UNIVERSITÀ DI PAVIA

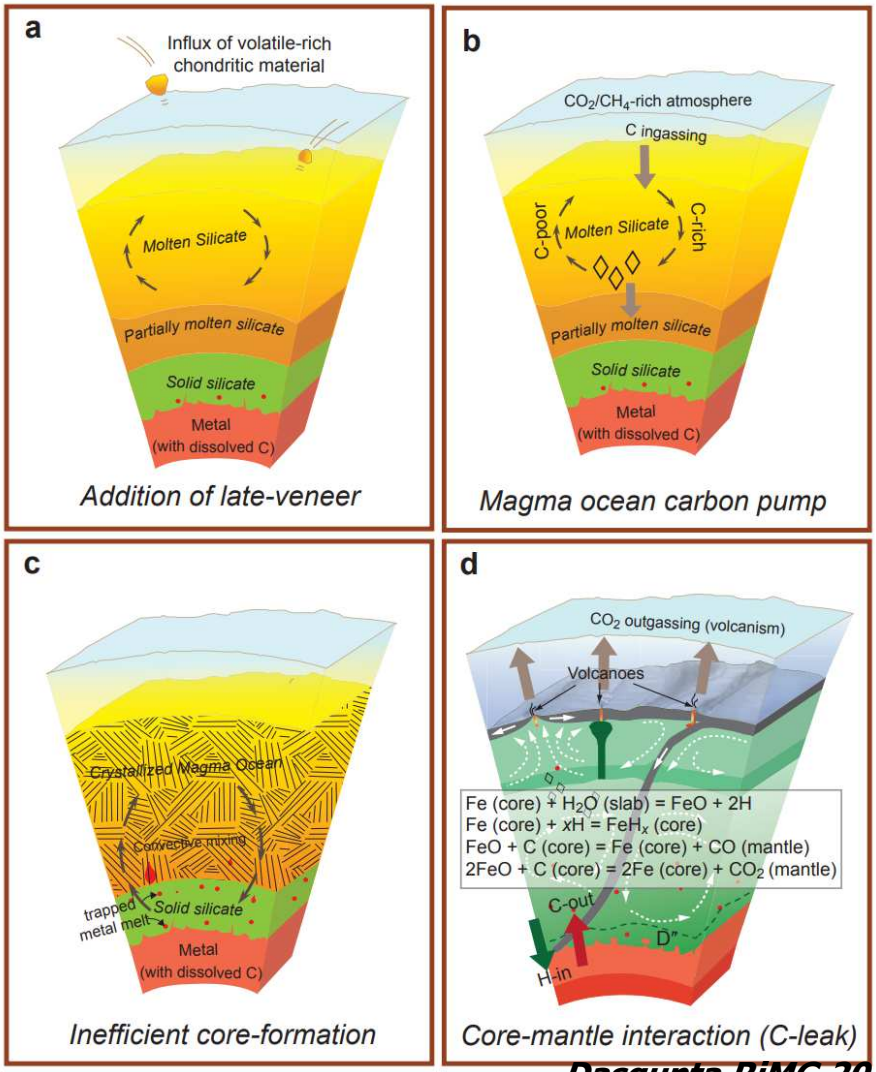
# La sostenibilità in ambito sanitario:
## I cambiamenti climatici

Prof. Matteo Alvaro

PROFESSORE ORDINARIO DI MINERALOGIA E CRISTALLOGRAFIA - Università di Pavia

FUTURA Expo 2025
ECONOMIA X L'AMBIENTE
7-8-9 marzo Brixia Forum, Brescia

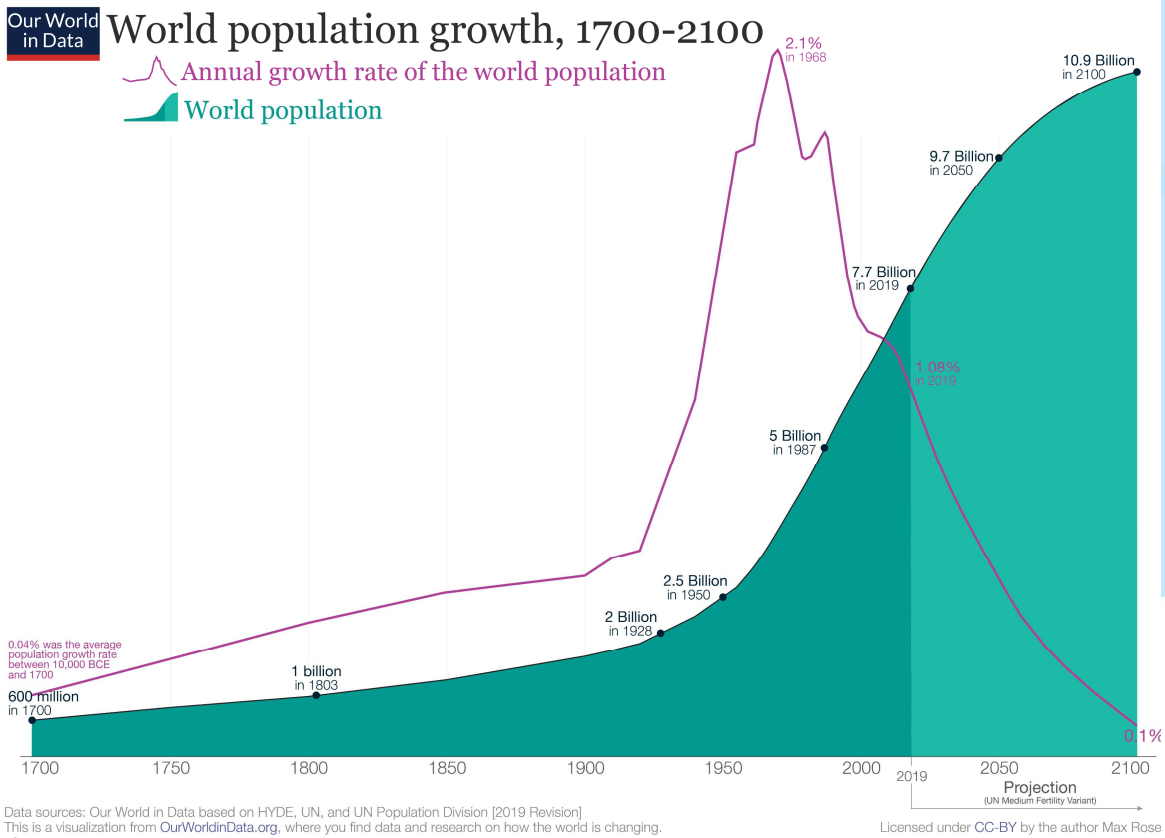
# La Terra «un sistema chiuso»



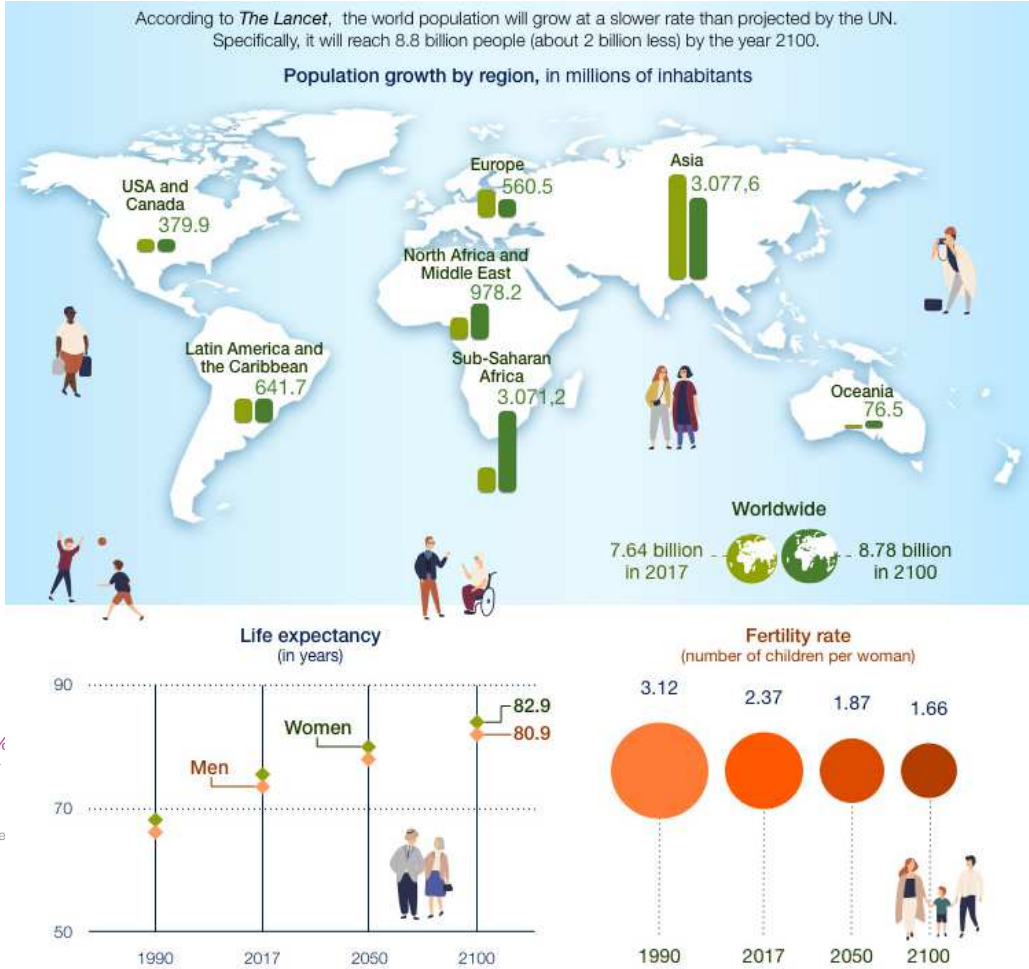

***Dasgupta RiMG 2013***

- **La Terra è un sistema essenzialmente «chiuso»**
- **Sono eccezione le 10 mila tonnellate per anno (107 to 109 kg/year) di meteoriti.**
- **Le risorse sono disponibili in misura finita**
- **Età media è in aumento**
- **Crescita demografica ha raggiunto valori non più sostenibili**
- **Necessità ambientali, energetiche, tecnologiche e sanitarie sono in continuo aumento**

