

Introduzione – Environmental Hydraulics

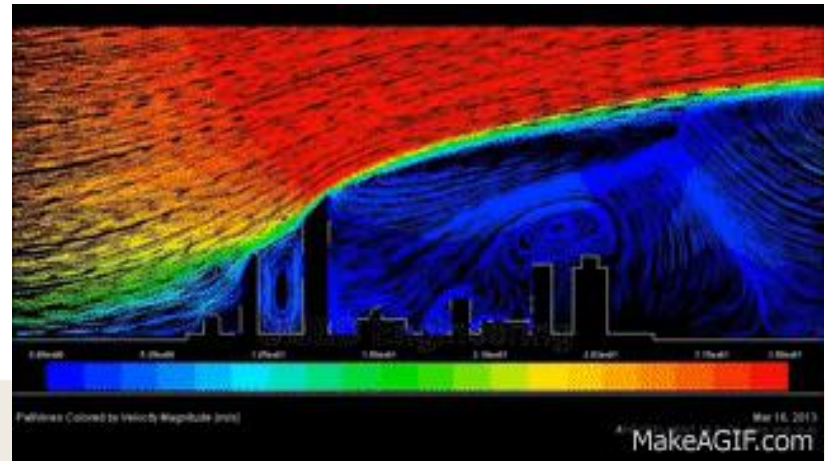
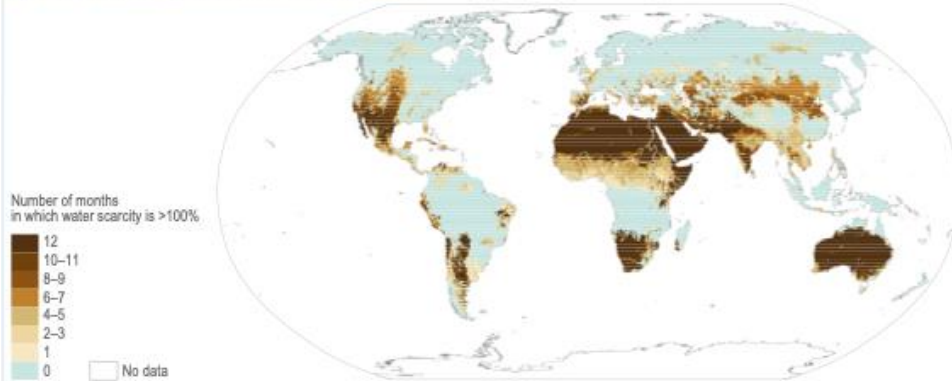
Environmental Hydraulics

Si occupa dello studio degli **inquinanti presenti in ambiente**, in particolare nell'atmosfera e nell'acqua e la loro pericolosità; dei **fenomeni fisici** associati, quali il trasporto, la diffusione; il **cambiamento climatico** e gli effetti sul ciclo dell'acqua.

Computational Hydraulics

Si occupa della **modellizzazione** e della soluzione dei fenomeni fisici studiati nei diversi corsi del curriculum di **gestione e sostenibilità idraulica e ambientale**. Quindi, di acquisire la capacità di risolvere **problemi ingegneristici** tramite **soluzione numeriche** e l'uso dei computer.

(a) Number of months per year with severe water scarcity

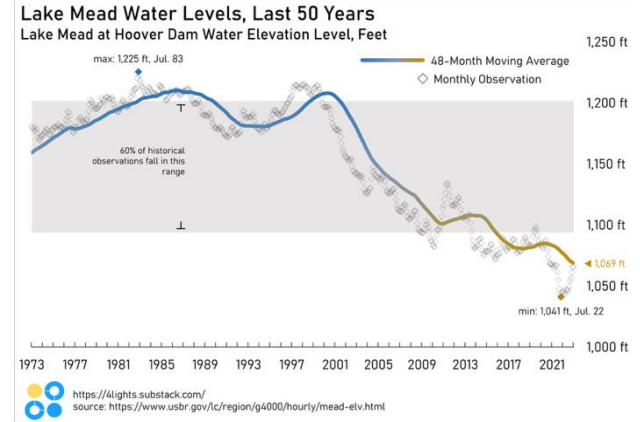


Cambiamenti Climatici ed effetti

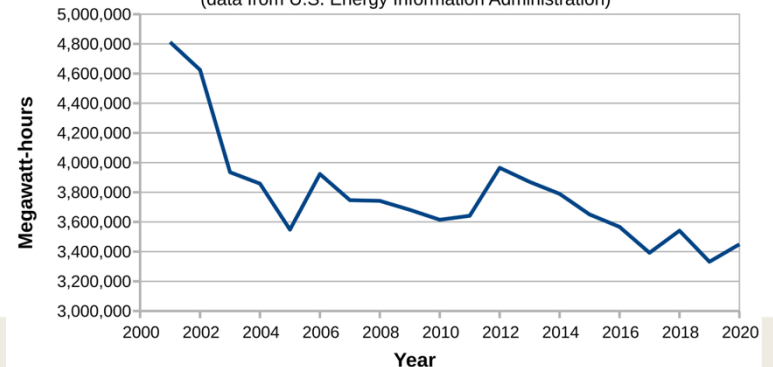
Perché è importante studiare il **cambiamento climatico** e l'effetto che avrà in futuro sulle **risorse idriche** e le **infrastrutture idrauliche**?

Caso: Hoover Dam – Lake Mead

Riduzione livello del bacino e contestualmente una riduzione della produzione elettrica

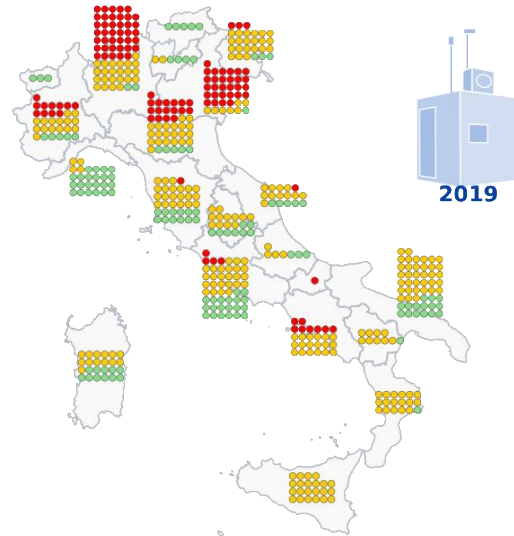


Decline in Hoover Dam Electricity Generation since year 2000
(data from U.S. Energy Information Administration)

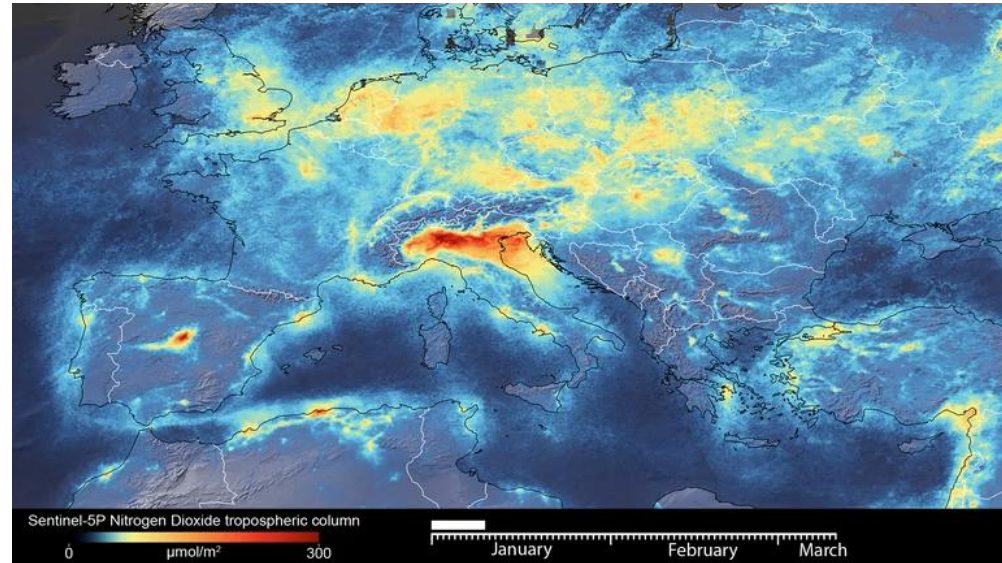


Inquinamento Atmosferico - Superamento limiti di legge

Punti di campionamento che hanno superato il **limite di legge** (●),
superato il **valore di riferimento** dell'OMS (●),
e rispettato il **valore di riferimento** dell'OMS (●)

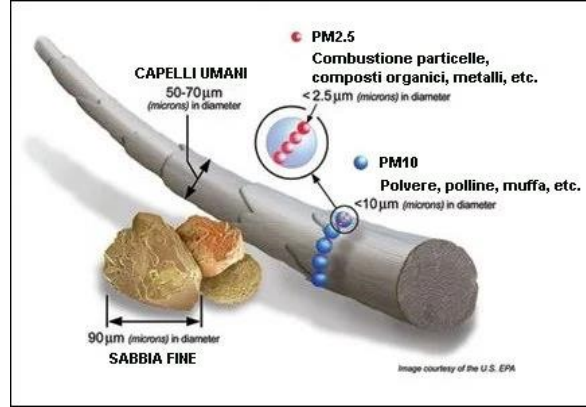


Sforamento dei limiti di leggi della
presenza di **particolato** in
atmosfera sul territorio italiano.



