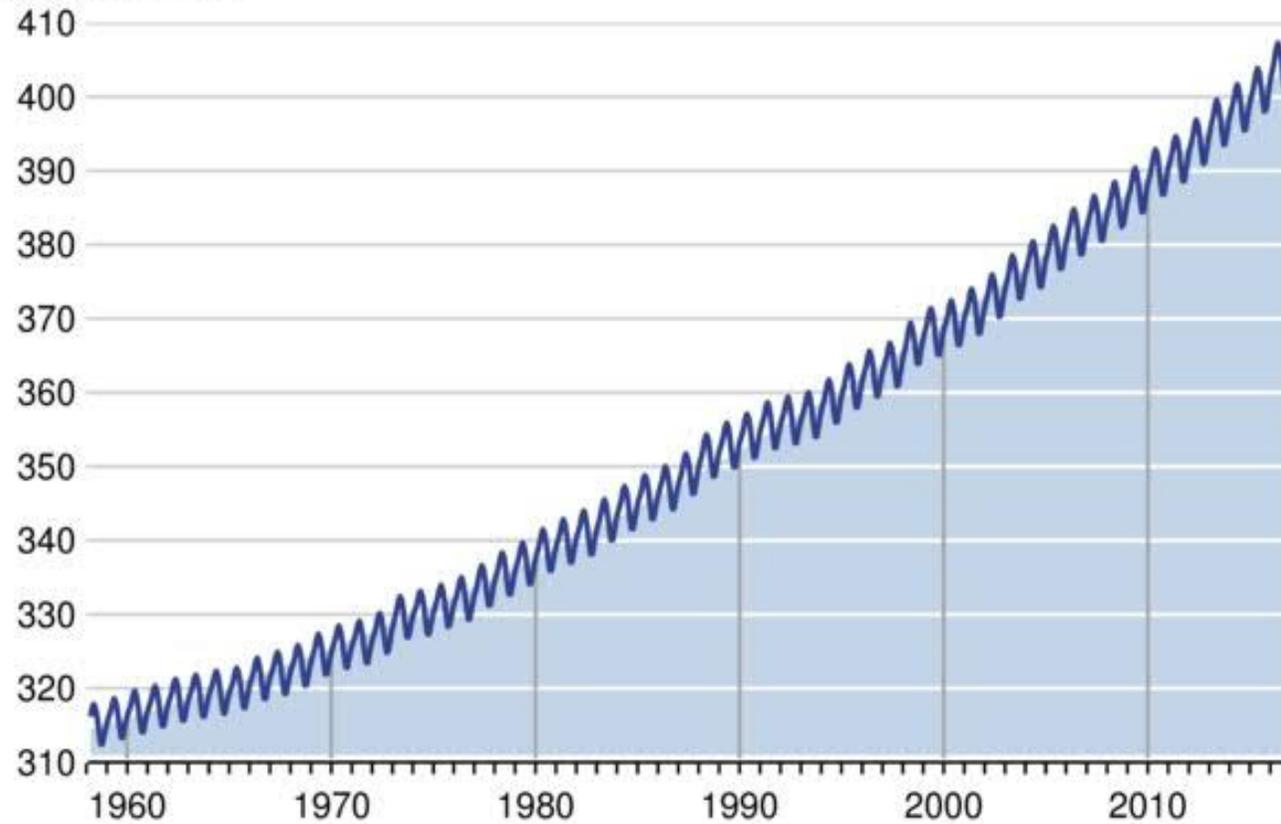
Esiste una fluttuazione annuale nella concentrazione di CO₂: il livello scende di circa 6 o 7 ppm da maggio a settembre durante la stagione di crescita delle piante dell'emisfero boreale, per poi salire di circa 8 o 9 ppm durante il periodo invernale.

L'emisfero settentrionale domina il ciclo annuale di concentrazione di CO₂ perché ha una superficie terrestre e una biomassa vegetale maggiori rispetto all'emisfero australe.

Concentrazione di CO₂ nell'atmosfera

Monthly Carbon Dioxide Concentration

parts per million



Concentrazione di CO₂ nell'idrosfera

Gli oceani, i mari, i laghi, i fiumi e le acque sotterranee possono essere considerate dei serbatoi di anidride carbonica, che la sequestrano dall'atmosfera. Gli oceani agiscono come un enorme pozzo di carbonio e hanno assorbito circa un terzo della CO₂ emessa dall'attività umana.

L'abbondanza di CO₂ disciolta nelle acque però, ne cambia il pH, generando squilibri per le forme di vita.

L'acqua di mare ha un pH di circa 8,2, anche se può variare tra 7,5 e 8,5 a seconda della sua salinità locale.

Il pH è basico, ma continuando ad assorbire sempre più diossido di carbonio, il pH diminuisce e l'oceano diventa più acido.

Variazione pH degli oceani

E' stato calcolato che tra il 1751 e il 1994 il pH degli oceani si sia abbassato da 8,25 a 8,14 con un corrispondente aumento della concentrazione di ioni H^+ .

Se continua così nel 2100 ph 7,8.