# Crescita demografica e il sistema socio-economico, ambientale e sanitario




***Valone & Panting 2019***



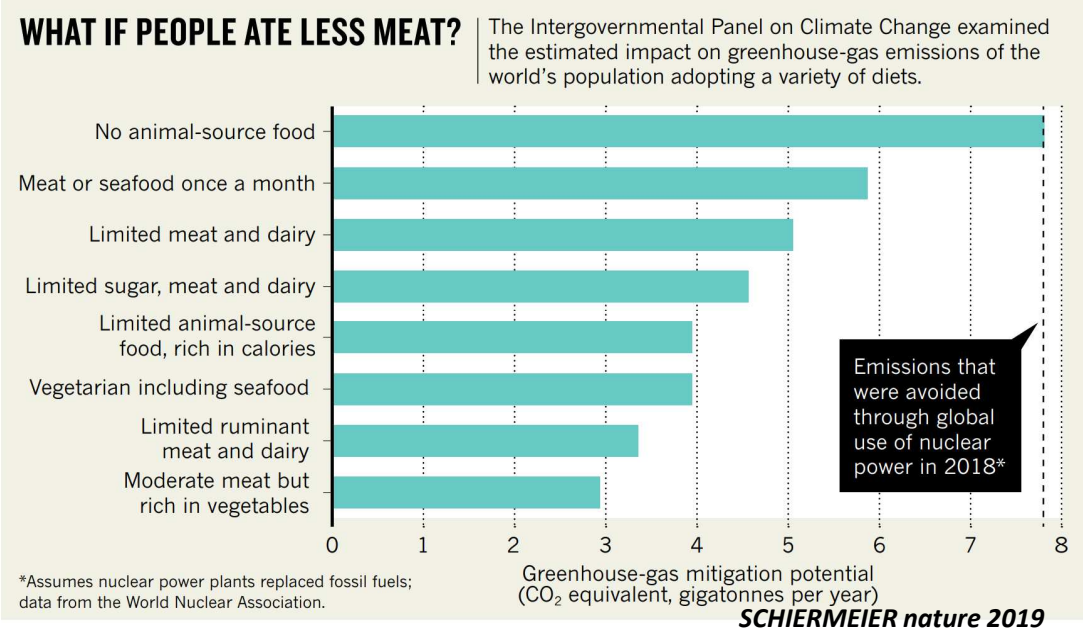

***Vollset SE(2020) Lancet***

**Nel 1970** c'erano circa la **metà delle persone** nel mondo **rispetto a oggi**

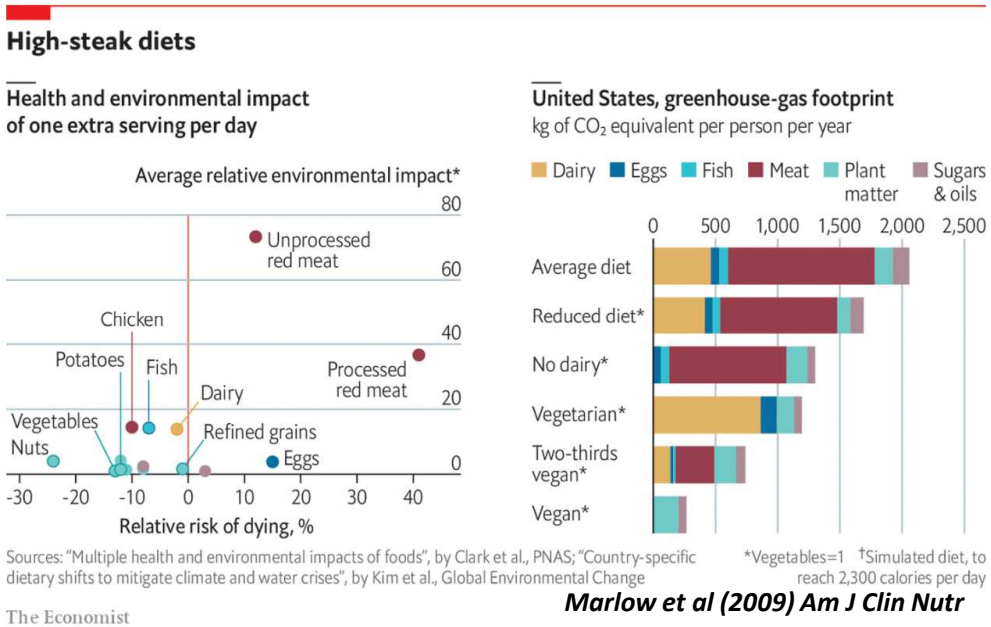
**Ogni 2.5 secondi un essere umano si aggiunge al nostro pianeta**

UNIVERSITÀ DI PAVIA

# Società, Economia e Ambiente gli agenti del cambiamento




*SCHIERMEIER nature 2019*




*Marlow et al (2009) Am J Clin Nutr*

**Dal punto di vista ambientale, ciò che una persona sceglie di mangiare fa la differenza**

**Per la produzione differenziale combinata di 11 alimenti per i quali il consumo differisce tra vegetariani e non vegetariani, la dieta non vegetariana richiede**