Evoluzione degli ossidi di azoto in
Europa durante i mesi di Gennaio,
Febbraio, Marzo.

Inquinamento Atmosferico – Fonti - Trasporti

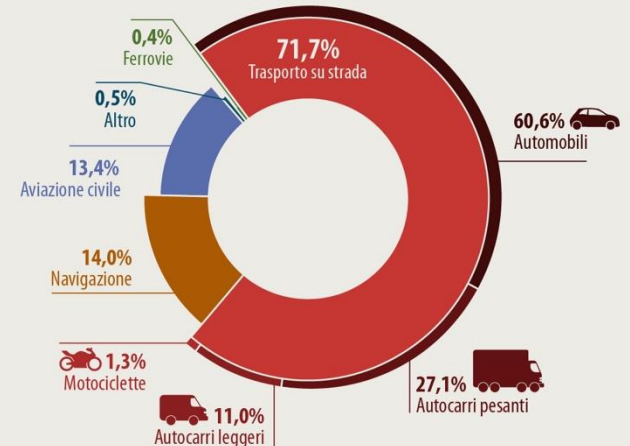


Inquinanti:

- Particolato (PM10 e PM 2.5)
- CO₂ **Cambiamento Climatico**
- Ossidi di Azoto (NOx)

EMISSIONI PRODOTTE DAI TRASPORTI NELL'UE

Ripartizione delle emissioni di gas serra per modalità di trasporto (2019)



Fonte: Agenzia europea dell'ambiente, 2022



Pm10: il 2020 peggio del 2019 nonostante il lockdown



Inquinanti:

- Monossido di carbonio (CO)
- Particolato (PM10 e PM 2.5)
- CO₂

Origine:

- Caldaie a gas
- Stufe a legna

Inquinamento Atmosferico – Fonti – Impianti Industriali



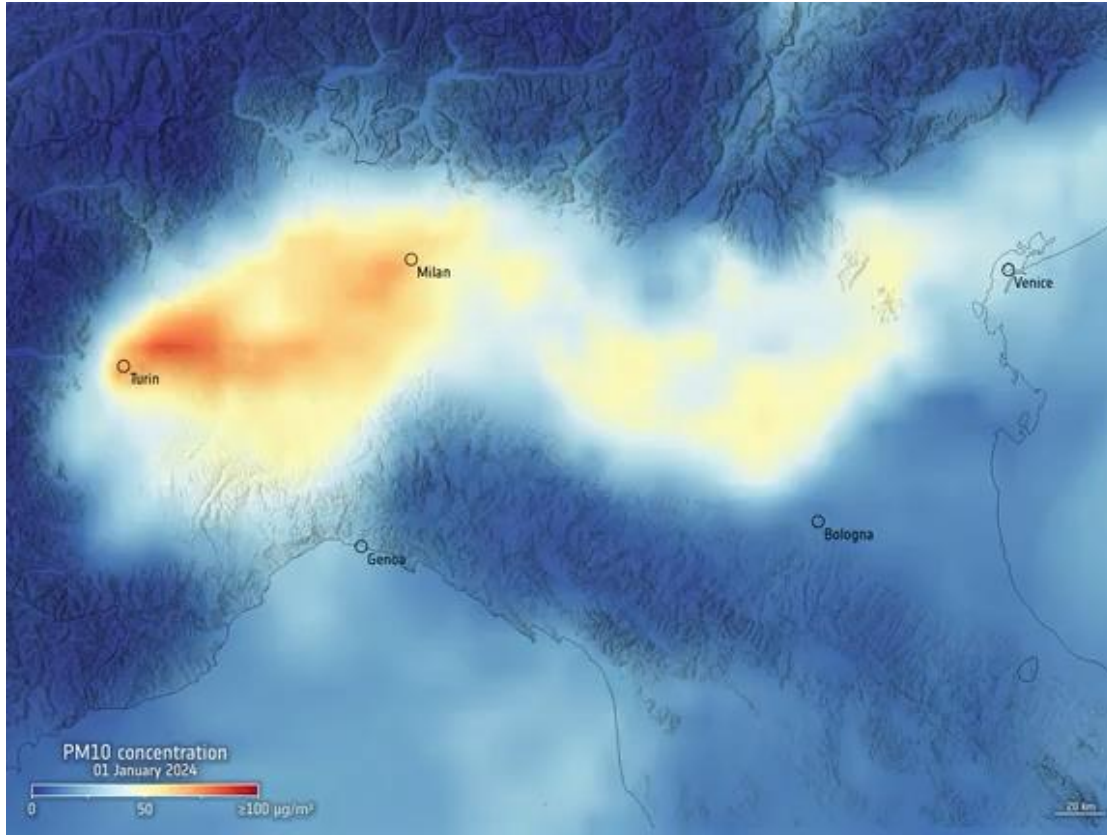
Emissione diretta di diversi inquinanti:

- Particolato (PM10 e PM 2.5)
- CO₂
- Ossidi di Azoto
- (NOx)

Localizzate e possono essere monitorate

Torri di raffreddamento o scambiatori di calore – L'inquinamento è dovuto alla **temperatura**

Inquinamento Atmosferico – Pianura Padana



Fattori Principali

Antropogenici:

- Densità abitativa
- Densità industriale

Naturali:

- Orografia
- Meteo

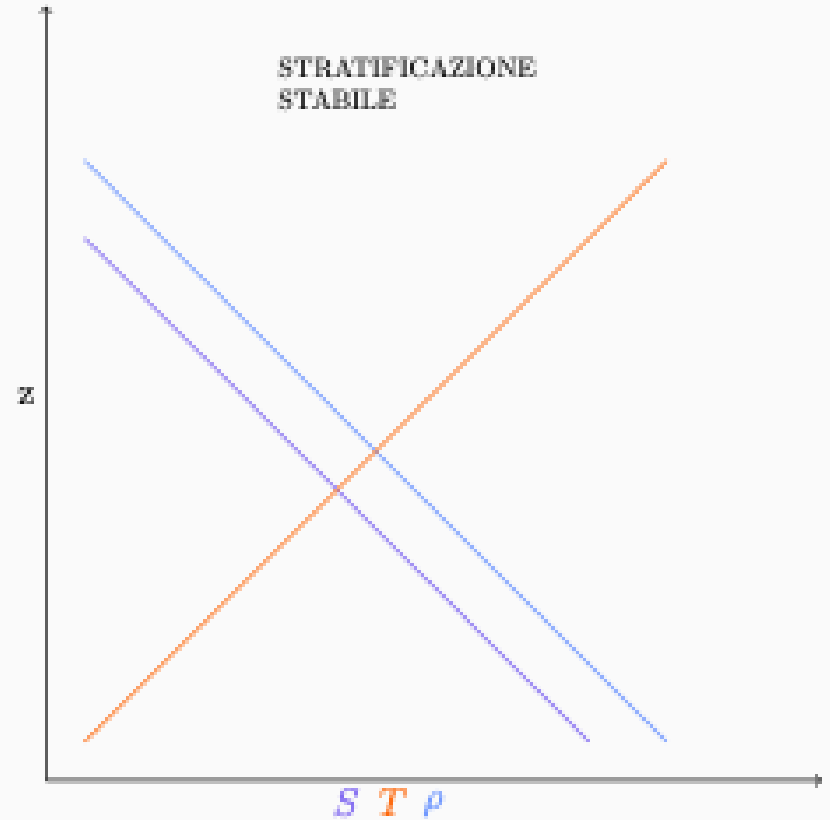
Fenomeni Fisici:

- assenza di convezione
- assenza di venti prevalenti

$$\rho = \rho_0 [1 - \alpha (T - T_0)] + \beta (S - S_0)$$

Relazione che lega la densità alla temperatura e alla salinità

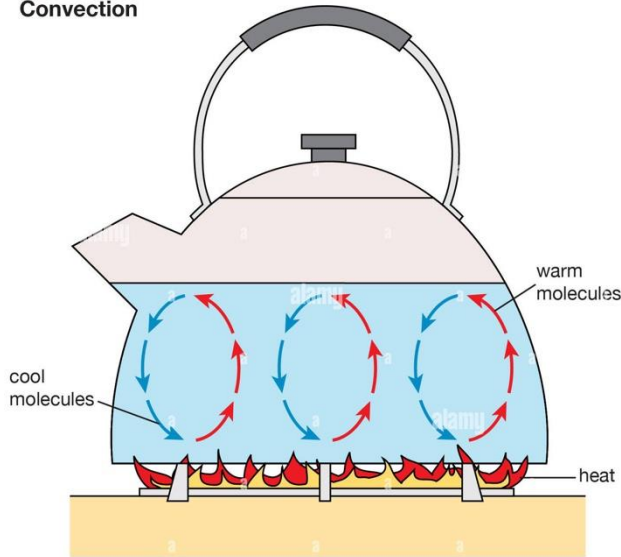
In un **condizione stabile (fluido)** si ha che la **temperatura aumenta** e la **densità diminuisce** con l'altezza



Fisica - Convezione Fluidi – Esempio

In un caso instabile invece si ha che la temperatura diminuisce e la densità auenta con l'altezza