Anidride carbonica + acqua

Il diossido di carbonio reagisce con l'acqua



forma acido carbonico



ioni idrogenocarbonato e carbonato

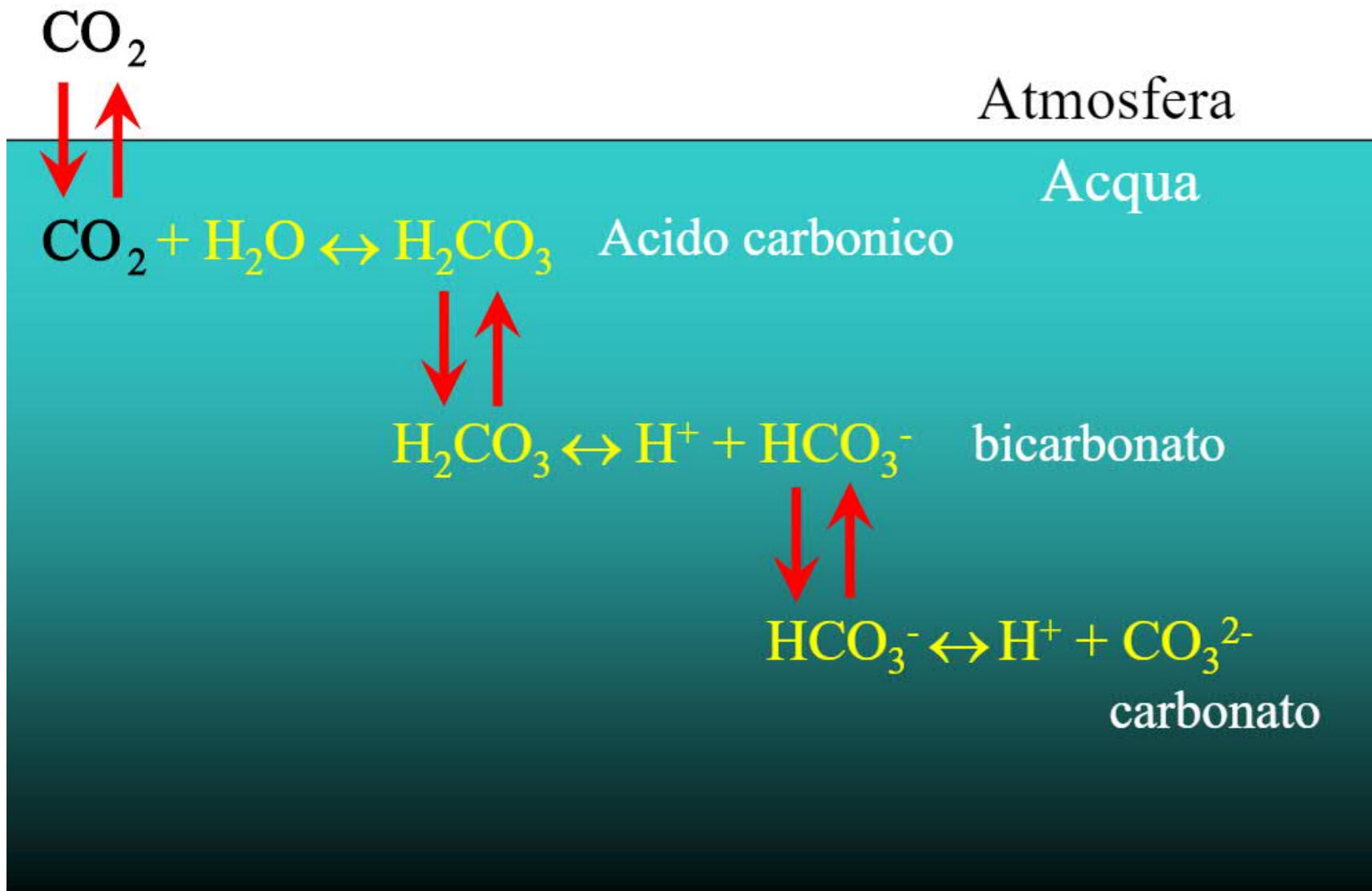


aumento della concentrazione di ioni idrogeno

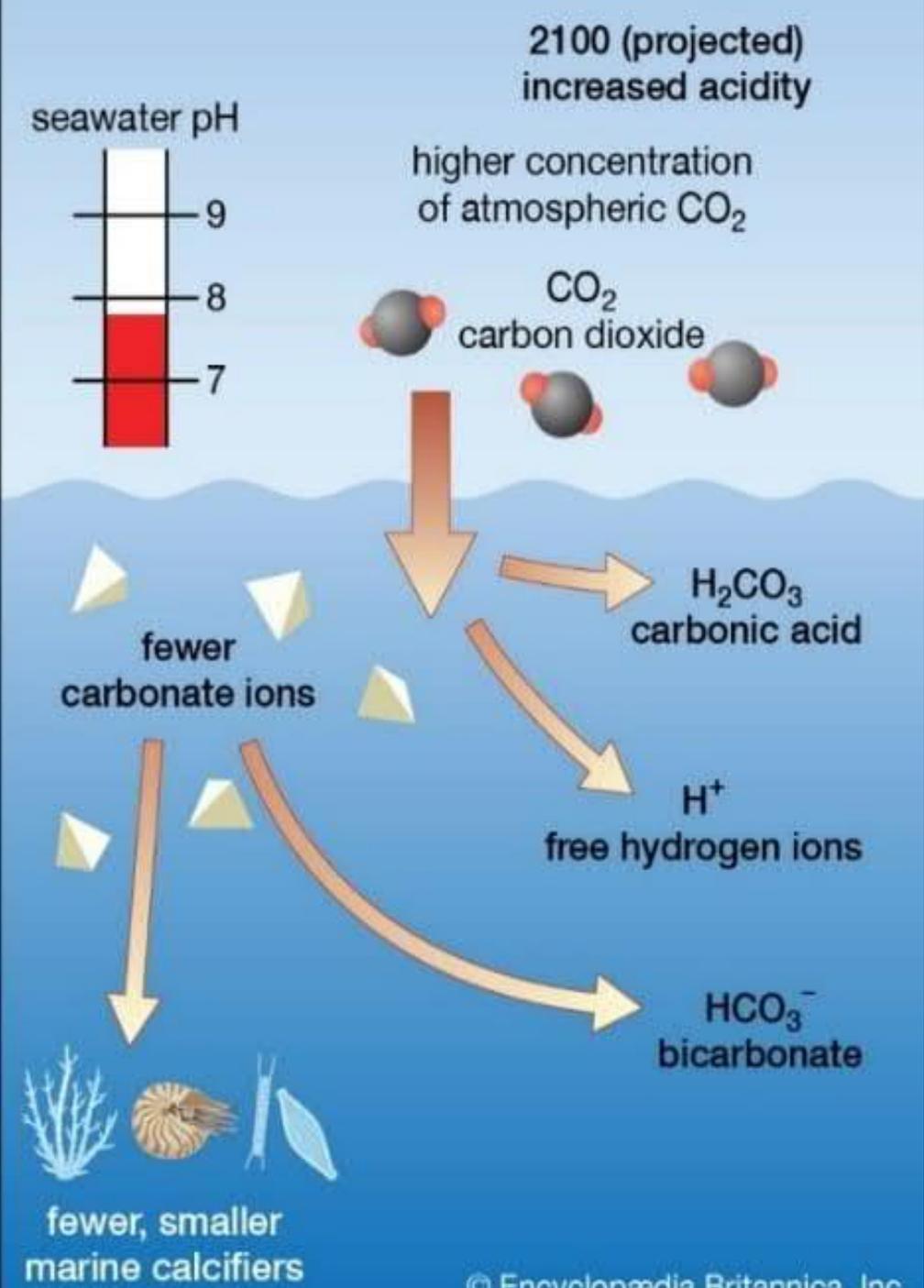
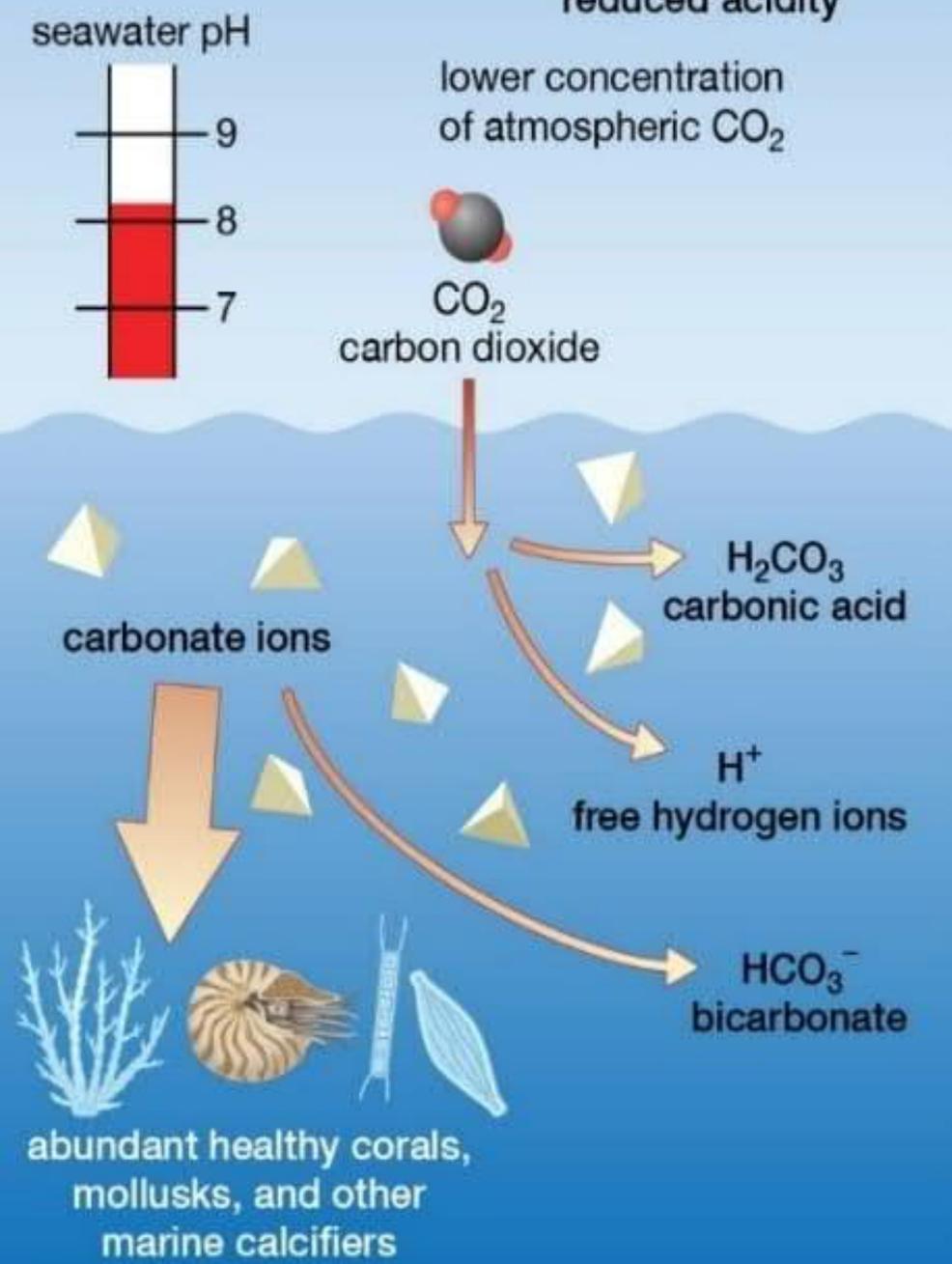


diminuzione del pH

L'equilibrio CO₂ - Carbonato



Ocean acidification



Diossido dicarbonio e carbonato di calcio

Gli ioni bicarbonato e carbonato reagiscono con gli ioni calcio presenti nell'acqua e danno carbonato di calcio che va a formare gusci e scheletri calcarei.

Se aumenta l'acidità la reazione avviene al contrario e porta alla dissoluzione dei gusci calcarei delle conchiglie di molluschi, echinodermi, alghe, coralli e plancton calcareo,

In pratica, soffrono tutti gli organismi la cui esistenza è legata alla fissazione di carbonato di calcio.