**2.9 volte più acqua**

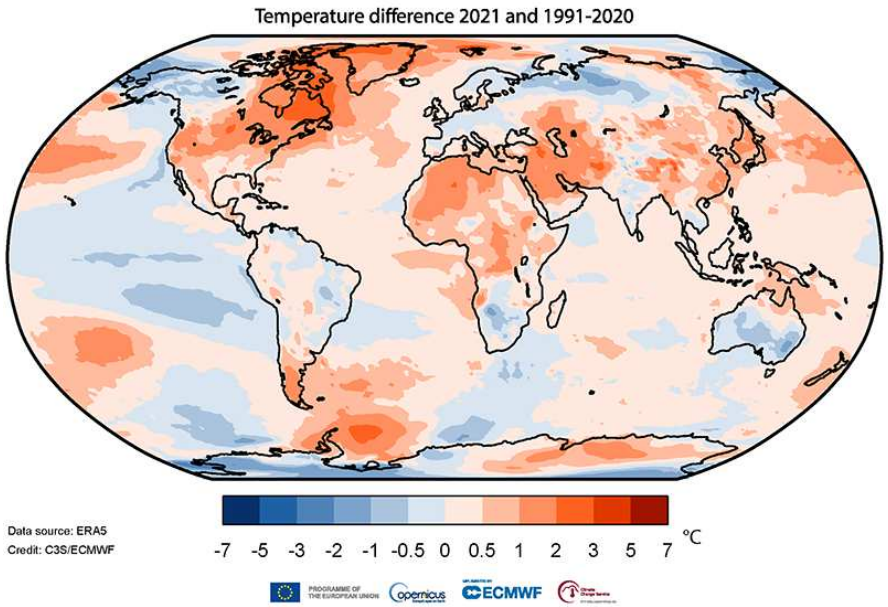
**2.5 volte più energia primaria**

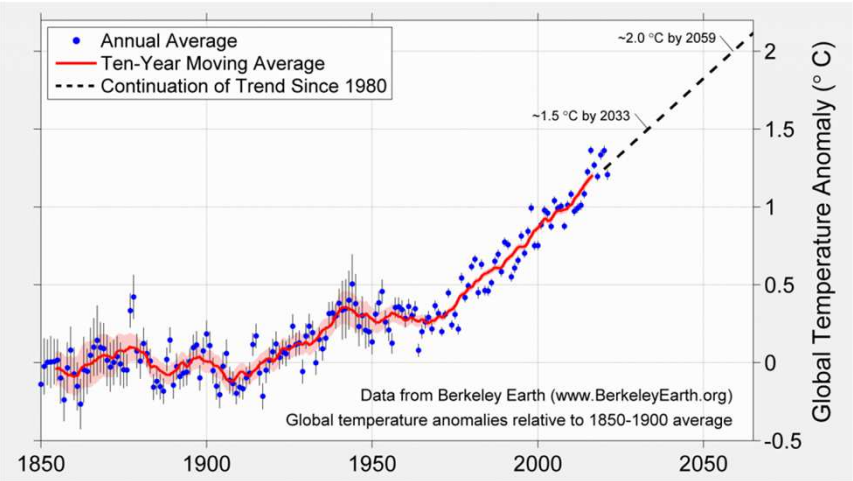
**13 volte più fertilizzanti**

**1.4 volte più pesticidi rispetto al dieta vegetariana**

UNIVERSITÀ DI PAVIA

# Ambiente: Il cambiamento climatico globale



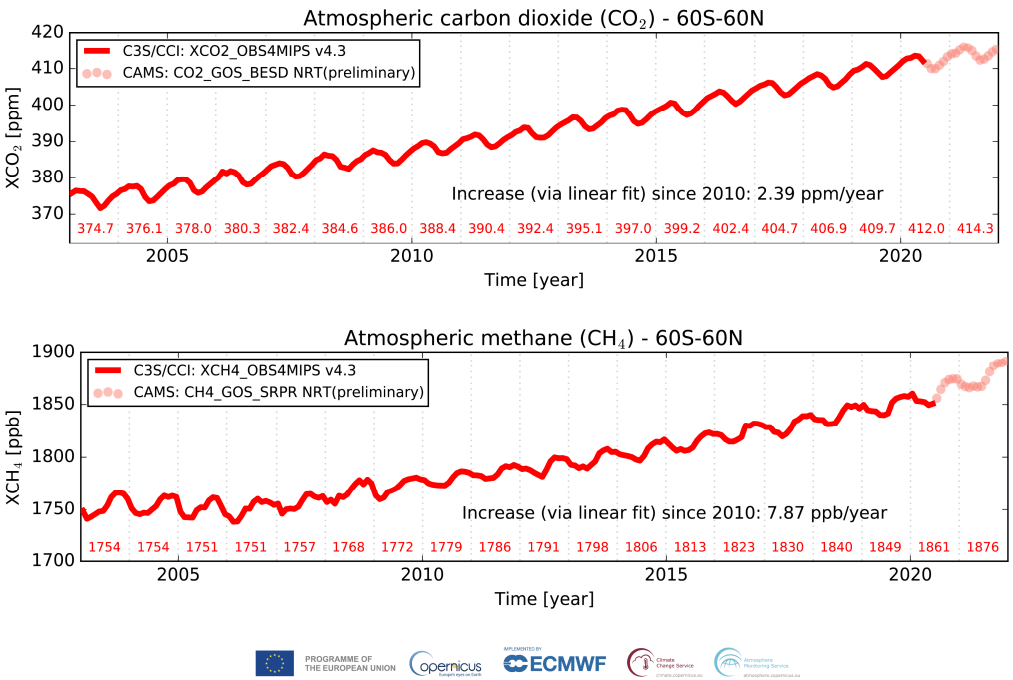




Il nesso causale tra il comportamento umano, guidato da un modello economico lineare e il cambiamento climatico è innegabile.

Come ha affermato un recente rapporto del Gruppo intergovernativo delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici (IPCC), "**è inequivocabile che l'influenza umana abbia riscaldato l'atmosfera, gli oceani e la terra**" (IPCC, 2021-2023).

Se il nostro attuale modello economico persiste e le emissioni non vengono ridotte, il nostro pianeta è sulla buona strada per riscaldarsi di 2° Celsius entro il 2100.

# Ambiente: Il cambiamento climatico globale




**Correlazione diretta tra concentrazione di $CO_2$, $CH_4$ e innalzamento delle temperature**

Aumento dell'inquinamento da carbonio rimane in atmosfera per oltre 100 anni

**La $CO_2$ emessa dalle prime Model T Ford sono ancora oggi nell'aria**

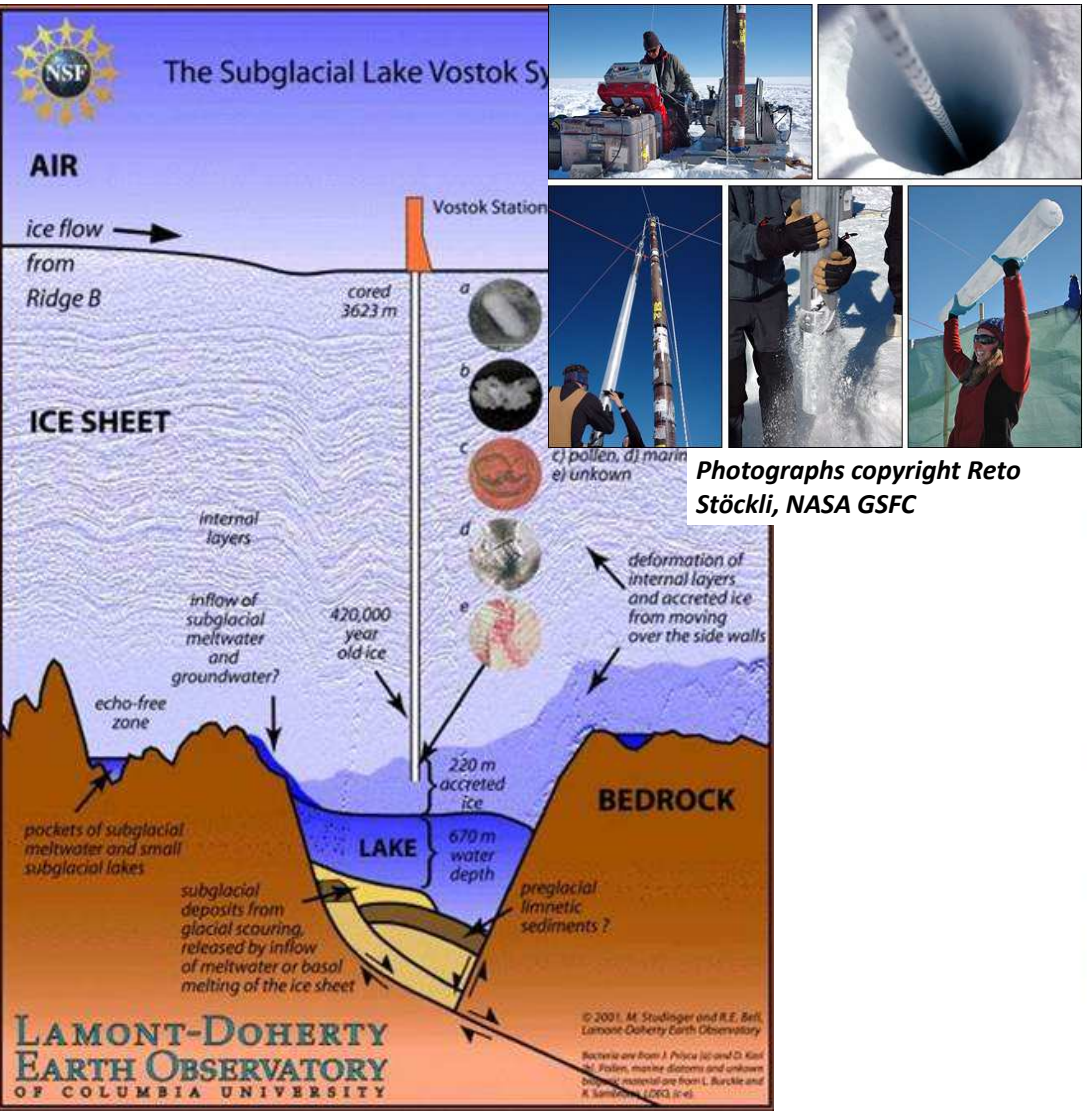
$CO_2$ e $CH_4$ alcuni dei gas serra con documentata correlazione diretta con aumento della temperatura globale