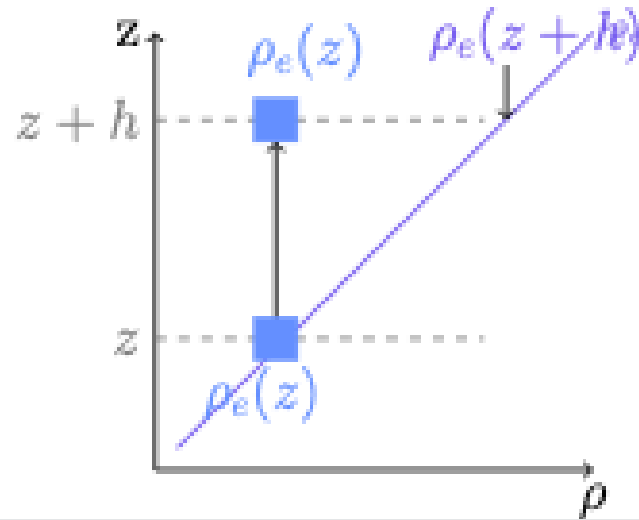
Convection



© 2013 Encyclopædia Britannica, Inc.

alamy

Image ID: EM6KJ
www.alamy.com



Forze agenti sulla particella di fluido:

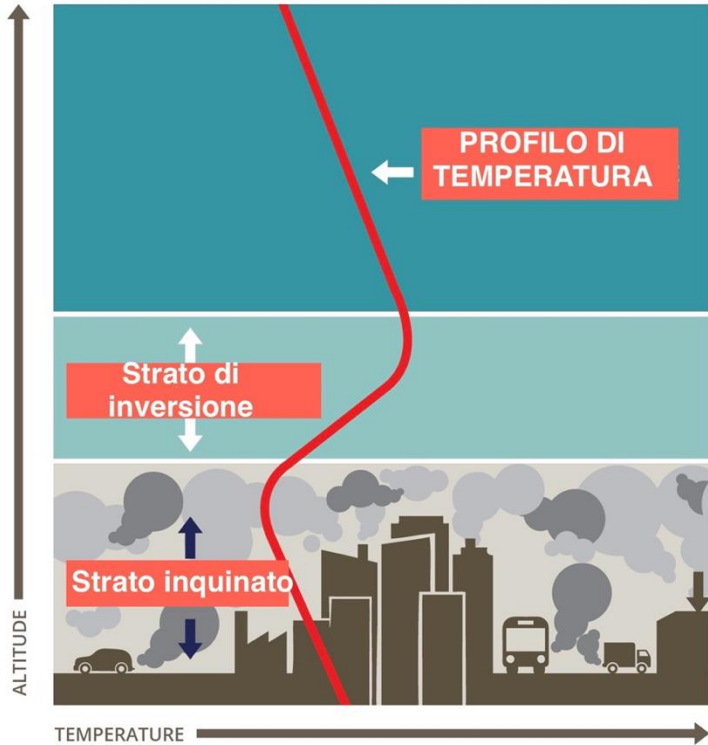
$$F_p = \rho_e(z) \vec{g} dV \quad F_b = \rho_e(z+h) \vec{g} dV$$

(Forza Peso) (Spinta di Archimede)

Ma si ha che la densità

$$\rho_e(z+h) > \rho_e(z) \text{ da cui la risultante agente sulla particella } F_w < F_b$$

Inversione Termica



Aria fredda stabile nel primo strato di atmosfera, dove risiedono gli inquinanti.

Aria Calda sopra lo strato freddo, che impedisce il trasporto di inquinanti per **convezione** agli strati superiori dell'atmosfera.

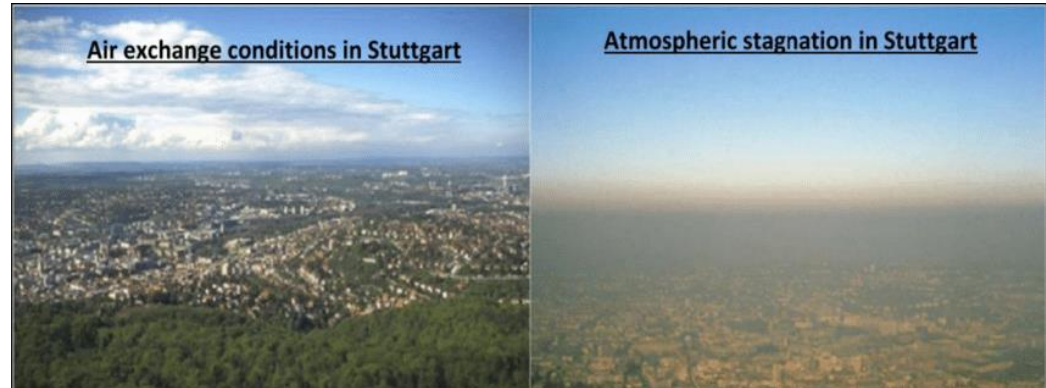
Orografia



L'inversione termica rimane stabile a causa dell'orografie e **dall'assenza di forti venti.**

Risultato:

Stagnazione inquinanti



Sorgenti di inquinamento - Acqua

Sorgenti non-puntuali:

- Agricoltura
- Strade cittadine
- Presenza di inquinanti in natura



Sorgenti puntuali:

- Industrie
- Fognature
- Incidenti (sversamenti)



Inquinamento – Fonti Microbiologiche

- **Microorganismi patogeni** (batteri, virus e protozoi) presenti nell'acqua possono causare malattie ai nuotatori e contaminare pesci e molluschi.
- Nei paesi in via di sviluppo, si stima che il 90% delle **acque reflue venga scaricato direttamente nei fiumi senza trattamento**.
- Negli Stati Uniti, ogni anno vengono scaricati 3 trilioni di litri di liquami non trattati in fiumi, laghi e baie a causa di sistemi fognari con perdite e sistemi combinati (fognari/pluviali) inadeguati che straripano durante le forti piogge.

Senna inquinata alle Olimpiadi, gli esperti: “È putrida. Nell’acqua non solo Escherichia coli”



***Rotavirus a Lerici, le spiagge restano chiuse:
“In quei canali potrebbero essere finiti reflui fognari”***



Inquinamento – Estrazione Minerali

- Il processo di estrazione mineraria **espone metalli pesanti** e composti di zolfo che in precedenza erano racchiusi nella Terra.
- **L'acqua piovana filtra questi composti** dalla terra esposta, causando il drenaggio acido delle miniere e l'inquinamento da metalli pesanti che può continuare a lungo dopo la cessazione delle operazioni minerarie.

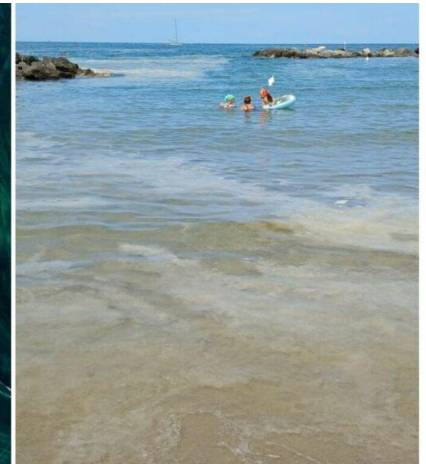
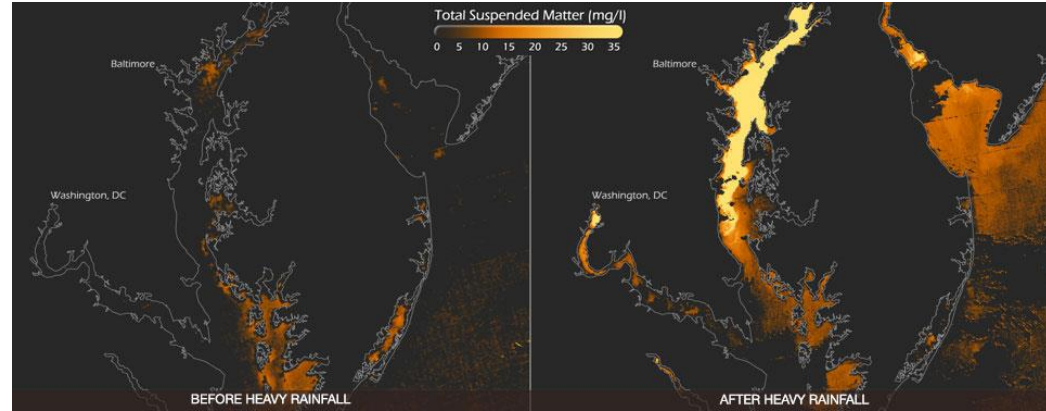


In Sardegna i metalli pesanti contaminano la Costa Verde di Piscinas. Ma le bonifiche sono ferme da decenni

Inquinamento – Nutrienti

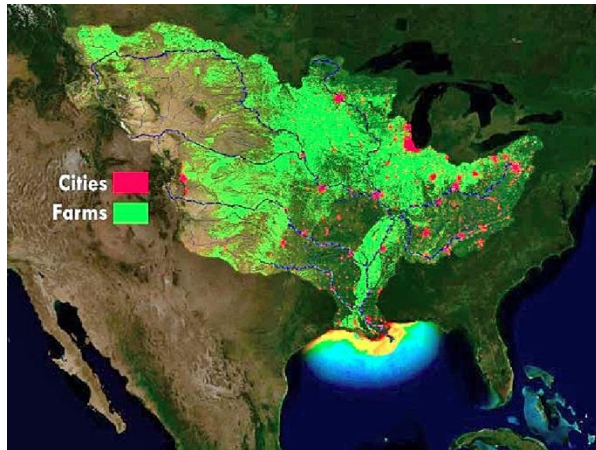
- Fosforo e Azoto, **nutrienti chiave** per le piante, sono abbondanti nelle acque reflue
- Quando finiscono nei laghi e fiumi, **stimolano la crescita eccessiva** di erbe acquatiche e alghe ("fioriture algali").
- Se l'inquinamento da nutrienti è causato dalle attività umane (fertilizzanti, scarichi, rifiuti animali), si chiama **eutrofizzazione**.