Atmospheric Carbon Dioxide



Dissolved Carbon Dioxide



+

Water



Carbonic Acid



Bicarbonate Ions

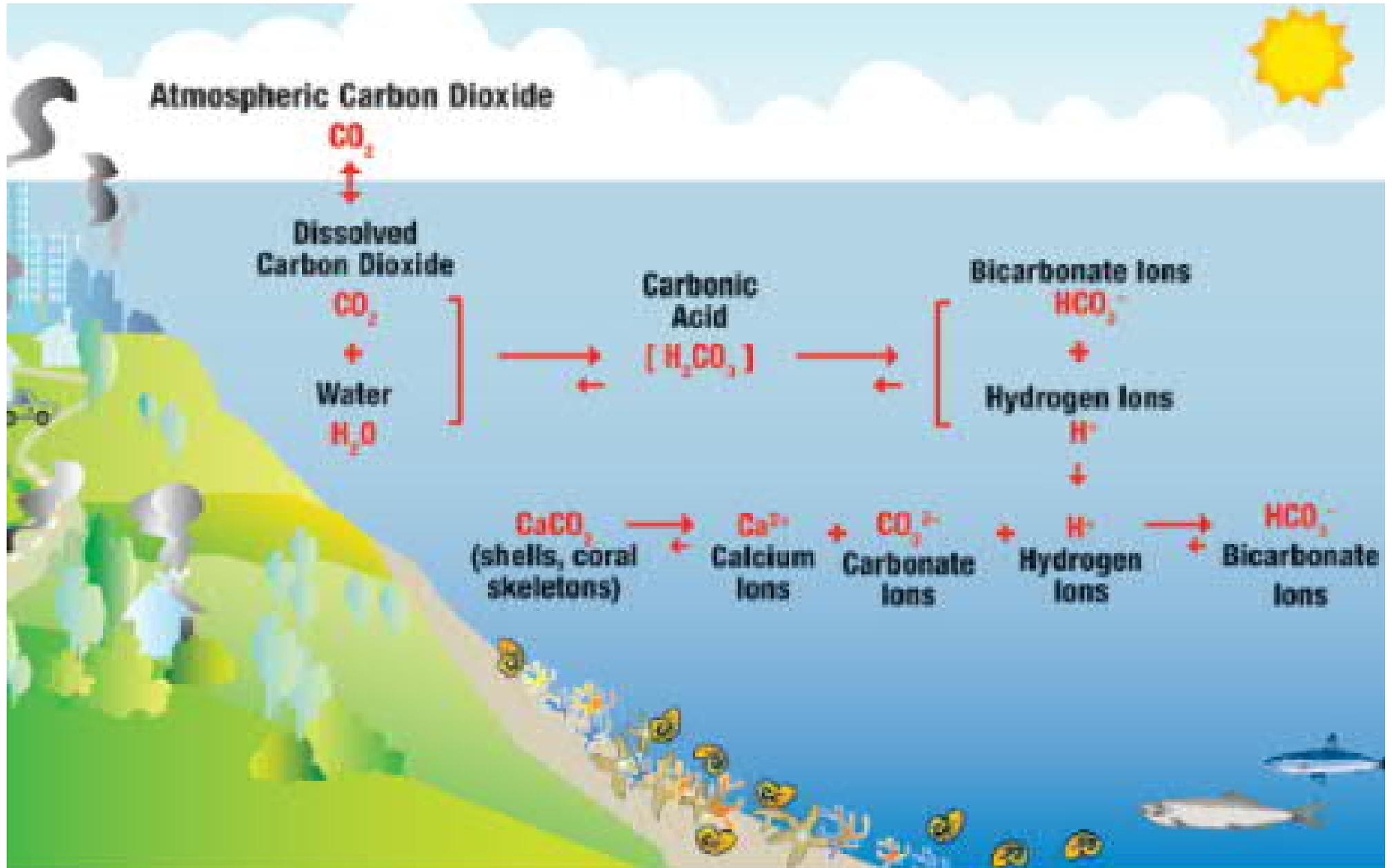


+

Hydrogen Ions



+



Il permafrost

In geologia, il termine, **permafrost** (che deriva dall'anglosassone "perennially frozen ground", terreno perennemente congelato) introdotto nel 1943 dallo statunitense S. W. Muller, indica lo strato di terreno permanentemente gelato che si trova, a profondità non minori di qualche metro, nel sottosuolo di varie zone, specialmente ad alta latitudine e ad alta quota.

Il **Permafrost** è definito come materiale della litosfera (suolo o roccia, ghiaccio e materiale organico) che rimane al di sotto di 0 °C per almeno 2 anni consecutivamente.

Le variazioni giornaliere di temperatura dell'aria si trasmettono solo nei primi metri del suolo, mentre quelle stagionali si propagano più in profondità con uno sfasamento temporale.

Monitoraggio del permafrost

Lo studio e il monitoraggio del permafrost sono relativamente recenti e negli ultimi anni hanno avuto un forte impulso grazie all'attenzione crescente posta dalla comunità scientifica e dall'opinione pubblica sia ai cambiamenti climatici, sia agli effetti del riscaldamento globale nelle aree alto alpine.

Il permafrost è direttamente collegato alle caratteristiche climatiche sia globali che locali ed il suo monitoraggio fornisce un importante contributo alla comprensione dei cambiamenti climatici in area montana, dei rischi naturali in alta quota e sul ciclo idrologico delle terre alte.