Continuo aumento delle concentrazioni di anidride carbonica e metano

**Da quando?**

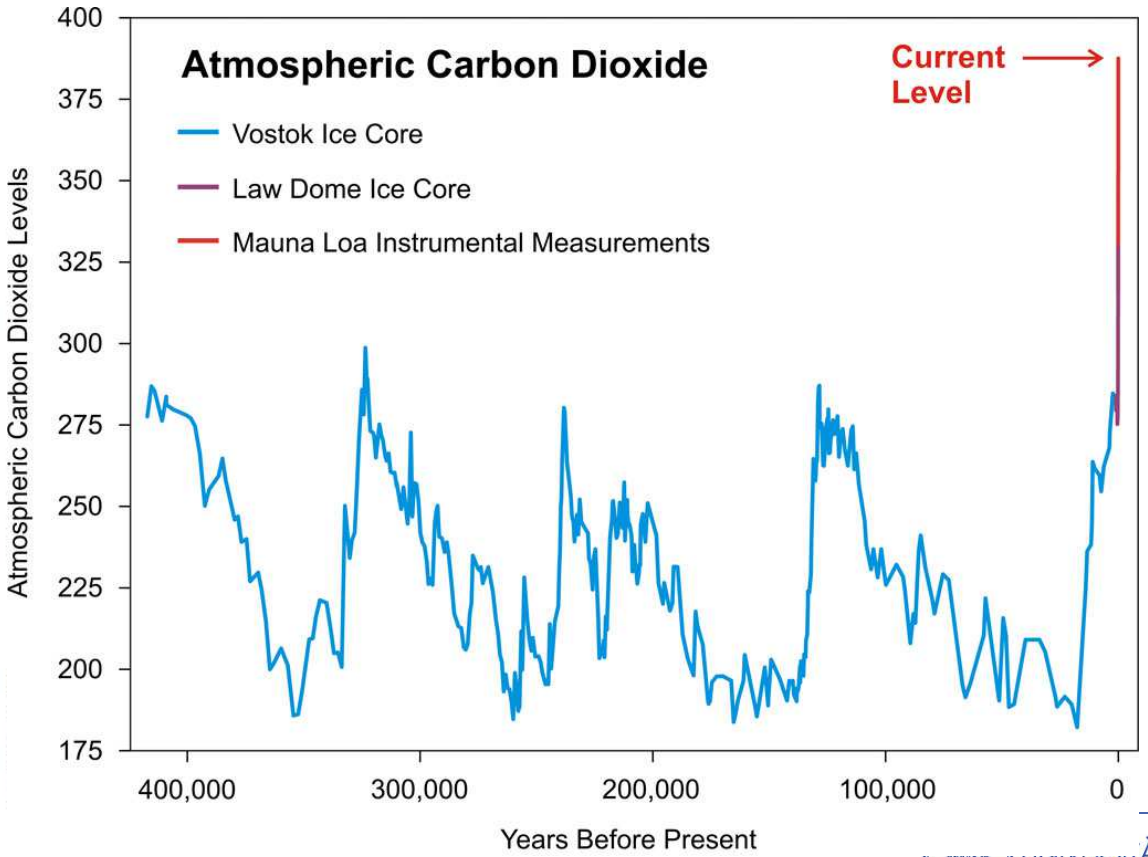
UNIVERSITÀ DI PAVIA

# Ambiente: Il cambiamento climatico globale




*Photographs copyright Reto Stöckli, NASA GSFC*

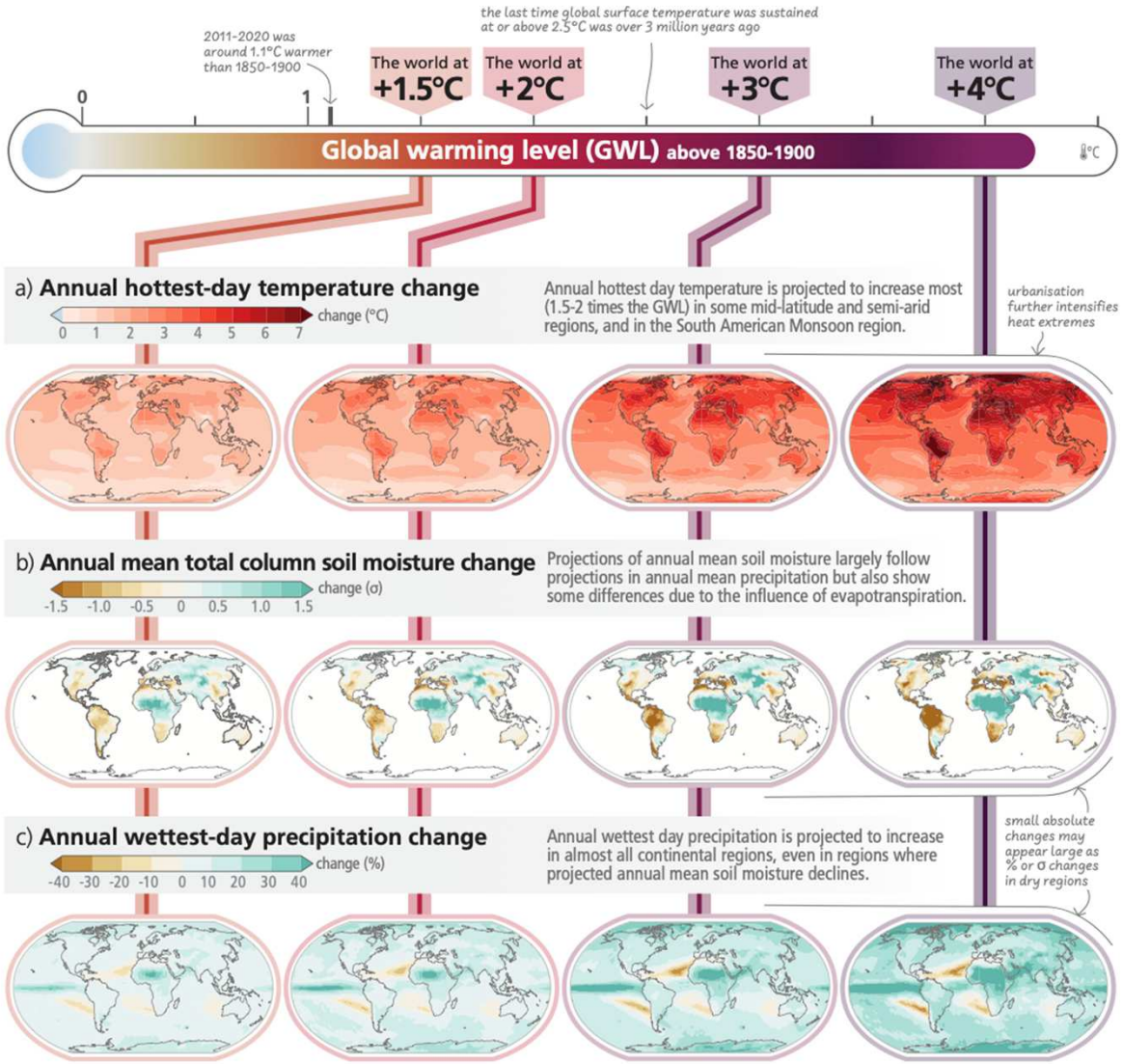
# 420.000 anni fa!!




*Petit et al (2014) Nature*

UNIVERSITÀ DI PAVIA

# Il cambiamento climatico globale: Rapporto IPCC 2023

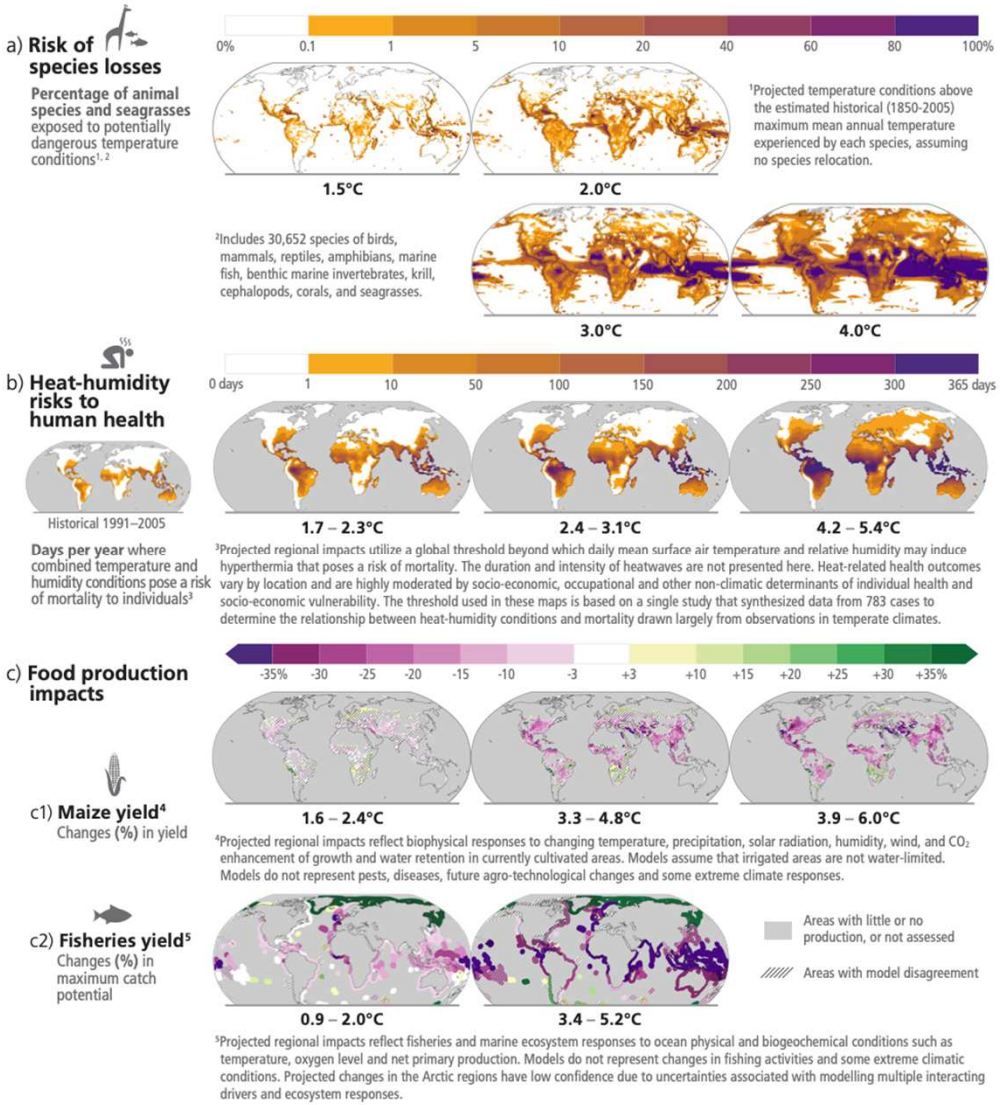



Cambiamenti previsti nella temperatura massima giornaliera annuale, nell'umidità del suolo totale media annuale e nelle precipitazioni massime in un solo giorno su base annuale ai livelli di riscaldamento globale di 1,5°C, 2°C, 3°C e 4°C rispetto al periodo 1850–1900.