L'invasione della mucillagine sulle spiagge romagnole. Turisti allarmati: "Mai vista una cosa come quest'anno"



Inquinamento – Sostanze che riducono l'ossigeno

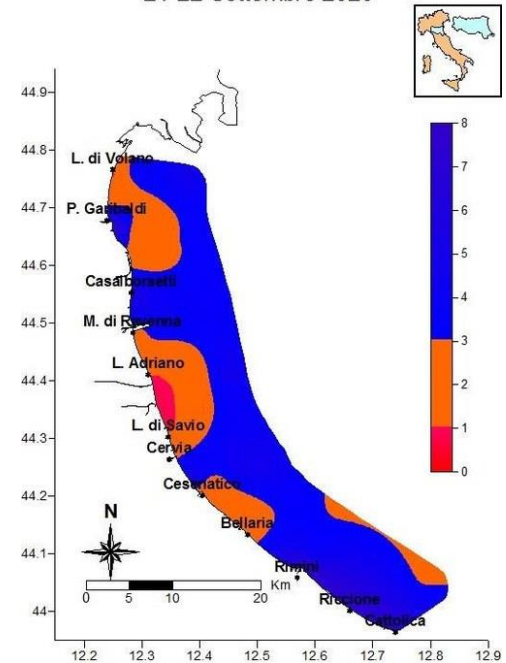
- I rifiuti biodegradabili vengono utilizzati come nutrienti da batteri e altri microrganismi (anerobici), che ne stimolano la crescita e il consumo di ossigeno uccidendo altre specie aerobiche (pesci).



- Le "zone morte" sono aree ipossiche (a basso contenuto di ossigeno) negli oceani e nei grandi laghi, che tipicamente si trova nelle acque profonde vicino alle coste abitate.

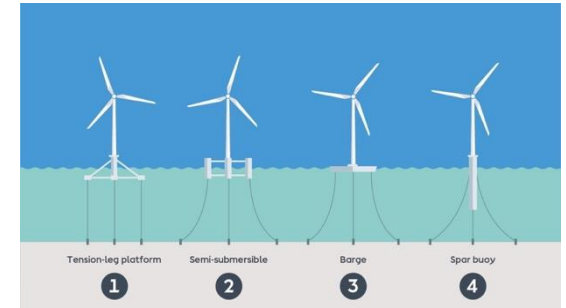
Ossigeno di fondo mg/l

21-22 Settembre 2020



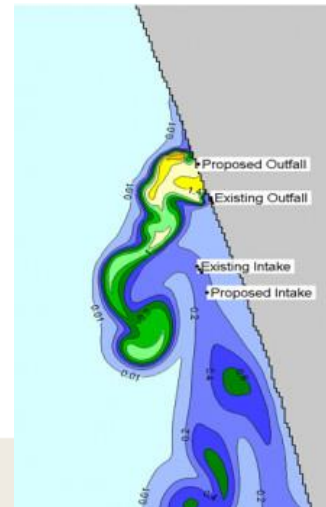
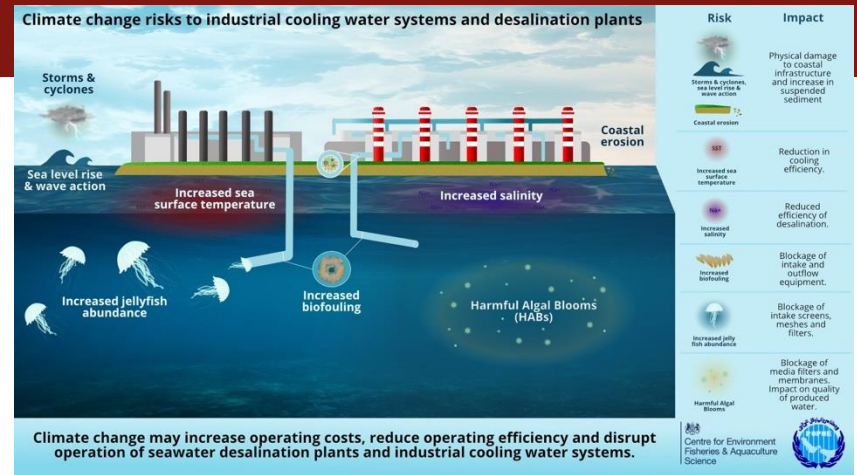
Inquinamento – Rumore

- Molti organismi marini, tra cui mammiferi marini, tartarughe marine e pesci, **utilizzano il suono** per comunicare, navigare e cacciare.
- L'inquinamento acustico in acqua è causato principalmente da navi commerciali, sonar militari e imbarcazioni da diporto.



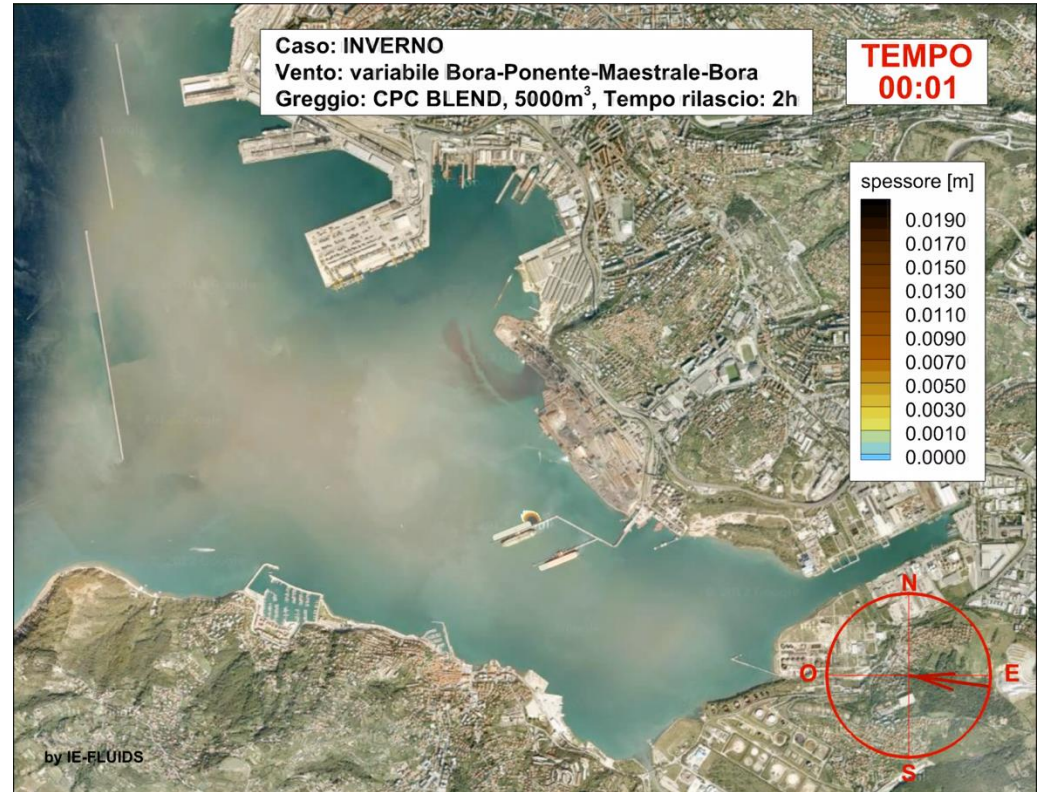
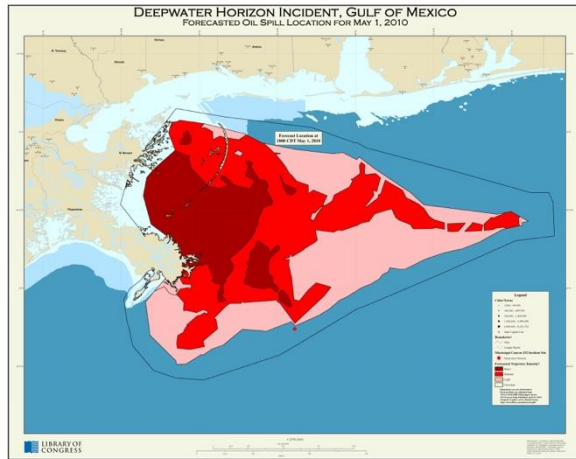
Inquinamento - Temperatura

- **L'inquinamento termico** è prodotto da industria e centrali elettriche.
- Il calore riduce la capacità dell'acqua **di trattenere l'ossigeno disciolto**. Ciò causa la morte di organismi che non tollerano il calore e/o i bassi livelli di ossigeno.
- Il **riscaldamento globale** sta anche aggiungendo ulteriore calore a oceani, fiumi e torrenti, con conseguenze ancora sconosciute.



