

Domande IASPP:

MODULO 1:

1) Si descrivano brevemente le principali differenze tra il modello fluidodinamico della Fase Perfettamente Miscelata e (FPM) quello della Corrente Monodimensionale (CM).

I modelli fluidodinamici della Fase Perfettamente Miscelata (FPM) e della Corrente Monodimensionale (CM) sono due approcci distinti utilizzati per descrivere il comportamento dei fluidi in reattori e sistemi di trasporto. Sebbene entrambi i modelli trovino applicazione nella modellazione di processi chimici e fisici, presentano differenze fondamentali nella loro struttura e nelle loro assunzioni di base.

Il modello della Fase Perfettamente Miscelata assume che il fluido all'interno del sistema sia omogeneo, ovvero le proprietà come concentrazione e temperatura sono uniformi in tutto il volume del reattore. Questa assunzione semplifica notevolmente l'analisi, poiché non vi sono gradienti di proprietà all'interno del sistema. Dal punto di vista matematico, il modello FPM è descritto da equazioni algebriche o equazioni differenziali ordinarie (ODE) che esprimono l'evoluzione temporale delle proprietà del sistema. Questo modello è comunemente utilizzato per reattori batch e continui a perfetta miscelazione (CSTR), dove il mescolamento è rapido ed efficace. Tuttavia, non è adatto per sistemi con gradienti significativi di proprietà o dove il mescolamento è incompleto.

Il modello della Corrente Monodimensionale, al contrario, assume che le proprietà del fluido varino lungo una direzione principale di flusso, mantenendo uniformità trasversale. Questo approccio è utile per descrivere fenomeni in cui esistono gradienti di proprietà lungo una dimensione spaziale, come nei reattori a flusso pistone (PFR) o nelle tubazioni lunghe. Le equazioni che governano il modello CM sono equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE) che descrivono la variazione delle proprietà del fluido lungo la direzione del flusso. Il modello CM è applicato in reattori tubulari, scambiatori di calore e processi di trasporto con flusso prevalentemente unidimensionale. Non è però adeguato per sistemi con mescolamento trasversale significativo o per situazioni tridimensionali complesse. In sintesi, il modello della Fase Perfettamente Miscelata è ideale per sistemi ben miscelati dove le proprietà del fluido sono uniformi, mentre il modello della Corrente Monodimensionale è più adatto per sistemi con gradienti di proprietà lungo una direzione specifica. La scelta tra i due modelli dipende dalle caratteristiche del sistema e dal tipo di processo che si intende analizzare.

2) Si descriva in che modo vengono valutate le qualità dell'acqua e dell'aria e si riassume brevemente quali parametri vengono presi maggiormente in considerazione in entrambi i casi.

La valutazione delle qualità dell'acqua e dell'aria si basa su un insieme di parametri che permettono di comprendere lo stato ambientale e i potenziali rischi per la salute umana e l'ambiente. Questi parametri vengono monitorati attraverso standard internazionali e nazionali, utilizzando specifici indici di qualità.

La qualità dell'acqua viene valutata attraverso il Water Quality Index (WQI), che sintetizza vari parametri chimici, fisici e biologici per fornire un quadro complessivo della qualità delle risorse idriche. I principali parametri presi in considerazione includono:

- Ossigeno disciolto: Indica la quantità di ossigeno disponibile per gli organismi acquatici. Un livello basso può indicare inquinamento organico;
- Domanda biochimica di ossigeno (BOD): Misura la quantità di ossigeno necessaria per la decomposizione della materia organica. Un BOD alto suggerisce un elevato livello di inquinamento organico;
- pH: Indica l'acidità o l'alcalinità dell'acqua. Valori estremi possono essere nocivi per la vita acquatica;
- Nitriti e nitrati: Indicatori di contaminazione agricola e industriale. Alte concentrazioni possono causare eutrofizzazione;
- Metalli pesanti: Come piombo, mercurio e cadmio, possono essere tossici anche a basse concentrazioni.