(a) Variazione della temperatura massima giornaliera annuale (°C).
(b) Variazione dell'umidità del suolo totale media annuale (deviazione standard).
(c) Variazione delle precipitazioni massime in un solo giorno su base annuale (%).

**Una deviazione standard corrisponde a condizioni di umidità del suolo tipiche delle siccità che si verificavano circa una volta ogni sei anni tra il 1850 e il 1900.**

# Ambiente: Il cambiamento climatico globale

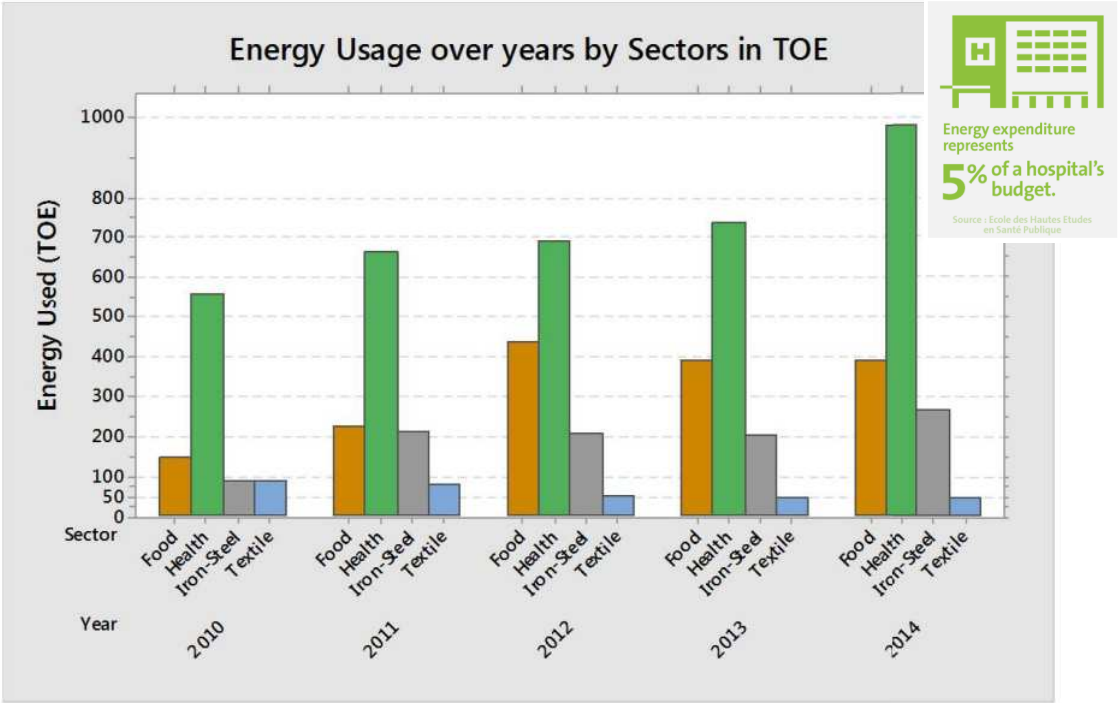



Questo riscaldamento avrebbe effetti catastrofici sulle colture, sull'approvvigionamento idrico, sulle infrastrutture e sugli ecosistemi

Il proseguimento dell'attuale modello economico lineare comporta ovvi rischi economici e sanitari.

Nonostante queste sfide, esiste un'opportunità per rallentare il ritmo del riscaldamento e prevenire lo scenario peggiore , ma richiede una **trasformazione sistemica e una pronta riduzione delle emissioni** (IPCC, 2021 2023)

# Rilevanza ambientale del sistema sanitario




**Settore sanitario dell'UE**

- 8-10% del prodotto interno lordo (PIL),
- 15% della spesa pubblica
- 8% della forza lavoro dell'UE
- elevato potenziale di innovazione e crescita.

**Settore sanitario Stati Uniti (USA),**

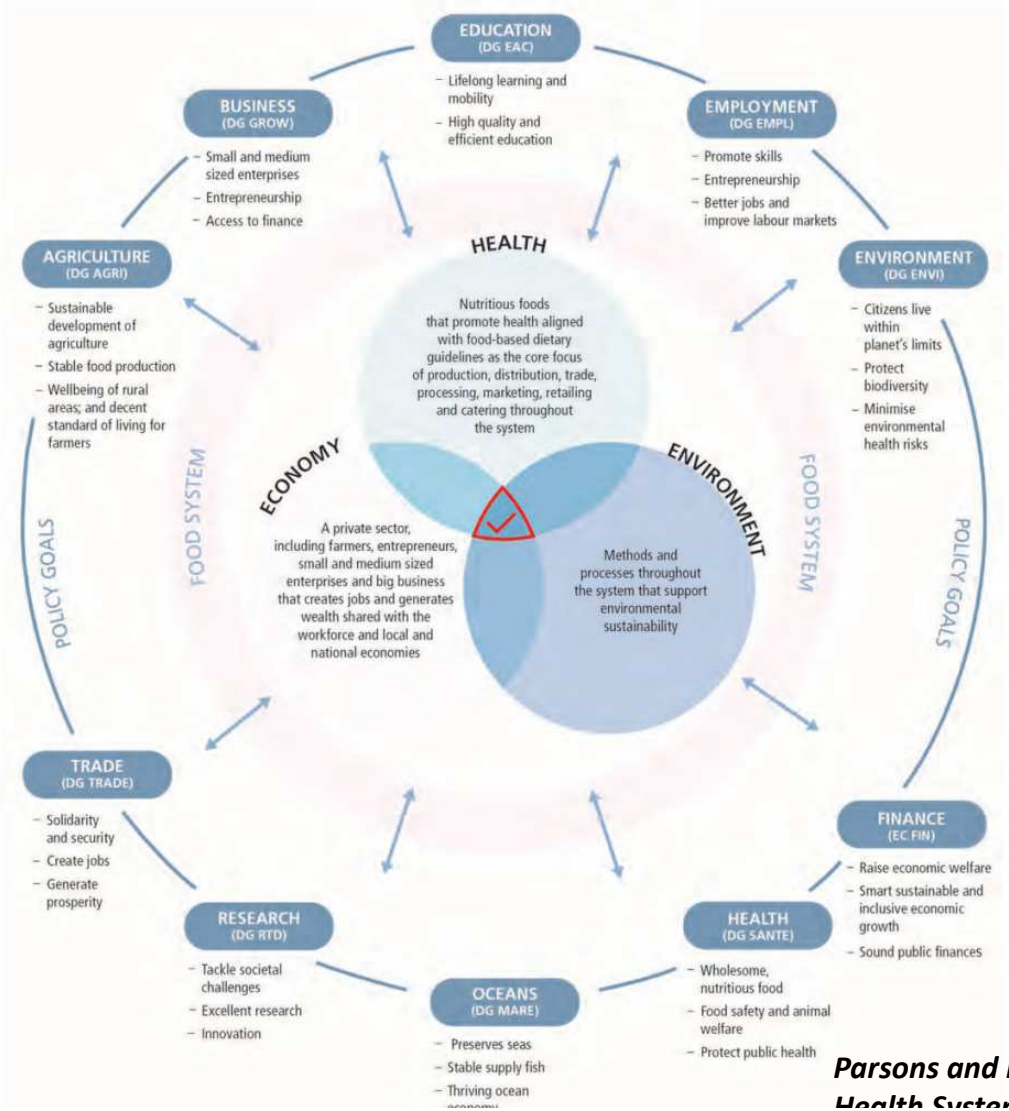
- 16.3% del PIL (2023),
- 73 miliardi di kWh/anno,
- 6,5 miliardi di $ in energia/anno.
- 8% delle emissioni totali di CO2 degli USA
- impiega più di 5,3 milioni di persone
- spende quasi 320 miliardi di dollari in beni e servizi (nel 2008).
- 5,9 milioni di tonnellate di rifiuti/anno

***"The awareness and practice of medical waste management among healthcare workers is often limited with inadequate sensitization and lack of proper implementation of the existing National guidelines"***

Sebbene la massima priorità di un ospedale sia la fornitura di cure di alta qualità, programmi completi di minimizzazione dei rifiuti e riciclaggio possono risparmiare risorse sia ambientali che finanziarie.