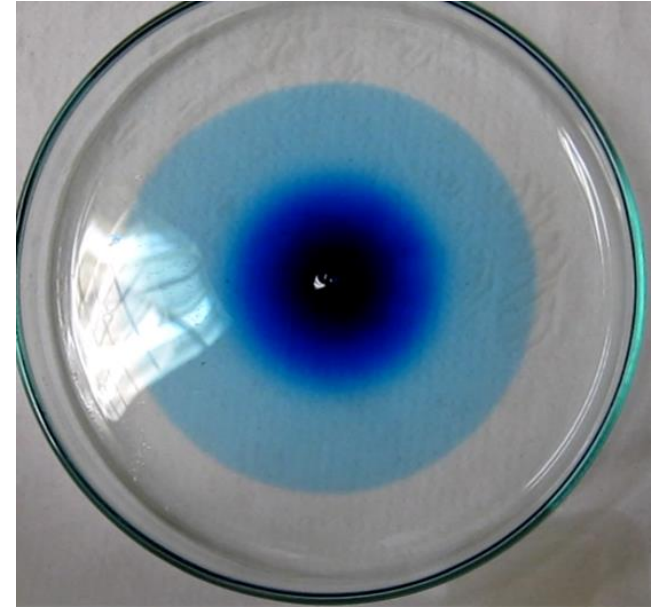
Inquinamento - Sversamenti

- Il petrolio è distribuito in modo non uniforme nel mondo e deve essere trasportato (navi, oleodotti), comportando **alti rischi di incidenti e fuoriuscite**.
- Il petrolio danneggia gravemente l'ambiente e le specie animali;



Fisica – Diffusione

- La diffusione è un processo di **trasporto di materia** (atomi, molecole, ioni) che si verifica in un mezzo (solido, liquido o gas).
- Questo processo si verifica a causa del **gradiente di concentrazione**, cioè le particelle si muovono da un'area dove sono più concentrate a un'area dove sono meno concentrate.
- La diffusione non implica un trasporto di massa del mezzo, ma solo lo spostamento di particelle all'interno di esso.
- Esempi di diffusione sono la diffusione di un profumo nell'aria, la diffusione di un solvente in un solido (inquinanti).



$$\frac{\partial C(x, t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C(x, t)}{\partial x^2}$$

C è la **concentrazione** ad esempio dell'inquinante
D è il **coefficiente di diffusione dell'inquinante** e dipende dall'inquinante e dal mezzo in cui avviene la diffusione

L'equazione afferma che la velocità con cui la concentrazione cambia in un dato punto nello spazio (**x**) e nel tempo (**t**) è direttamente correlata alla rapidità con cui cambia la concentrazione nello spazio circostante.

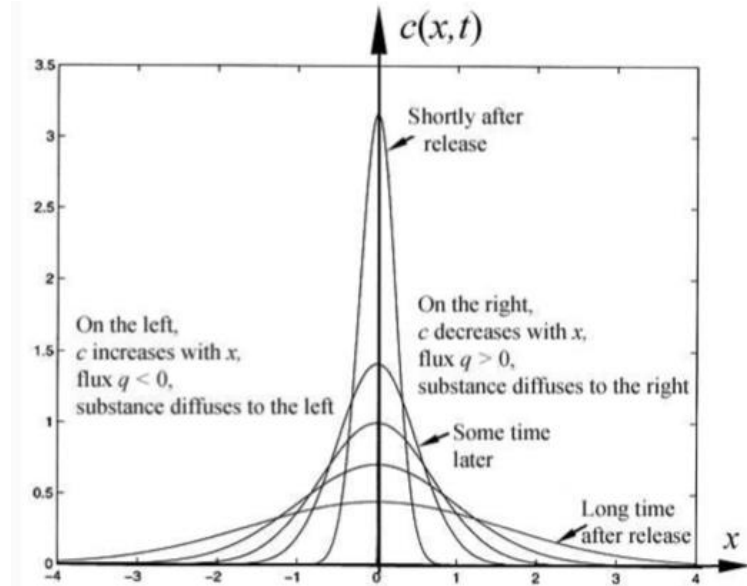


Figure 2-2. Diffusion in time of an initially localized pollutant distribution. While the pollution patch spreads, the maximum concentration decreases, preserving the area under the curve.

Fisica – Diffusione – Approccio Numerico

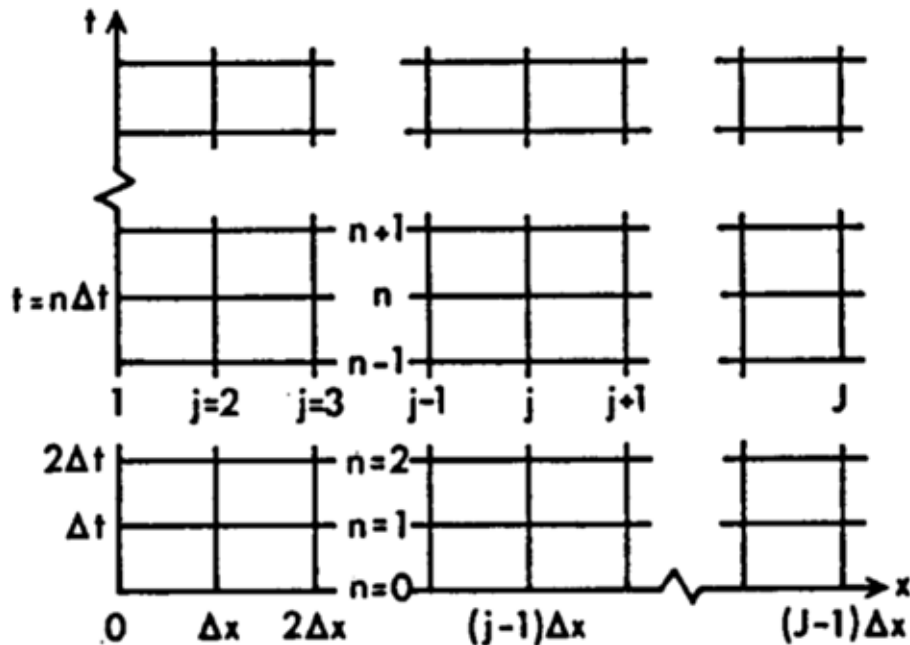
Nel caso di problemi complessi è necessario risolvere il problema numericamente. Quindi è necessario discretizzare il dominio dei **tempi** e dello **spazio**.

In ascissa lo spazio continuo X è discretizzato in punti ad intervalli regolari di valore ΔX .

In ordinata il tempo continuo t è discretizzato ad intervalli di tempo regolati Δt .

$$X = X_i$$

$$t = t_n$$



Poi è necessario **discretizzare** l'equazione.

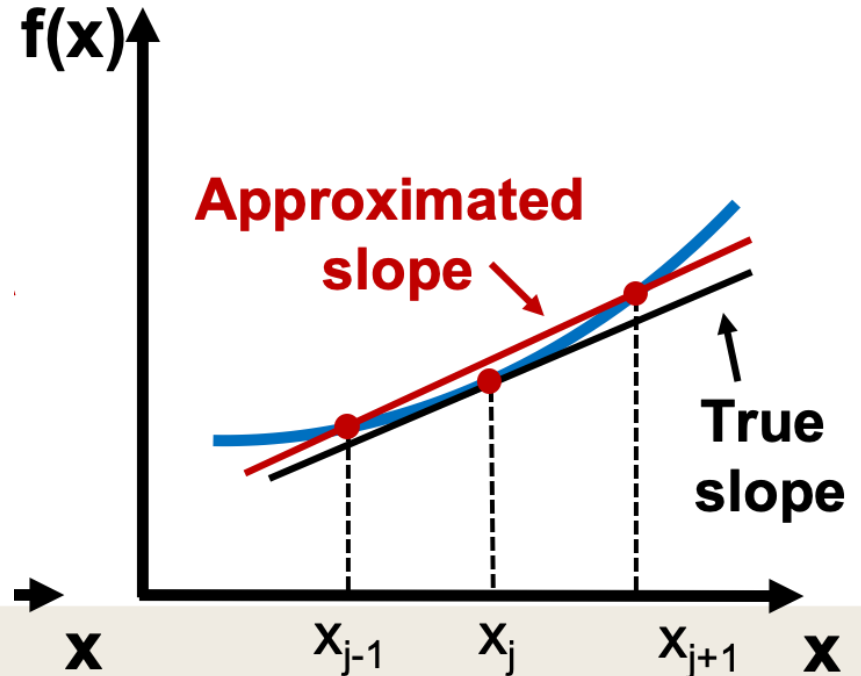
Per esempio, se consideriamo la **derivata spaziale** della concentrazione C , l'equazione può essere discretizzata nel seguente modo:

$$\frac{\partial C(x_i, t_n)}{\partial x} \approx \frac{C(x_{i+1}, t_n) - C(x_{i-1}, t_n)}{2\Delta x}$$