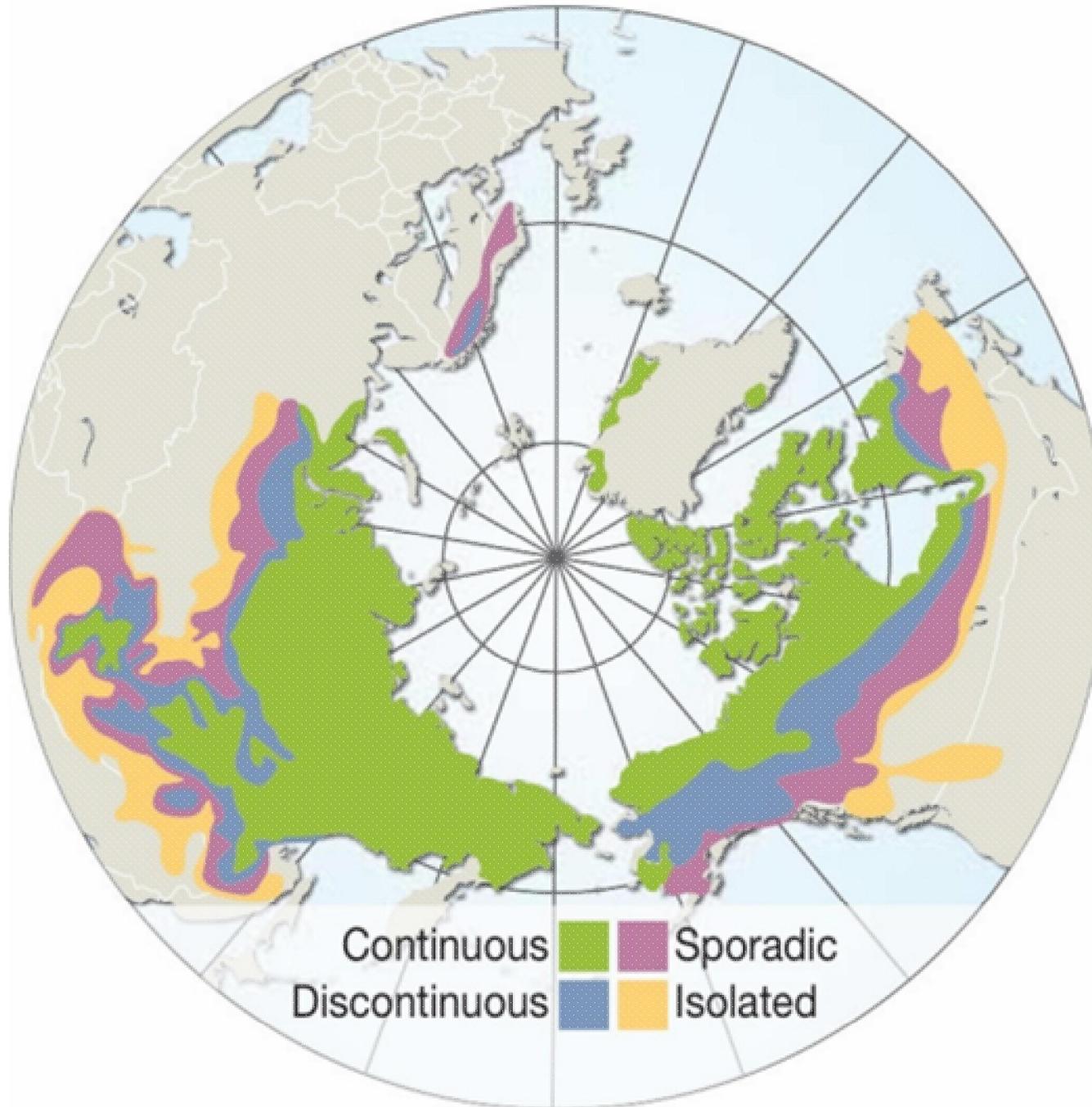
Distribuzione

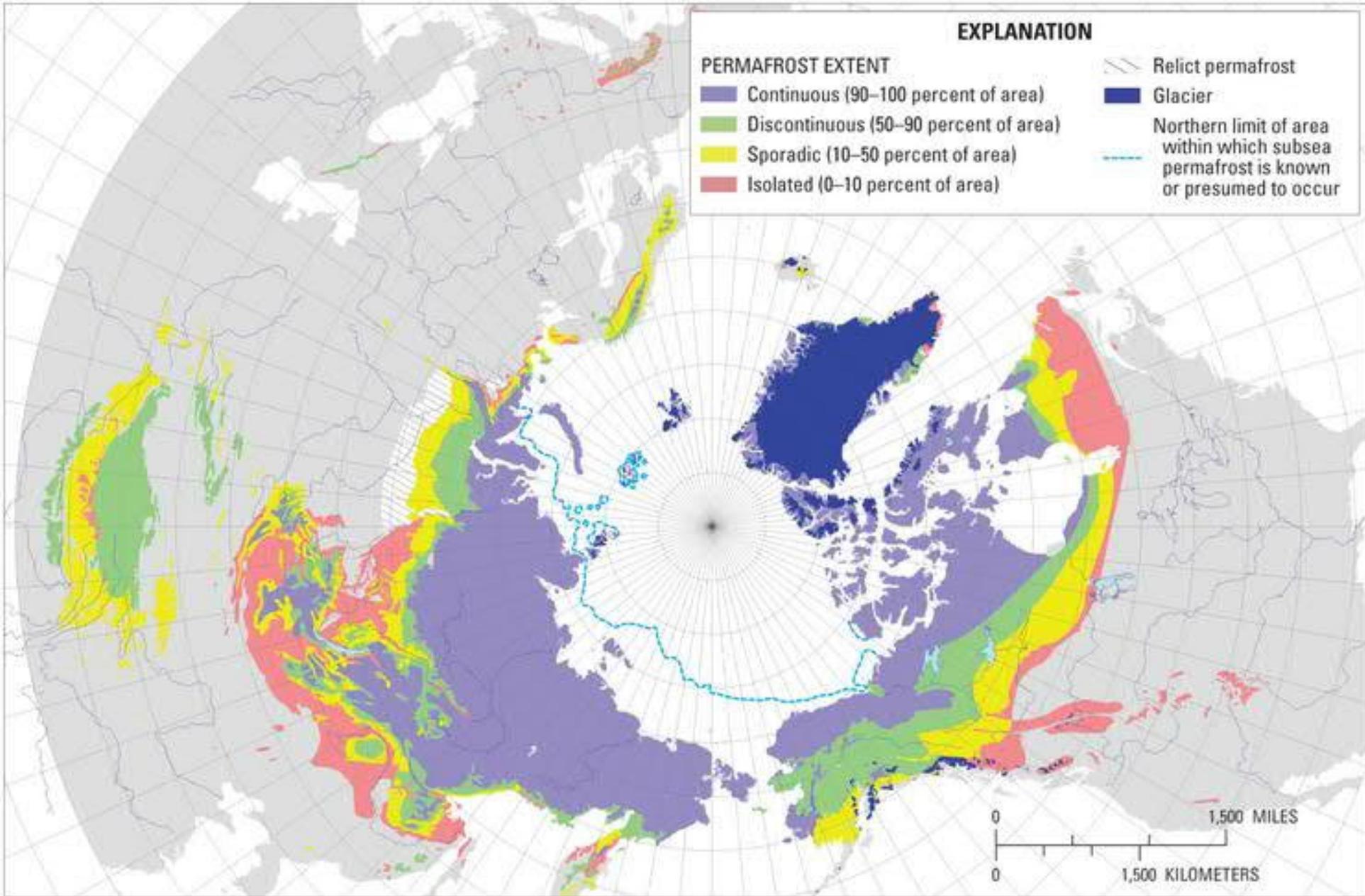
La porzione di superficie Terrestre al di sotto della quale il Permafrost potrebbe essere presente è stimata approssimativamente il 17% - 20 % delle aree continentali globali.

Il permafrost caratterizza la superficie di circa
l'80% dell'Alaska,
il 50% del Canada,
il 50% dell'ex Unione Sovietica
il 25% della Repubblica Popolare Cinese

Nel continente europeo il permafrost esiste sia alla alte latitudini e alle alte quote sulle principali catene montuose.