***Letho et al (2021) PlosOne***

# Rilevanza ambientale del sistema sanitario




- **Riduzione del 30% di consumo elettrico → riduzione emissioni evitando:**
  - 4130 morti premature
  - 85000 attacchi di asma
  - 4 milioni di sintomatologie all'apparato respiratorio
  - 3750 emergenze ospedaliere
  - **Risparmio: 1.2 miliardi $**

***Parsons and Hawkes on the behalf of the European Observatory on Health Systems and Policies***

UNIVERSITÀ DI PAVIA

# Una transizione globale necessaria

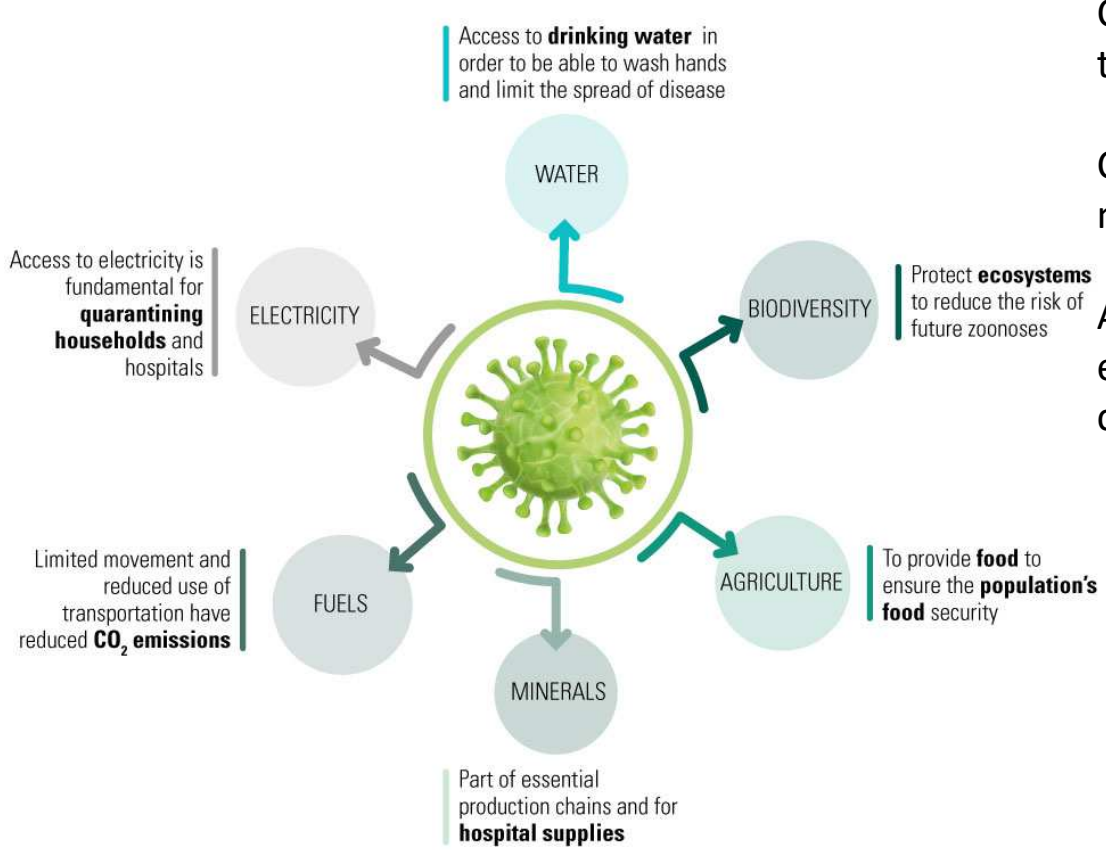
**Salute e benessere**

- riduzione emissioni, rifiuti, eventi meteorologici gravi e delle lesioni, dei decessi e degli impatti sulla salute mentale associati;
- riduzione delle malattie e dei decessi legati al caldo;
- riduzione delle malattie dovute all'inquinamento atmosferico,
- riduzione dell'acqua e malattie trasmesse da vettori;
- migliore accesso a cibi sicuri e nutrienti

**Miglioramento dell'equità sanitaria**

- il carico sanitario degli eventi meteorologici estremi, comprese le ondate di calore, colpisce in modo sproporzionato le comunità emarginate, comprese le persone di colore (Basu et al, 2008)
- individui di status socioeconomico inferiore (SES) (Shonkoff et al, 2011)
- quelli con condizioni di salute croniche, molti dei quali sono associati a SES inferiore (WHO, 2018; Shonkoff etal, 2011)

# «A lesson to be learned»: l'esempio della recente pandemia




**E l'attenzione a questi minerali deve essere rivolta anche per quanto attiene la salute.**

***Source: UN Economic Commission For Latin America and Carribbean***

Covid-19 e la situazione geopolitica russia-ucraina lascerà di sé, tra il resto, l"ansia' per le terre rare e altri minerali critici.

Carenza di mascherine, respiratori, medicinali e ora di vaccini ma non solo.

Anche criticità, o possibili criticità, che attengono ai settori energetici, alimentari, sanitari e di produzione di alcuni minerali che vengono definiti 'critici', o comunque strategici.

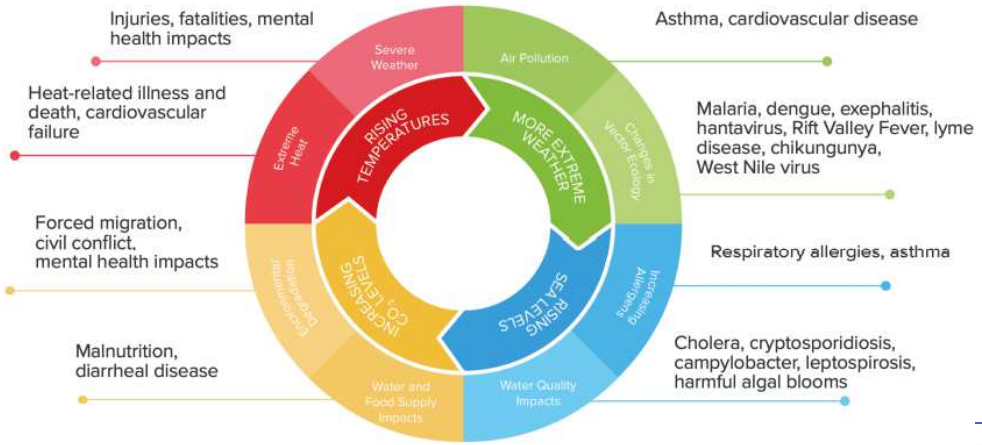



**Figure** 3 Impact of climate change on human health (Source: U.S. Centers for Disease Control and Prevention; Health Care Without Harm, 2019)

ERSITÀ
VIA

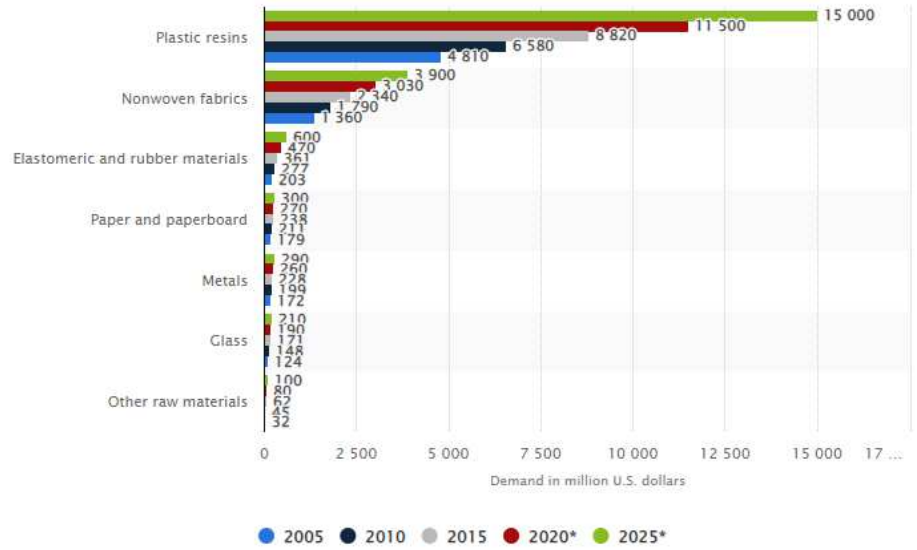
# Materie prime finite: Metalli o metalloidi in farmacologia

- Most EU CRMs are used in health care (except Hafnium and Tungsten):

| Deployment from CRMs in Health Care | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRM | Medication | Medical technology | CRM | Medication | Medical technology | CRM | Medication | Medical technology |
| Antimony | X | | Hafnium | no use | | Phosphorus | X | |
| Baryte | X | X | HREEs | X | X | Scandium | X | X |
| Beryllium | | X | Indium | | X | Silicon Metal | X | |
| Bismuth | X | | LREEs | X | X | Tantalum | X | |
| Borates | X | | Magnesium | X | | Tungsten | no use | |
| Cobalt | X | | Natural Graphite | | X | Vanadium | X | |
| Coking Coal | X | | Natural Rubber | | X | Bauxite | X | |
| Fluorspar | X | | Niobium | X | | Lithium | X | |
| Gallium | X | X | PGMs | X | X | Titanium | | X |
| Germanium | | X | Phosphate rock | X | | Strontium | X | |