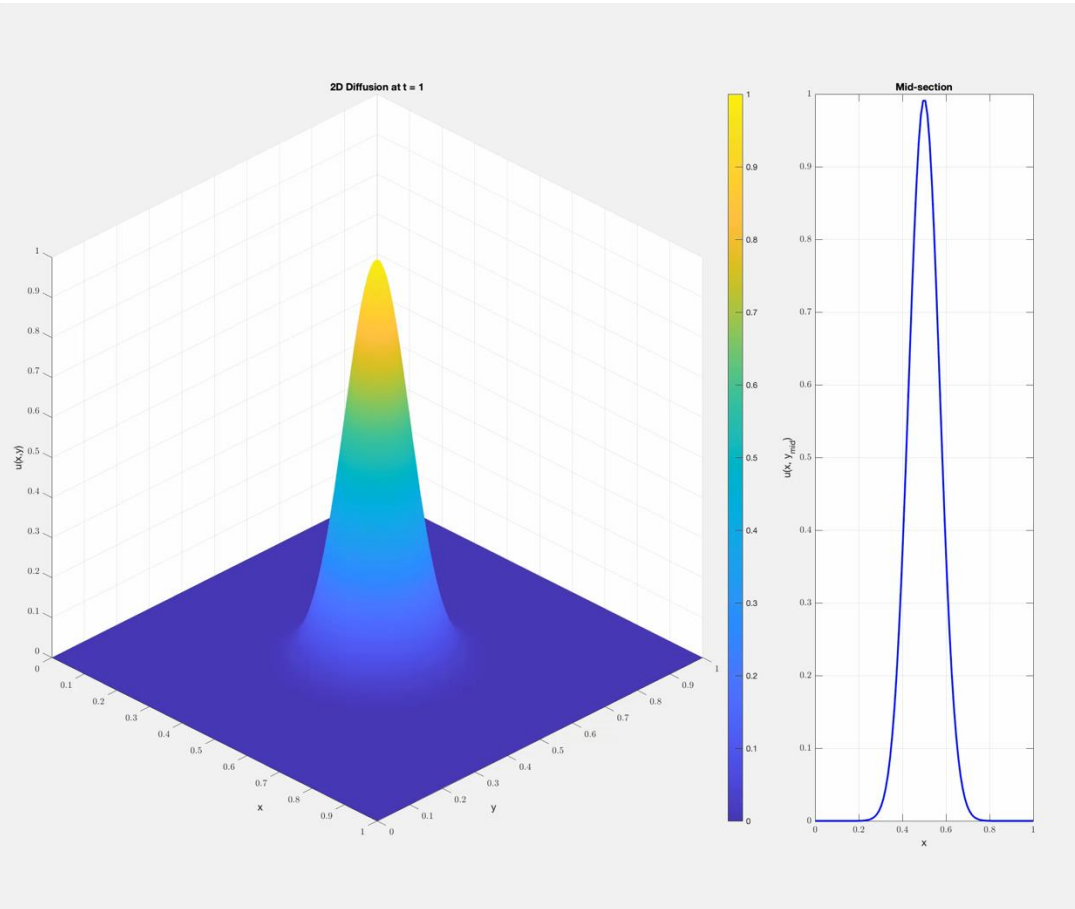
$$\frac{\partial C(x_i, t_n)}{\partial x} \approx \frac{C(x_{i+1}, t_n) - C(x_{i-1}, t_n)}{2\Delta x}$$

Central difference

Questa relazione ci dice che la variazione (derivata) della **funzione continua** in blu nello spazio (grafico a destra) si può approssimare con la differenza tra i **valori discreti** nella posizione successiva (x_{j+1}) e precedente (x_{j-1}) al punto in cui vogliamo calcolare la derivata (x_j).



Diffusione - Esempi Numerici



SOLUZIONE CONTINUA

$$\frac{\partial C(x, t)}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C(x, t)}{\partial x^2}$$

SOLUZIONE DISCRETA

$$\frac{C_i^{n+1} - C_i^n}{\Delta t} = D \frac{C_{i+1}^n - 2C_i^n + C_{i-1}^n}{(\Delta x)^2}$$

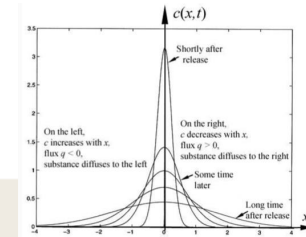
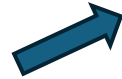


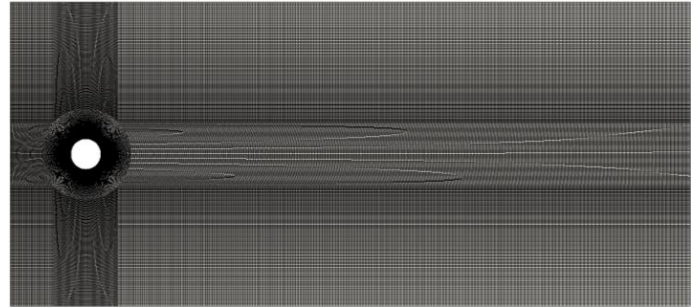
Figure 2-2. Diffusion in time of an initially localized pollutant distribution. While the pollution patch spreads, the maximum concentration decreases, preserving the area under the curve.

Simulazioni Fluidodinamiche di interesse ingegneristico

Esperimento in laboratorio

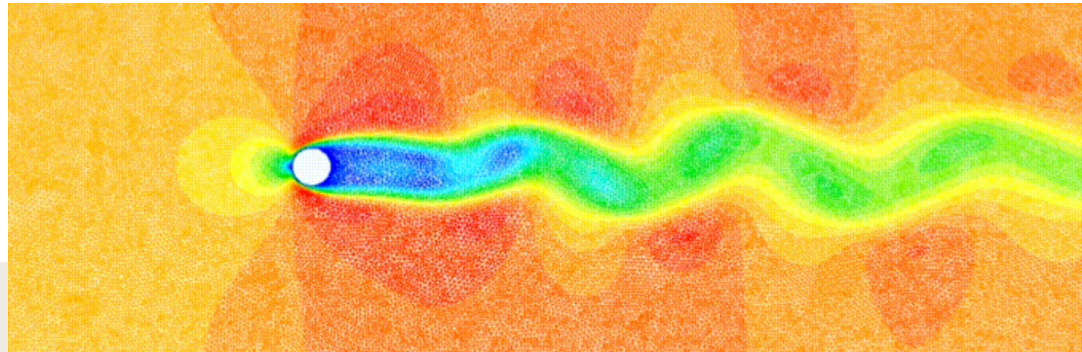


Discretizzazione del dominio



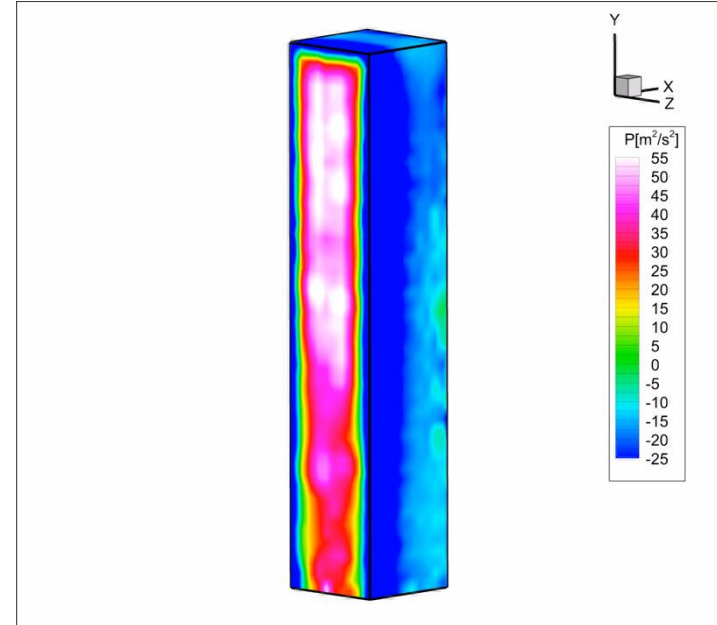
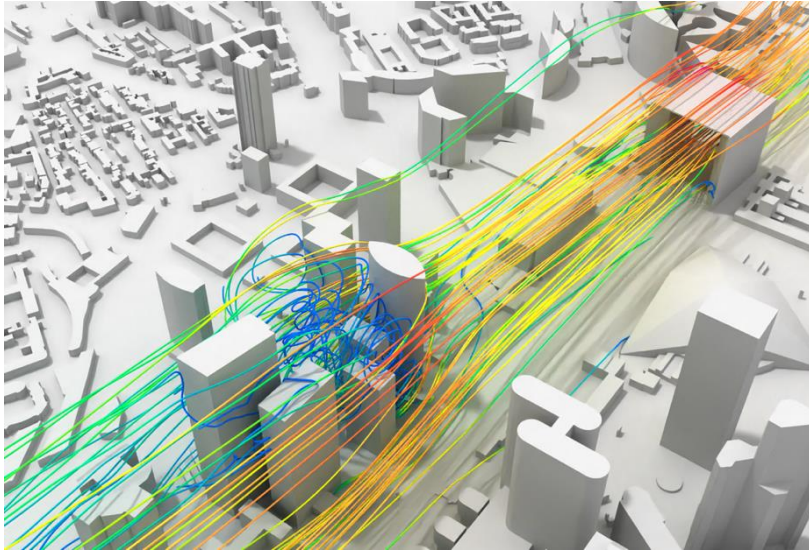
Discretizzazione delle equazioni