Observed Distribution of permafrost types



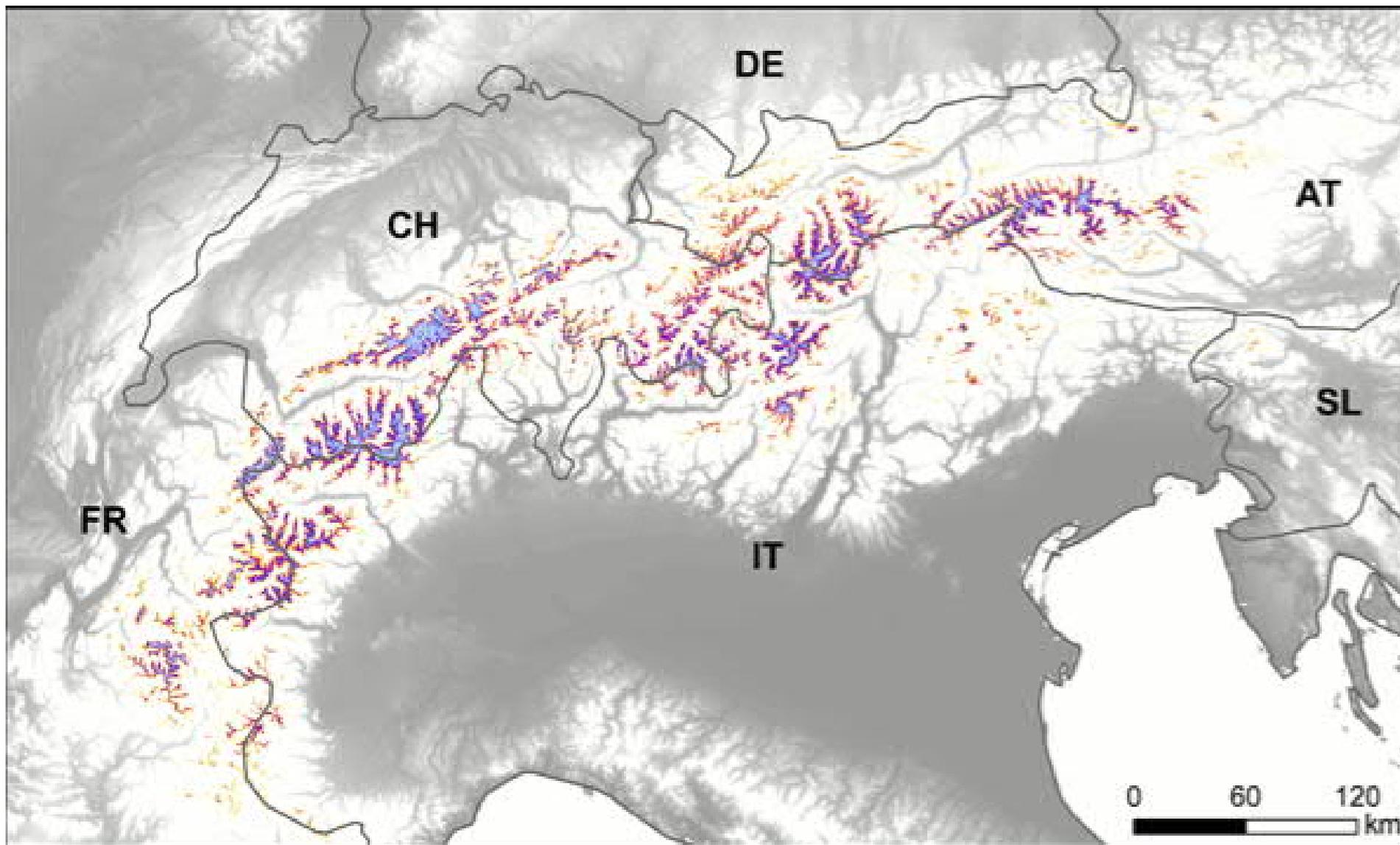


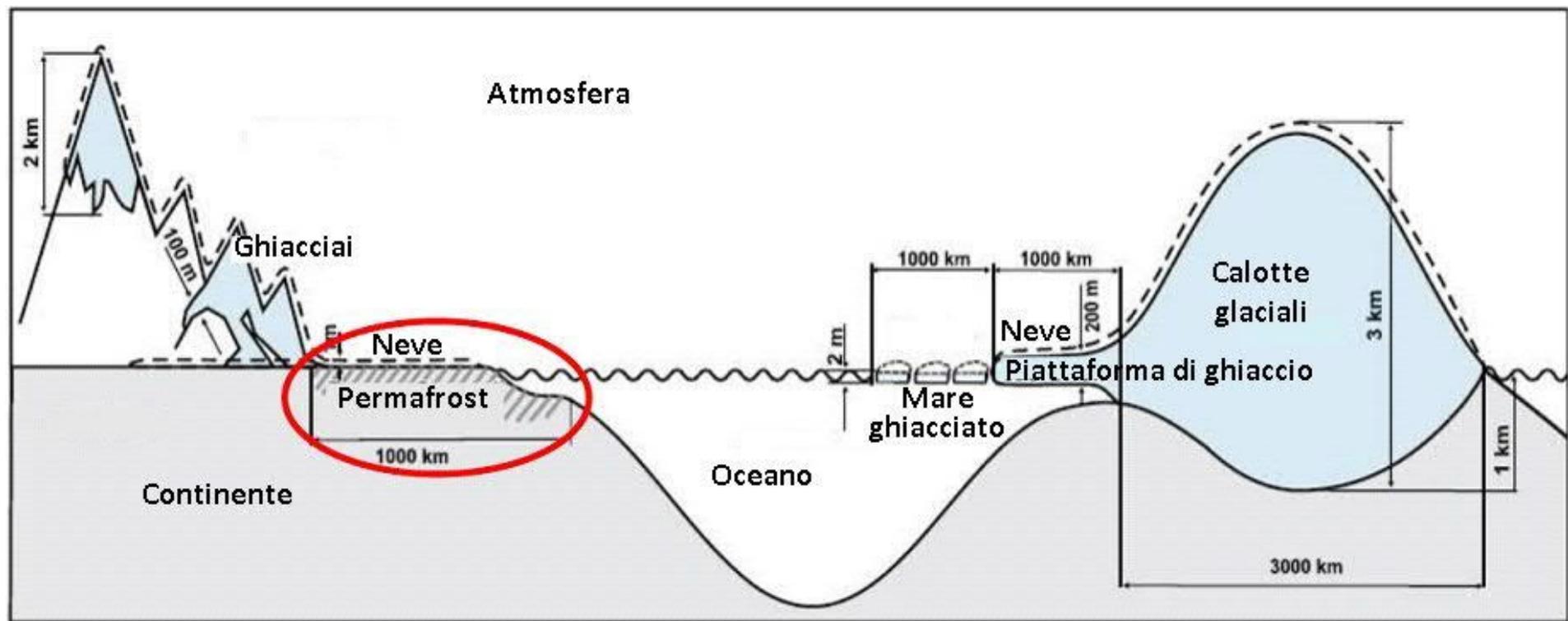
Distribuzione

Il permafrost si trova anche sulle catene montuose, tra cui le Alpi, l'Himalaya e le Ande, dove il ghiaccio nel terreno agisce come un collante per tenere insieme alcune parti delle montagne finché le temperature al suolo rimangono sotto lo zero.

Nelle Alpi il permafrost ha una distribuzione estremamente irregolare che è stata stimata su base modellistica. I punti di misura e controllo “sul campo” sono ancora molto limitati così come è quasi del tutto sconosciuto l'effettivo volume di ghiaccio conservato nel permafrost alpino. La sua evoluzione nel tempo dipende dalle condizioni climatiche, ma in modo molto più complesso rispetto ai ghiacciai a causa della grande influenza che ha lo spessore della neve in inverno sul bilancio energetico annuale del suolo