SOURCE - European list of CRMs (European Commission, 2020) and their usage for the healthcare sector

***Domanda globale di materie grezze per dispositive medici (2005-2025) in milioni di $***

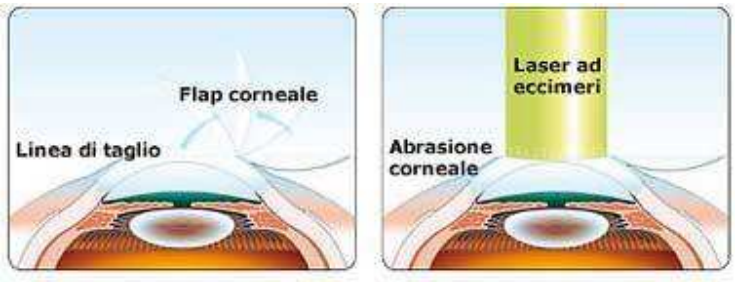



- Ferro per l'anemia, bismuto, cobalto e nichel per i problemi gastrici, litio per la depressione, antimonio per la leishmaniosi, platino o metalli radioattivi per il cancro, arsenico per la psoriasi.

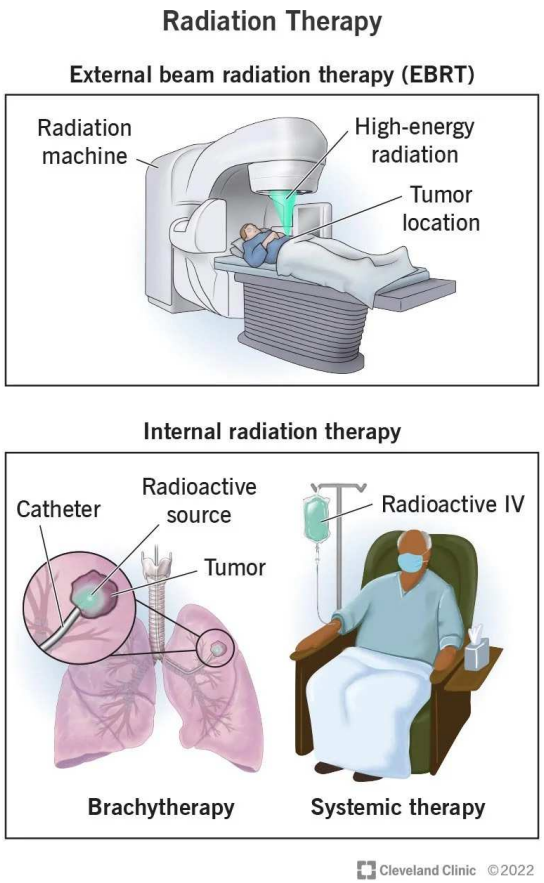
- Lopinavir (antivirale HIV e HPV) contiene silice, talco, titanio, ferro a base minerale.
- Remdesivir (antivirale Ebola) contiene fosfato, calcio, silice, magnesio, titanio.
- Xofigo (trattamento delle metastasi ossee del cancro al seno e alla prostata) contiene Ra-223 (4 dosi da 50 kBq/kg ogni 4 settimane) attraverso l'estrazione da residui di fosfogesso contenenti Ra-226 in tutto il mondo.
- REE (Er, Ho, Lu e Y) - Tubi a raggi X, mezzi di contrasto per risonanza magnetica, imaging medico nucleare, applicazioni nel trattamento del cancro e test di screening genetico e laser medici e dentistici.
- Lu-177 – utilizzato in tutto il mondo per il trattamento del cancro dei tessuti molli, come le cellule nervose e produttrici di ormoni

# CRM Critical Raw Materials: impiego in medicina

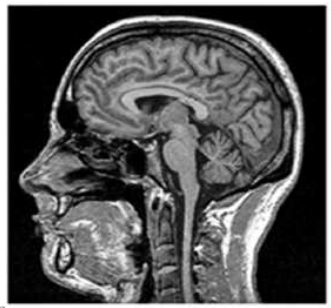
## Laser per chirurgia

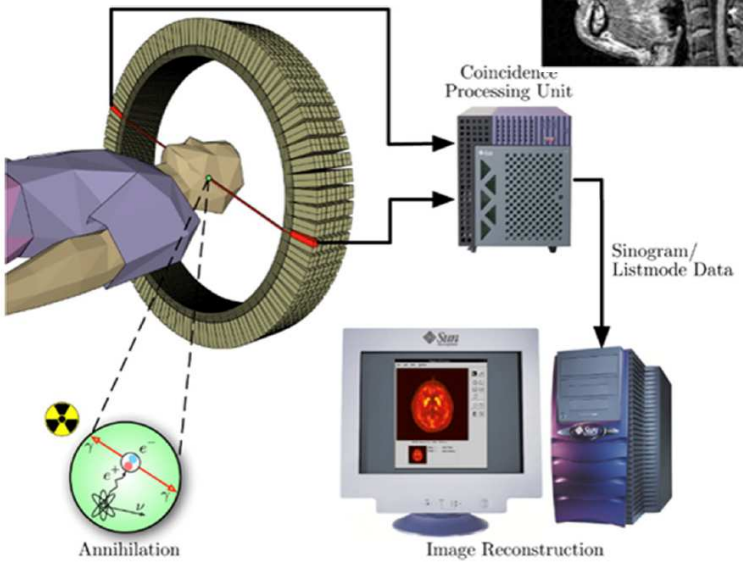



## Cura dei tumori (E.g. Radioterapia)




## Mezzi di contrasto nella diagnostica (E.g. Gd per RM)






Costruzione di apparecchiature (e.g., RM)

Ascenzi et al., 2020, Rend. Lincei Scienze Fisiche e Naturali

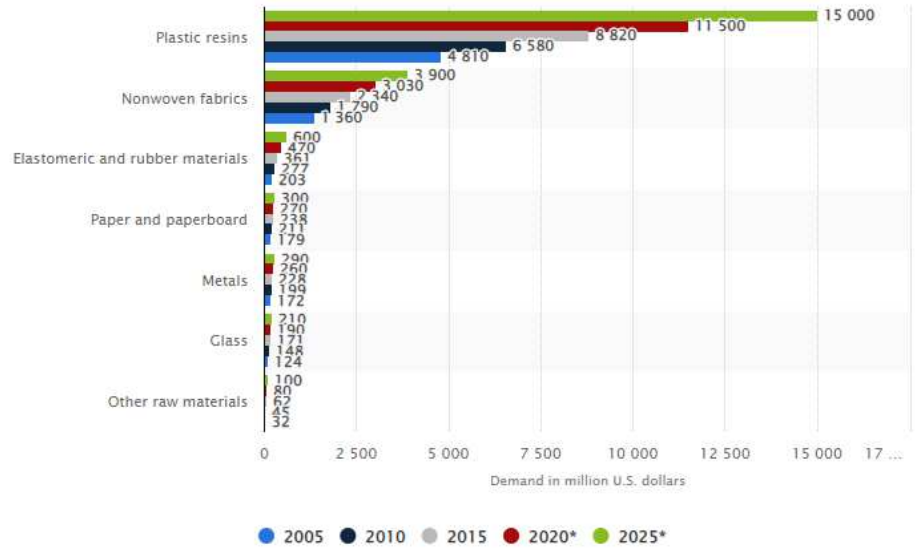
# Materie prime finite: Apparecchiature medicali

- Most EU CRMs are used in health care (except Hafnium and Tungsten):

| Deployment from CRMs in Health Care | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| CRM | Medication | Medical technology | CRM | Medication | Medical technology | CRM | Medication | Medical technology |
| Antimony | X | | Hafnium | no use | | Phosphorus | X | |
| Baryte | X | X | HREEs | X | X | Scandium | X | X |
| Beryllium | | X | Indium | | X | Silicon Metal | X | |
| Bismuth | X | | LREEs | X | X | Tantalum | X | |
| Borates | X | | Magnesium | X | | Tungsten | no use | |
| Cobalt | X | | Natural Graphite | | X | Vanadium | X | |
| Coking Coal | X | | Natural Rubber | | X | Bauxite | X | |
| Fluorspar | X | | Niobium | X | | Lithium | X | |
| Gallium | X | X | PGMs | X | X | Titanium | | X |
| Germanium | | X | Phosphate rock | X | | Strontium | X | |

SOURCE - European list of CRMs (European Commission, 2020) and their usage for the healthcare sector

***Domanda globale di materie grezze per dispositive medici (2005-2025) in milioni di $***




- Le terre rare sono molto utilizzate nella strumentazione medica, ovunque ci siano magneti o piccoli motori
- L'imaging medico utilizza molti metalli, dai raggi X alla medicina nucleare. La risonanza magnetica nucleare(NMR) si basa sui magneti delle terre rare, mentre il 20% del gadolinio mondiale viene utilizzato per soluzioni che aumentano il contrasto delle immagini NMR
- Ci sono pochi dati sul peso del grande business delle terre rare e dei materiali critici nel settore medicale
- Packaging
- Modelli di prestazioni negli appalti potrebbero far risparmiare agli ospedali in Danimarca circa 70–90 milioni di euro entro il 2035 e 10–15 milioni di euro entro il 2020.