La qualità dell'aria è valutata tramite il Air Quality Index (AQI), che riassume i livelli di vari inquinanti atmosferici per fornire un'indicazione generale della qualità dell'aria. I principali parametri considerati sono:

- Particolato: Particelle sospese nell'aria che possono penetrare nei polmoni e causare problemi respiratori;
- Diossido di azoto (NO₂): Prodotto dalla combustione dei carburanti, può irritare le vie respiratorie e ridurre la resistenza alle infezioni polmonari;
- Ozono: Gas reattivo che può causare problemi respiratori e peggiorare malattie preesistenti come l'asma;
- Monossido di carbonio: Gas tossico che può interferire con la capacità del sangue di trasportare ossigeno;
- Diossido di zolfo: Derivante dalla combustione di combustibili fossili, può causare problemi respiratori e contribuire alla formazione di piogge acide;
- Composti organici volatili (COV): Inclusi benzene e formaldeide, possono avere effetti cancerogeni e irritanti.

In entrambi i casi, i parametri considerati sono scelti per rappresentare le principali fonti di inquinamento e i loro effetti sulla salute e sull'ambiente. La misurazione regolare di questi parametri permette di identificare cambiamenti nella qualità dell'acqua e dell'aria, valutare l'efficacia delle politiche ambientali e prendere decisioni informate per la protezione dell'ambiente e della salute pubblica.

3) Si descriva brevemente cosa si intende per approccio integrato alla tutela ambientale e, in particolare, quale modello, elaborato a livello europeo, viene utilizzato per affrontare questo tema. (massimo 400 parole).

L'approccio integrato alla tutela ambientale implica una strategia coordinata e sistematica per affrontare le diverse problematiche ambientali in modo olistico. Questo metodo non si limita a gestire singole fonti di inquinamento, ma considera l'intero ecosistema, includendo tutte le matrici ambientali (aria, acqua, suolo) e le interazioni tra loro. L'obiettivo è garantire una protezione complessiva e sostenibile dell'ambiente.

A livello europeo, il modello utilizzato per affrontare la tutela ambientale in modo integrato è il modello DPSIR.

Questo modello è stato sviluppato dall'Agenzia Europea dell'Ambiente (EEA) e fornisce un quadro di riferimento per comprendere le relazioni causa-effetto nell'ambiente. DPSIR è un acronimo che sta per:

- **Driving Forces:** Si riferiscono alle attività umane e naturali che esercitano pressioni sull'ambiente. Questi includono fattori demografici, economici, sociali e tecnologici che influenzano i modelli di produzione e consumo. Esempi sono la crescita della popolazione e l'aumento dei consumi energetici.
- **Pressures:** Rappresentano gli effetti delle forze trainanti sull'ambiente, come le emissioni di inquinanti, il rumore, la deforestazione, e l'uso del suolo. Le pressioni causano cambiamenti nello stato dell'ambiente.
- **States:** Descrive la qualità e le condizioni fisiche, chimiche e biologiche dell'ambiente. Include parametri come la concentrazione di inquinanti nell'aria e nell'acqua, la biodiversità e lo stato degli ecosistemi.
- **Impacts:** Si riferiscono agli effetti dei cambiamenti nello stato dell'ambiente sulla salute umana, sugli ecosistemi e sull'economia. Gli impatti possono includere problemi di salute, perdita di biodiversità e danni economici.
- **Responses:** Includono le azioni intraprese dalla società e dai governi per prevenire, mitigare o adattarsi agli impatti ambientali. Queste possono essere politiche, leggi, programmi di monitoraggio e misure di mitigazione.

Il modello DPSIR aiuta a identificare le cause dei problemi ambientali e a valutare l'efficacia delle risposte politiche e delle misure di gestione. Questo approccio integrato è fondamentale per sviluppare strategie sostenibili di gestione ambientale che siano efficaci nel lungo periodo. In sintesi, l'approccio integrato alla tutela ambientale e il modello DPSIR offrono un quadro completo per analizzare e affrontare le sfide ambientali, facilitando una gestione coordinata e sostenibile delle risorse naturali.

4) Si elenchino, e si argomentino brevemente, quali sono i principi cardine che caratterizzano la normativa ambientale, ovvero il Decreto Legislativo n. 152/2006.