Distribuzione sulle Alpi

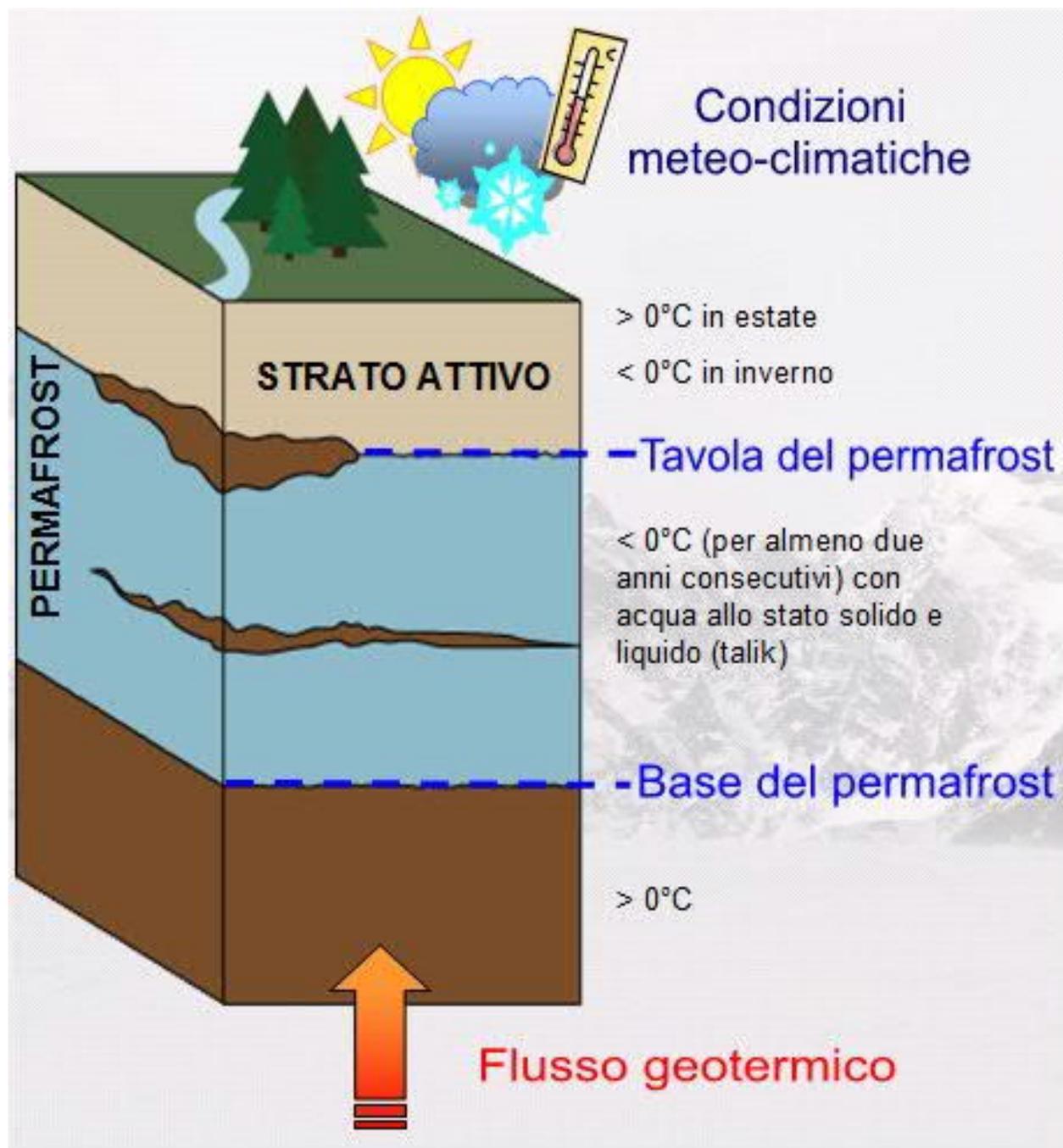




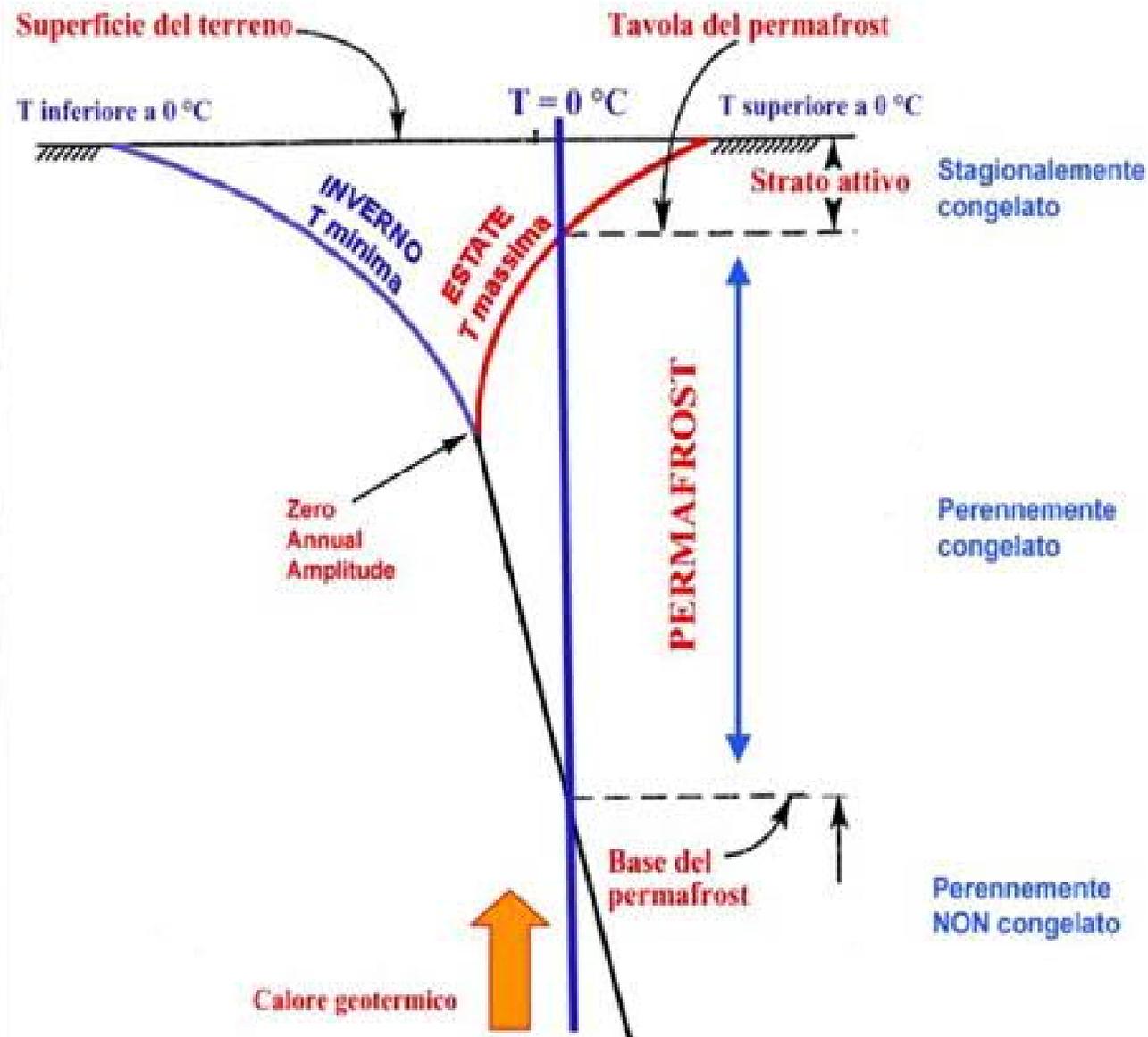
Profilo verticale

Il profilo verticale di un terreno in condizioni di permafrost può essere diviso in due zone principali:

- **Strato attivo** è lo strato superficiale del permafrost, soggetto ai cicli di gelo-disgelo stagionale, nelle Alpi, può avere spessori variabili tra 0,5 e 8-10 m. Nelle regioni a clima freddo delle alte latitudini esso ha una temperatura intorno a 0 °C, che varia in funzione della stagione, e spessori variabili da 30÷50 cm fino a 1÷3 m.
- **Strato permanentemente congelato** ha temperature costantemente al di sotto dello zero. Lo spessore del permafrost è variabile e raggiunge una profondità da 300 a 600 m in regioni come il Canada, l'Alasca e in Siberia può arrivare anche fino a profondità di 1500 m.



Curva caratteristica del permafrost



Permafrost e cambiamenti climatici

L'organizzazione meteorologica mondiale (World Meteorological Organization - WMO) ha inserito la temperatura del permafrost e lo spessore dello strato attivo tra le Essential Climate Variables (ECV) ovvero le variabili essenziali per valutare gli impatti dei cambiamenti climatici a livello globale.

La temperatura del permafrost è un indicatore che consente di valutare l'impatto dei cambiamenti climatici sul regime termico del permafrost. La misura di temperatura deve essere effettuata oltre la cosiddetta profondità di oscillazione minima (ZAA – zero annual amplitude), dove le temperature non sono perturbate dalle variazioni stagionali.

Monitoraggio Cime Bianche alta Valtournenche

- La figura mostra il profilo termico del substrato nei diversi anni.
- Il profilo termico è composto dalle curve delle temperature massime e minime (medie giornaliere) misurate nel foro alle varie profondità. Le curve dei valori massimi (tratteggiate) e quelle dei valori minimi (continue) convergono intorno ai 18-20 metri di profondità (ZAA).
- Al di sotto di questa profondità le temperature risentono poco delle variazioni stagionali e attualmente (2022) si attestano intorno -0.9 °C. Dalla figura si deduce anche che lo spessore del permafrost presso il Colle Cime Bianche supera i 40 metri in quanto in fondo al foro le temperature misurate sono ancora negative.
- Osservando i colori relativi agli anni di monitoraggio, si nota che i blu sono tutti spostati a sinistra (verso le temperature più fredde) ed i rossi a destra (verso le temperature più calde). Questo è un chiaro segnale che le temperature lungo tutta la profondità del foro stanno progressivamente aumentando (progressivo spostamento verso la destra del grafico).

Conseguenze dello scongelamento sul paesaggio

Il terreno ghiacciato tiene fisicamente insieme il paesaggio. In tutte le regioni artiche e boreali, non appena si sciolgono le sacche di ghiaccio che ha al suo interno, il permafrost collassa in modo improvviso.

- Lo scongelamento improvviso del permafrost provoca cambiamenti del paesaggio le terre che erano occupate da foreste, sono ricoperte da laghi.

Le strade si deformano, le case diventano instabili.

Conseguenze sul paesaggio



Conseguenze sul paesaggio: le Alpi

Le trasformazioni forzate dal clima nello stato del Permafrost alpino possono provocare:

- una generale destabilizzazione dei versanti montuosi,
- cambiamenti nei processi geomorfologici,
- variazioni nell'idrogeologia dei bacini fluviali con conseguenti scenari di rischio.

Questi fenomeni possono impattare su aree popolate, infrastrutture di alta quota (ski resorts, rifugi, strade, etc.), rappresentando un rischio serio