# 6 pilastri della sostenibilità in ambito sanitario

- **Efficientamento energetico:** Investimenti in tecnologie innovative per ridurre i consumi energetici, come l'installazione di pannelli solari, sistemi di illuminazione a LED e sistemi di gestione intelligente dell'energia.
- **Gestione dei rifiuti:** Adozione di pratiche di raccolta differenziata, riciclo e riduzione dei rifiuti ospedalieri, con particolare attenzione ai rifiuti speciali.
- **Acqua:** Ottimizzazione dei consumi idrici attraverso l'installazione di sistemi di recupero e riutilizzo dell'acqua piovana.
- **Acquisti sostenibili:** Preferenza per fornitori che offrono prodotti e servizi a basso impatto ambientale, come ad esempio attrezzature mediche efficienti dal punto di vista energetico e prodotti per la pulizia ecologici.
- **Mobilità sostenibile:** Promozione dell'utilizzo di mezzi di trasporto sostenibili per il personale e i pazienti, come biciclette e mezzi pubblici.
- **Edifici sostenibili:** Costruzione e ristrutturazione di edifici ospedalieri secondo criteri di sostenibilità, con l'utilizzo di materiali ecocompatibili e l'ottimizzazione dell'isolamento termico.

# Benefici per il Sistema sanitario

- **Riduzione dei costi:** L'efficientamento energetico e la riduzione dei consumi possono portare a significative economie di scala.
- **Miglioramento della qualità dell'aria e dell'ambiente di lavoro:** La riduzione delle emissioni inquinanti e l'utilizzo di materiali ecocompatibili contribuiscono a creare un ambiente più salubre per pazienti e personale.
- **Maggiore resilienza:** Gli ospedali sostenibili sono più resilienti di fronte ai cambiamenti climatici e alle emergenze sanitarie.
- **Miglioramento dell'immagine:** L'impegno verso la sostenibilità può migliorare l'immagine dell'ospedale e rafforzare il rapporto di fiducia con la comunità.
- **Sfide e prospettive future**
- Nonostante i progressi compiuti, la strada verso la sostenibilità in ambito ospedaliero è ancora lunga. Tra le principali sfide da affrontare vi sono:
- **Costi iniziali:** L'implementazione di tecnologie e pratiche sostenibili richiede investimenti iniziali significativi.
- **Mancanza di competenze:** Non sempre è facile trovare personale qualificato in grado di gestire progetti di sostenibilità.
- **Resistenza al cambiamento:** La cultura organizzativa degli ospedali può talvolta ostacolare l'introduzione di nuove pratiche.

# Esempi di *good practice*

**Gestione dei Rifiuti**

•**Raccolta differenziata rigorosa:** Separazione accurata dei rifiuti, compresi quelli speciali, per massimizzare il riciclo e il recupero di materiali.

•**Riduzione dei rifiuti plastici:** Sostituzione di prodotti monouso in plastica con alternative più sostenibili, come contenitori riutilizzabili e strumenti chirurgici sterilizzabili.

•**Compostaggio:** Utilizzo dei rifiuti organici per produrre compost, che può essere utilizzato nei giardini dell'ospedale o donato ad altre realtà.

**Efficienza Energetica**

•**Illuminazione a LED:** Sostituzione delle lampade tradizionali con LED, che consumano meno energia e durano più a lungo.

•**Sistemi di riscaldamento e raffreddamento efficienti:** Installazione di impianti di climatizzazione ad alta efficienza energetica e utilizzo di fonti di energia rinnovabile (es. geotermia).

•**Monitoraggio dei consumi:** Implementazione di sistemi di monitoraggio per identificare e ridurre gli sprechi energetici.

# Esempi di *good practice*

**Gestione dell'Acqua**

•**Sistemi di recupero dell'acqua piovana:** Utilizzo dell'acqua piovana per irrigare i giardini, pulire gli spazi esterni e altri usi non potabili.

•**Riduttori di flusso:** Installazione di riduttori di flusso negli erogatori per ridurre il consumo di acqua.

•**Riutilizzo dell'acqua:** Recupero e riutilizzo dell'acqua utilizzata per la sterilizzazione degli strumenti chirurgici.

**Acquisti Sostenibili**

•**Preferenza per prodotti locali:** Acquisto di alimenti e prodotti di pulizia da fornitori locali per ridurre l'impatto del trasporto.

•**Scelta di prodotti eco-certificati:** Acquisto di prodotti con etichette ecologiche che garantiscono un minore impatto ambientale.

•**Valutazione del ciclo di vita dei prodotti:** Considerazione dell'impatto ambientale di un prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita, dalla produzione allo smaltimento.

# Esempi di *good practice*

**Mobilità Sostenibile**

•**Promozione del trasporto pubblico:** Incentivazione dell'utilizzo dei mezzi pubblici da parte del personale e dei pazienti.

•**Infrastrutture per biciclette:** Realizzazione di piste ciclabili e stalli per biciclette per favorire la mobilità sostenibile.

•**Flotta aziendale ecologica:** Adozione di veicoli elettrici o ibridi per la flotta aziendale.

**Edifici Sostenibili**

•**Utilizzo di materiali ecocompatibili:** Impiego di materiali naturali e riciclati nella costruzione e ristrutturazione degli edifici.

•**Isolamento termico:** Miglioramento dell'isolamento termico degli edifici per ridurre il consumo energetico per il riscaldamento e il raffrescamento.

•**Verde verticale:** Creazione di pareti verdi e tetti verdi per migliorare la qualità dell'aria e ridurre l'effetto isola di calore.

# Esempi di *good practice*: la chiave del successo

**Altre Buone Pratiche**

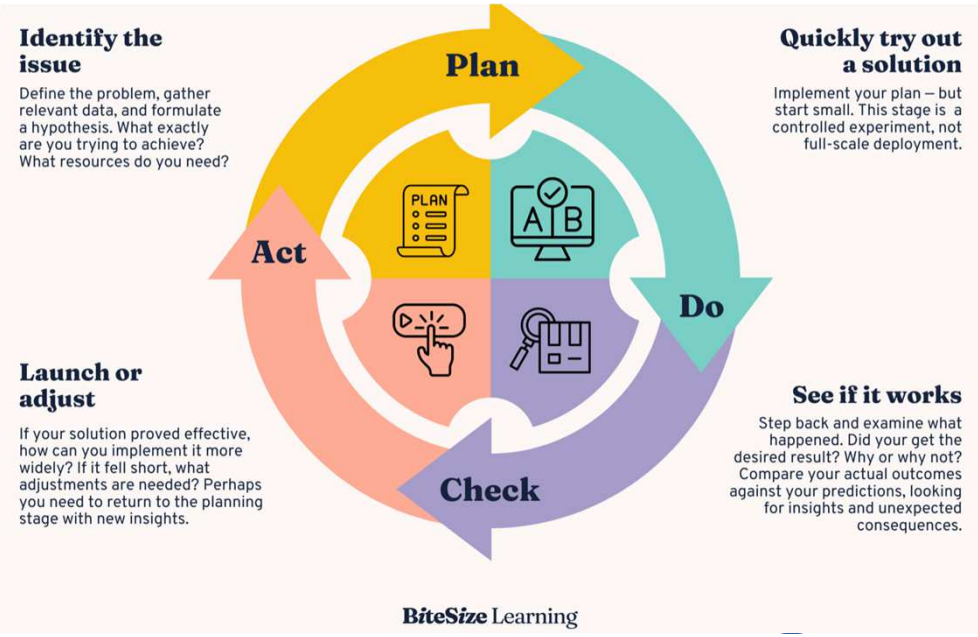
•**Diete sostenibili:** Promozione di diete sane e sostenibili per i pazienti, privilegiando alimenti a basso impatto ambientale.

•**Formazione del personale:** Organizzazione di corsi di formazione per sensibilizzare il personale sulle tematiche ambientali e promuovere comportamenti sostenibili.

•**Partecipazione a reti e progetti:** Collaborazione con altre istituzioni e partecipazione a progetti di ricerca per lo sviluppo di nuove soluzioni sostenibili.

**Integrazione di diverse soluzioni sostenibili:** Non limitarsi a una singola area, ma adottare un approccio olistico che coinvolge tutti gli aspetti della gestione dell'ospedale.

**Misurazione e monitoraggio dei risultati:** Utilizzare indicatori di performance per valutare l'impatto delle iniziative e apportare continui miglioramenti.

**Collaborazione con partners esterni:** Collaborare con fornitori, università e altre istituzioni per sviluppare nuove soluzioni e condividere le migliori pratiche.

**Coinvolgimento del personale e dei pazienti:** Promuovere una cultura della sostenibilità coinvolgendo tutto il personale e i pazienti nelle iniziative.