Esperimento Numerico

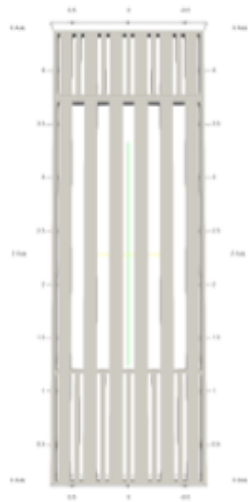


Simulazioni Fluidodinamiche di interesse ingegneristico

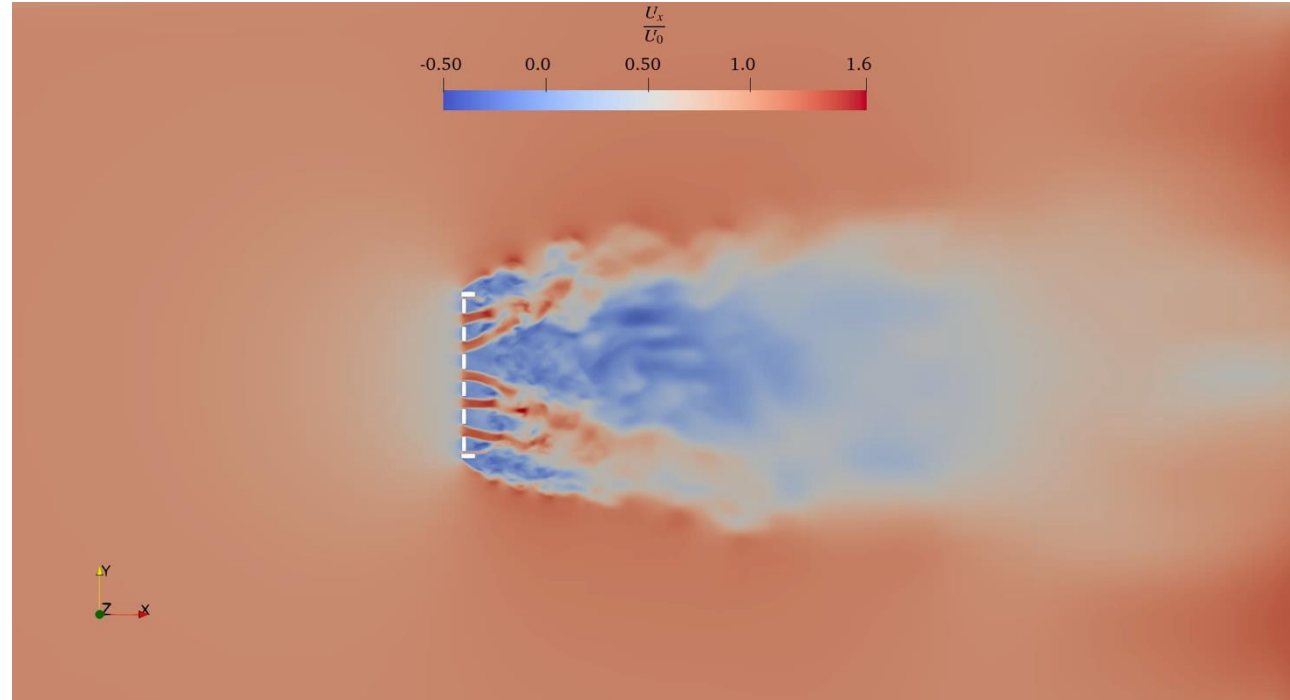
Edifici immersi nello strato limite atmosferico



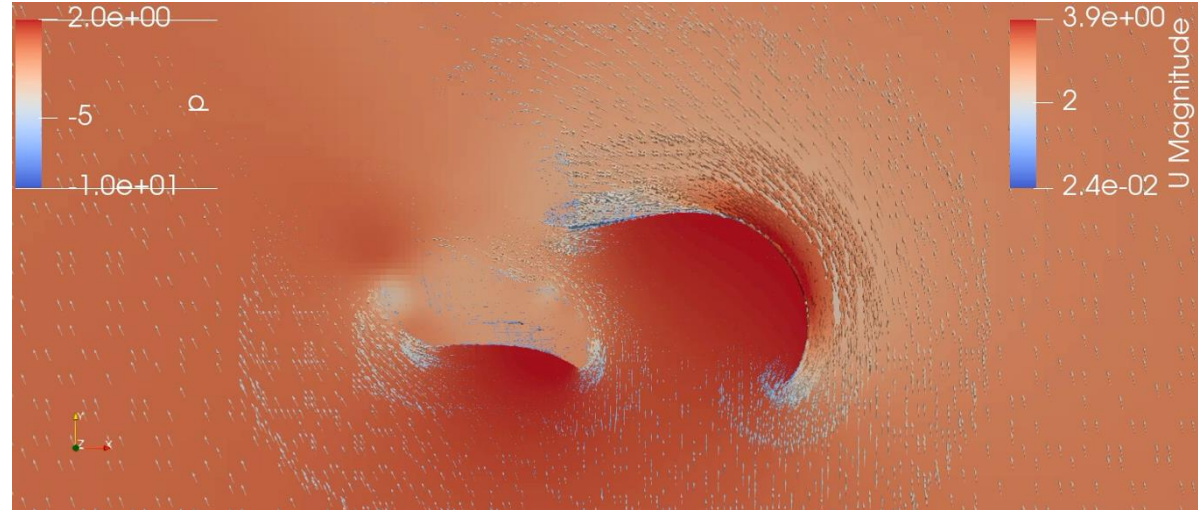
Simulazioni Fluidodinamiche di interesse ingegneristico



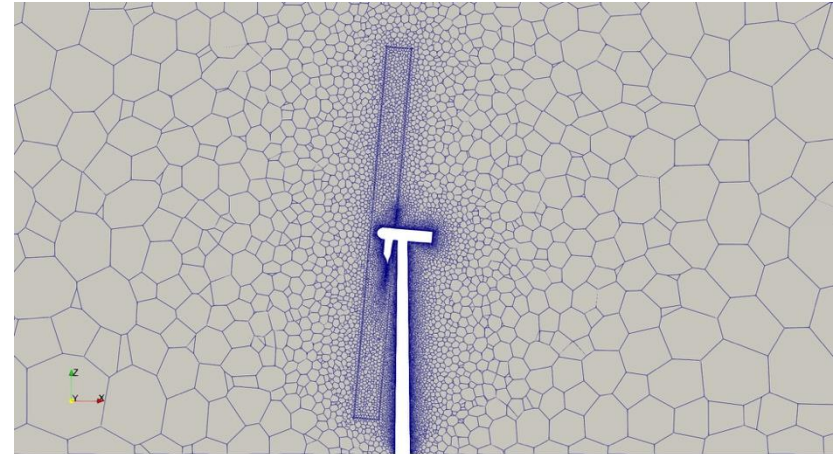
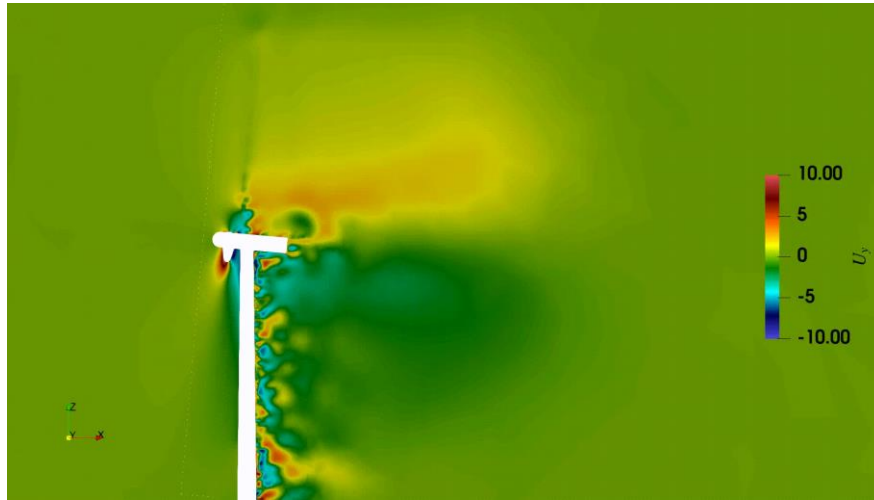
Frangisole immerso in un flusso a velocità costante



Flusso su piano velico di una imbarcazione



Turbina eolica immersa in un flusso



Simulazioni Fluidodinamiche di interesse ingegneristico

L'idraulica contempla anche lo studio di fenomeni più complessi come:

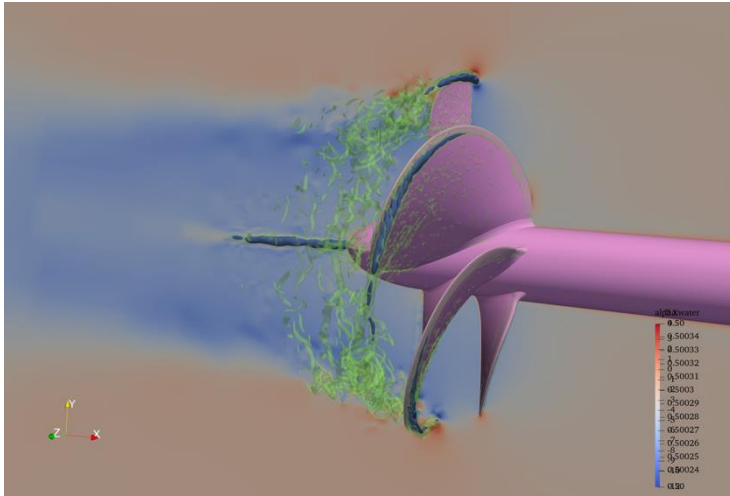
- Turbolenza
- Aeroelasticità
- Rumore generato dall'interazione del fluido con la struttura

La teoria di questi fenomeni fisici viene approfondita nel Corso di **Advanced Fluid Mechanics**.