Il ghiacciaio del Lys (Monte Rosa) a differenza di 50 anni

Le frane in quota

2011

Pale di San Martino/Sass Maor
30 mila metri cubi di roccia



2018

Carè Alto
300 mila
metri cubi



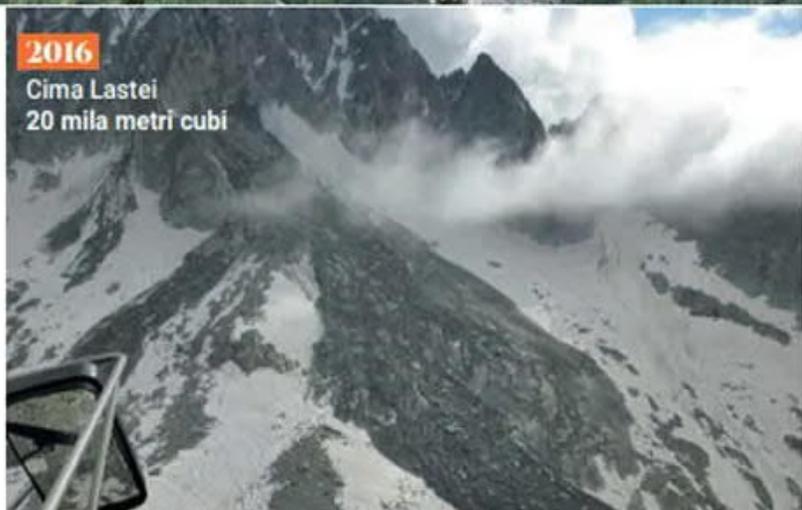
2022

Latemar
1.000 metri cubi



2016

Cima Lastei
20 mila metri cubi



2022

Molveno/Valle delle Seghe
20 mila metri cubi



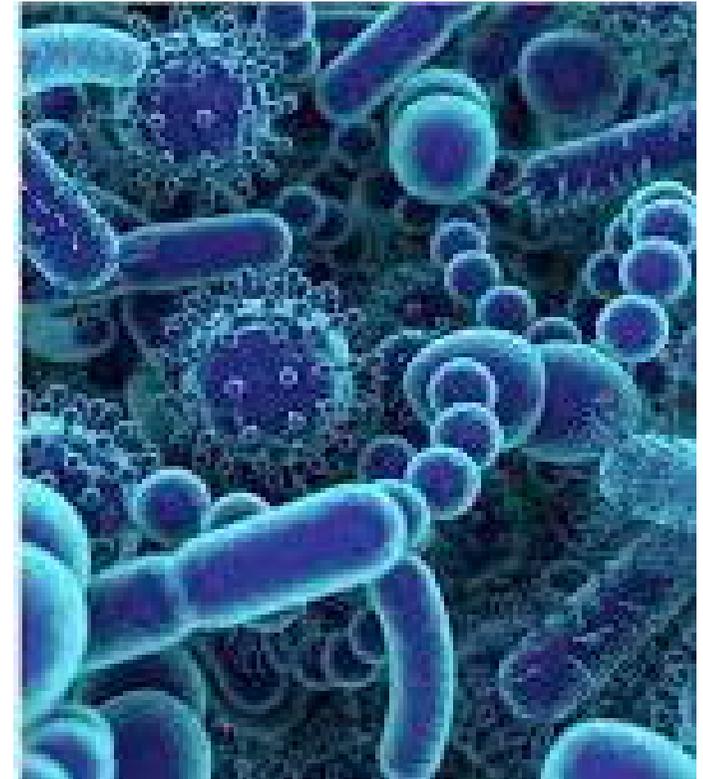
Conseguenze scongelamento: rilascio radon

Un altro rischio del processo di scioglimento del permafrost è la possibilità che la popolazione artica si ritrovi ad essere esposta a concentrazioni maggiori di **radon**, un gas radioattivo di origine naturale - inodore e quindi difficilmente percepibile da parte dei nostri sensi - che "abita" nel terreno, dove si forma per il decadimento dell'uranio presente nelle rocce..

Conseguenze: liberazione microrganismi

Nell'agosto del 2016, nella penisola di Yamal, in Siberia, la liberazione del batterio *Bacillus anthracis* nei suoli della tundra siberiana, avvenuta durante un'ondata di calore estiva che insieme al permafrost aveva scongelato una carcassa di renna infettata dall'antrace oltre 75 anni fa, portò alla morte di un ragazzo di 12 anni e al ricovero di una ventina di persone.

Probabilmente il batterio "risvegliato" aveva contaminato suolo e acque --> -->catena alimentare.



Conseguenze: liberazione microrganismi

Nei ghiacci artici assieme ai resti di piante e animali dell'epoca sono conservati anche i virus e i batteri che convivevano con loro.

Da millenni le popolazioni locali seppelliscono nel permafrost i propri defunti, solitamente non molto in profondità a causa della durezza del terreno. In alcune sepolture in Alaska è stato individuato (dormiente) il virus della pandemia di influenza del 1918, la cosiddetta spagnola. Quasi sicuramente questo vale anche per malattie un tempo endemiche, come la peste bubbonica o il vaiolo.

Se il permafrost si scongelasse, questi patogeni potrebbero tornare attivi.

Il permafrost potrebbe contenere negli strati più superficiali molte sostanze chimiche oggi bandite, ma in passato usate molto, come il DDT, e che tornerebbero in circolazione a fusione avvenuta.

Conseguenze: liberazione microorganismi

L'analisi di campioni di permafrost siberiano ha rivelato nuovi virus risalenti a decine di migliaia di anni fa.

Nove di loro avrebbero decine di migliaia di anni: il più antico, risalente a 48.500 anni fa, è un virus gigante che infetta organismi unicellulari noti come amebe ed è stato chiamato Pandoravirus yedoma.

I ricercatori lo hanno ritrovato sepolto sotto un lago, mentre gli altri virus sono stati estratti da altre fonti, inclusa la pelliccia di un mammoth e l'intestino di un lupo siberiano, tutti sepolti sotto il permafrost.

Portati in laboratorio e messi a contatto con cellule di amebe, i virus hanno dimostrato di essere ancora capaci di infettarle.

Nel 2005 la Nasa ha scoperto microbi del Pleistocene, di 32 mila anni fa, nuotare, ancora attivi, in Alaska in un nuovo lago formato dallo scioglimento del permafrost

Conseguenze: rilascio di gas serra

Si stima che nei terreni ghiacciati che occupano circa un quarto dei territori dell'emisfero settentrionale siano immagazzinati quasi 1600 miliardi di tonnellate di carbonio, il doppio di quanto ne contiene l'atmosfera.

Quel carbonio è il risultato di millenni di accumulo nel terreno ghiacciato di piante e animali morti che non si sono decomposti.

Quando la temperatura del terreno sale sopra lo zero, i microrganismi decompongono la materia organica, questo processo rilascia in atmosfera **gas serra** (**anidride carbonica, metano e protossido di azoto**) destinati ad accelerare ancor di più il riscaldamento globale.

Conseguenze rilascio di metano

Il permafrost, contiene parecchio **metano** allo stato solido sotto forma di suoi idrati (o clatrati).

Il metano è un potente **gas serra** e la fusione del permafrost potrebbe immetterne una grande quantità in atmosfera, amplificando il suo riscaldamento.

Una parte dei territori in cui è presente il permafrost è costituita da laghi, in cui il metano viene emesso dal permafrost del fondale con delle vere e proprie bolle, rimane intrappolato nella superficie ghiacciata invernale del lago, per poi essere rilasciato in atmosfera quando questo ghiaccio fonde nella stagione calda.

Conseguenze rilascio di metano

Da ricerche fatte alle [isole Svalbard](#), in Norvegia, si stima che nel permafrost siano intrappolati diversi [milioni di metri cubi di metano](#), i ricercatori hanno scoperto che la metà dei pozzi di esplorazione perforati conteneva accumuli sostanziali di gas metano a profondità di circa 2 metri sotto il permafrost.

Al momento, la perdita di gas serra da sotto il permafrost è molto bassa, ma fattori come il ritiro glaciale e la fusione dello stesso permafrost possono accelerare il processo di fuoriuscita molto rapidamente.

Il metano CH₄

Il metano è un **gas climalterante** 80 volte più potente della CO₂

L'aumento annuale del metano atmosferico per il 2020 è stato di 14,7 parti per miliardo (ppb), è il più consistente incremento annuale registrato dal 1983.

Il riscaldamento globale che deve essere imputato a questo gas climalterante è circa un terzo di quello causato dalle emissioni di CO₂.

Metano

Rilasciamo ogni anno in atmosfera circa 380 milioni di tonnellate di metano, proveniente prevalentemente:

- dall'industria dei combustibili fossili
- dalle discariche di rifiuti
- dal settore agricolo.

Occorre monitorare accuratamente queste emissioni.