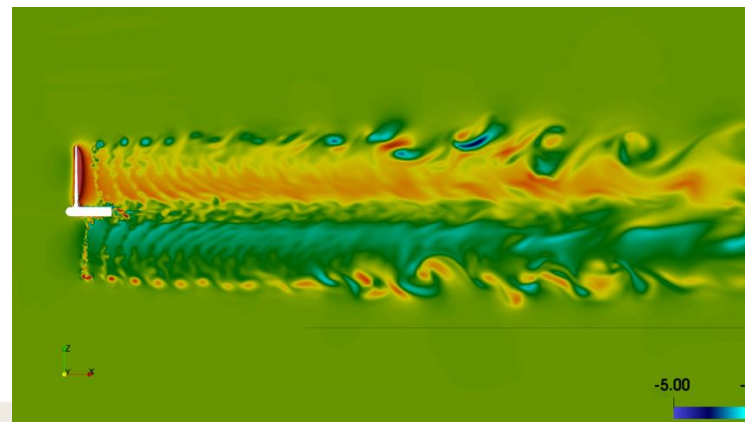
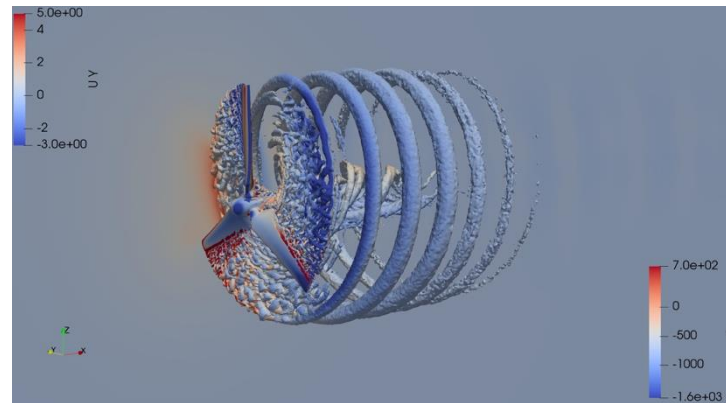
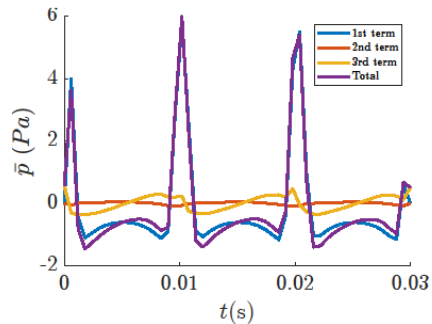
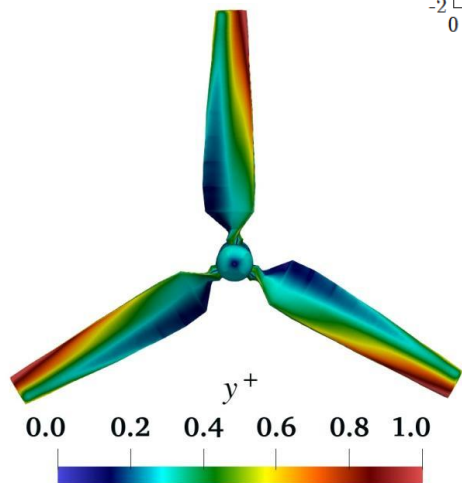
La loro modellizzazione numerica viene invece approfondita in **Computational Hydraulics**.



Flusso intorno ad un'elica navale e il suo rumore

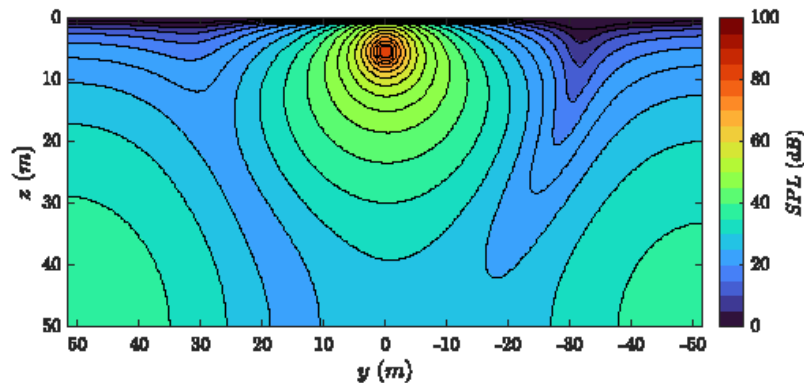
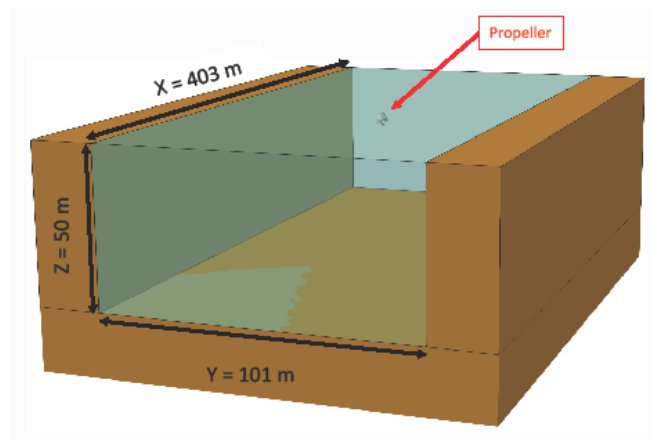
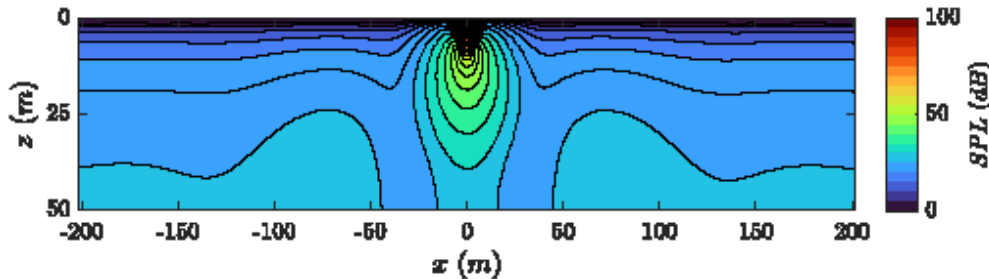
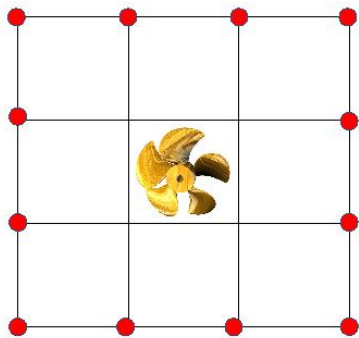


Flusso intorno ad una turbina eolica e il suo rumore



Propagazione del rumore in ambienti reali

Soluzione dell'equazione delle onde

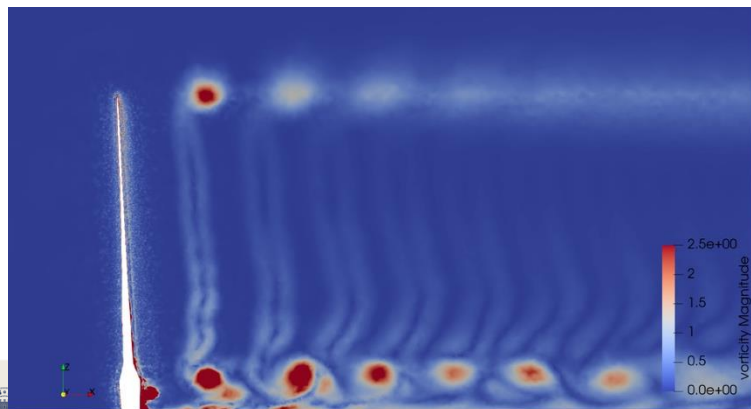
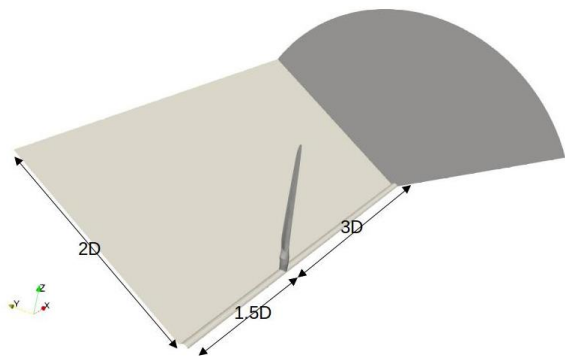


Aeroelasticità – Collasso del ponte di Tacoma

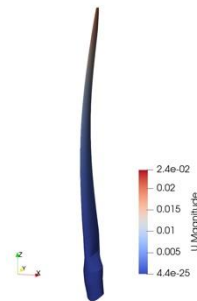


Simulazioni Fluidodinamiche di interesse ingegneristico

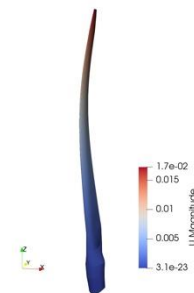
Flusso intorno ad una turbina eolica e il comportamento elastico



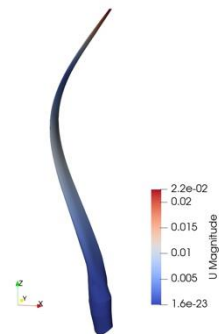
1st mode of vibration
($f = 0.317$ Hz)



2nd mode of vibration
($f = 0.804$ Hz)



3rd mode of vibration
($f = 1.159$ Hz)



4th mode of vibration
($f = 2.667$ Hz)