Aumento della concentrazione di metano nell'atmosfera

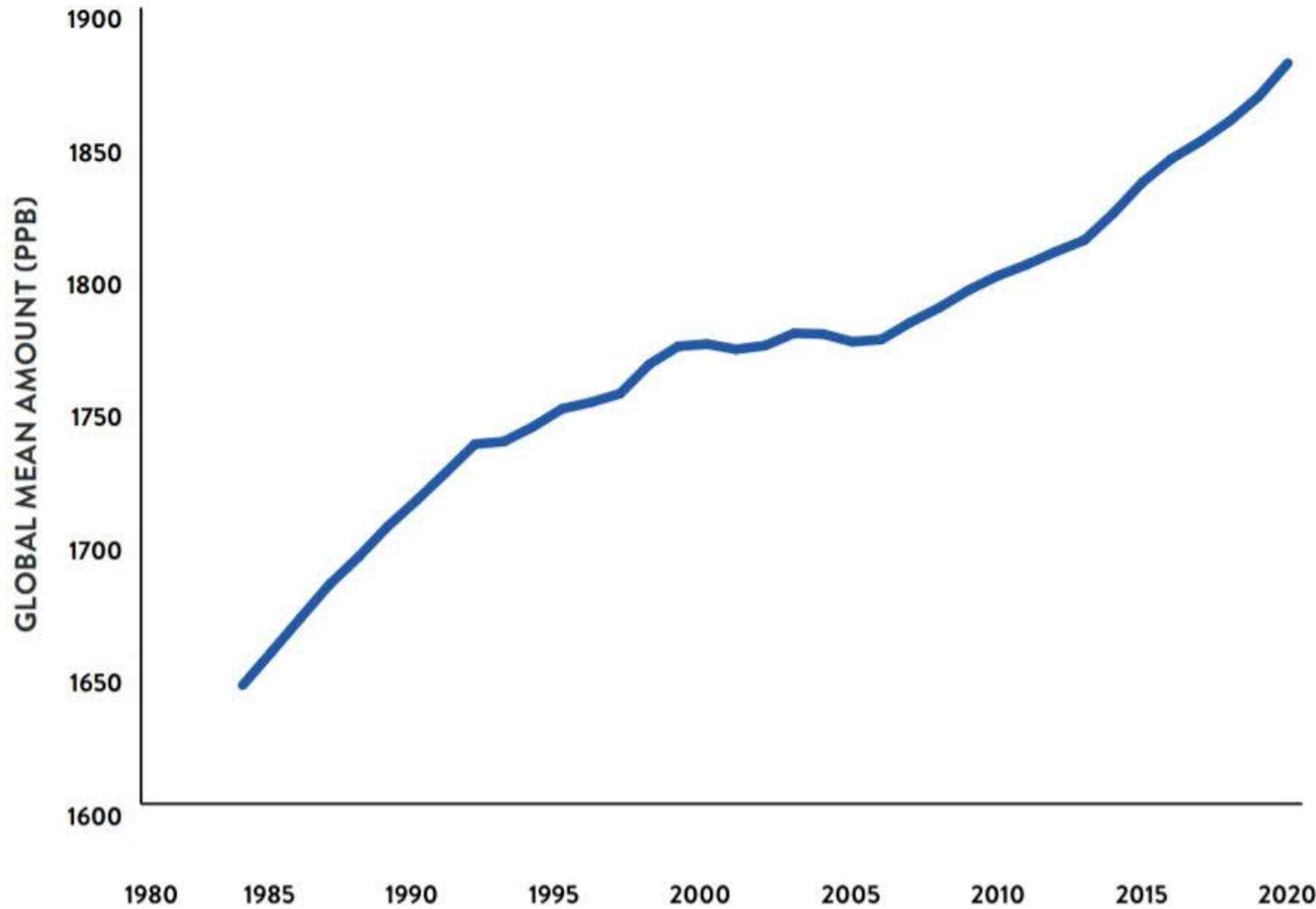


Figure 1.1a Global mean methane amount, 1984–2019, parts per billion

Source: Ed Dlugokencky, NOAA/ESRL (www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends_ch4/)

Aumento di metano nell'atmosfera

- Dall'era pre-industriale il metano ha contribuito al 30% di tutto il riscaldamento globale
- La sua concentrazione in atmosfera è più che raddoppiata.
- Oggi ha raggiunto livelli di quasi 1,9 parti per milione.
- Il metano è secondo fattore più importante di alterazione del clima.

Permafrost e variazioni climatiche

La **formazione** (aggradazione) e la **fusione** (degradazione) del Permafrost avviene in associazione con cambiamenti:

- nella **temperatura media del suolo** a causa di variazioni (micro)climatiche
- nella **temperatura media dell'aria** (il più importante)
- nel **regime delle precipitazioni** (solide e liquide)
- nella **durata/spessore della copertura nevosa**

Situazione in Friuli Venezia Giulia

Sul territorio del FVG la criosfera è presente sotto forma di:

- 1) ghiacciai e relitti glaciali;
- 2) ghiaccio permanente di cavità;
- 3) permafrost.

Le Alpi Giulie conservano ancora 23 piccoli corpi relitti glaciali permanenti, di cui 14 nella parte italiana e 9 in quella slovena.

Monte Canin



Situazione in Friuli Venezia Giulia

Nelle Alpi Giulie la riduzione glaciale nel corso dell'ultimo secolo, ed in particolare negli ultimi 30 anni, è stata straordinariamente rapida. Tale drastica riduzione è strettamente correlata alla variazione delle condizioni climatiche, ed in particolare all'andamento delle temperature medie annuali ed estive ed alle precipitazioni medie annue o invernali.

Dal 1851 ad oggi la temperatura media nelle Alpi Giulie ad una quota di 2200m è aumentata di 1.7°C. Questo dato rappresenta un valore quasi doppio di quello osservato a scala globale.

Conclusioni

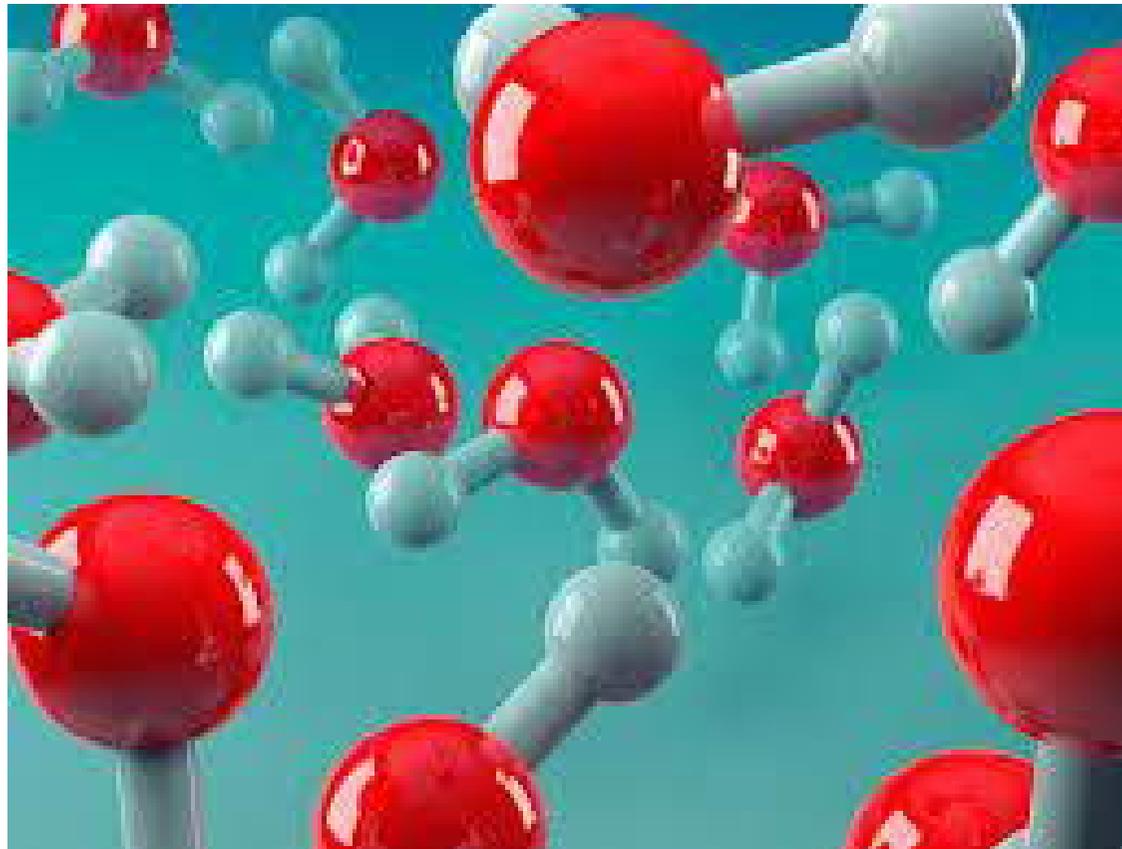
- Il Permafrost interagisce con il clima, gli ecosistemi e le attività umane. Il suo studio comprende diverse discipline (biologia, zoologia, botanica, chimica, ecc.).
- Il Permafrost è una **sentinella del cambiamento climatico**: la sua fusione è indice di una variazione soprattutto della Temperatura dell' aria media annua e del regime delle precipitazioni.

Conclusioni

La fusione del permafrost causa conseguenze sul clima (liberando nell'atmosfera gas serra soprattutto nelle regioni di tundra artica) ed induce l'insorgere di rischi naturali (es. frane, alluvioni, incremento dell'erosione, destabilizzazione di terreni di fondazione).

Il valore idrologico del Permafrost all'interno degli accumuli detritici delle aree di montagna (es. rock glacier) è diventato un argomento cruciale in quanto rappresenta una riserva di acqua allo stato solido.

Salviamo il pianeta 4



Rita Dougan 2024