Il Decreto Legislativo n. 152/2006, noto come "Testo Unico Ambientale", è la base della normativa ambientale italiana. Esso definisce i principi fondamentali per la protezione dell'ambiente e l'uso sostenibile delle risorse naturali. I principi cardine che caratterizzano questa normativa sono:

- **Principio di precauzione:** Questo principio viene applicato quando c'è incertezza scientifica riguardo ai rischi per la salute umana o per l'ambiente. In tali casi, si adottano misure preventive per evitare danni gravi o irreversibili, anche se le prove scientifiche non sono ancora definitive. Un esempio è il divieto dell'uso di sostanze chimiche potenzialmente pericolose.
- **Principio di prevenzione:** Mira a prevenire gli effetti negativi sull'ambiente anziché intervenire dopo che i danni si sono verificati. Si incoraggia la valutazione anticipata dei rischi e l'adozione di misure preventive. Include l'uso di sanzioni per dissuadere comportamenti dannosi.
- **Principio della correzione alla fonte:** Le misure correttive devono essere applicate il più vicino possibile alla fonte del danno, riducendo così la diffusione e l'impatto ambientale. Questo approccio minimizza i costi e le difficoltà di risanamento a lungo termine.
- **Principio di "Chi inquina paga":** Chi causa un danno ambientale è finanziariamente responsabile della prevenzione, riparazione e risanamento. Questo principio incentiva comportamenti responsabili, poiché rende gli inquinatori direttamente responsabili dei costi associati ai loro danni.
- **Principio dello sviluppo sostenibile:** Le attività umane devono essere pianificate in modo da soddisfare le esigenze presenti senza compromettere la capacità delle future generazioni di soddisfare le proprie. Richiede un equilibrio tra crescita economica, protezione ambientale ed equità sociale.

Il Decreto Legislativo n. 152/2006 stabilisce una cornice normativa che incorpora questi principi per assicurare una gestione ambientale efficace e sostenibile. Questi principi guidano le politiche ambientali italiane, garantendo che lo sviluppo economico rispetti l'ambiente e le risorse naturali, proteggendo la salute umana e gli ecosistemi.

MODULO 2:

1) Si descrivano brevemente il principio di formazione, la classificazione e le principali caratteristiche dei carboni fossili.

I carboni fossili sono il risultato di una serie di trasformazioni complesse subite dai resti di piante erbacee nel corso di milioni di anni ad opera di batteri anaerobi. Questo processo, noto come carbogenesi, comporta una graduale perdita di ossigeno, azoto e idrogeno dai tessuti vegetali, con conseguente aumento del contenuto di carbonio e del potere calorifico del materiale. La formazione dei carboni fossili avviene attraverso la decomposizione anaerobica di materiale vegetale sommerso in ambienti paludosi. Col passare del tempo, questi materiali subiscono ulteriori trasformazioni chimiche e fisiche sotto pressione e calore, perdendo progressivamente componenti volatili e arricchendosi di carbonio. Il risultato finale di queste trasformazioni sono i vari tipi di carbone fossile, che si differenziano principalmente per il grado di alterazione subito e il contenuto di carbonio.

I carboni fossili si classificano in base al grado di carbonizzazione e al contenuto di carbonio:

- Torba: Il tipo di carbone fossile più recente, formato dalla fossilizzazione di piante palustri. Ha un aspetto fibroso e spugnoso e può variare di colore dal giallo al nero.
- Lignite: Proviene da depositi carboniosi di piante ad alto fusto. È più compatta della torba e il suo colore varia dal marrone-bruno al nero-lucente.
- Litantrace: È presente in giacimenti molto antichi e ha un colore nero opaco. Contiene una bassa percentuale di zolfo e si classifica ulteriormente in litantraci magri e grassi.
- Antracite: Il tipo di carbone fossile più antico e più alterato. Ha un aspetto metallico, è nero, compatto e duro. È il più puro, con un contenuto di zolfo quasi nullo.

Principali caratteristiche:

- Contenuto di carbonio: Aumenta con il grado di alterazione, migliorando il potere calorifico.
- Aspetto fisico: Varia da fibroso e spugnoso (torba) a compatto e duro (antracite).
- Contenuto di impurità: Diminuisce con il grado di alterazione. Antracite è il più puro.
- Potere calorifero: Aumenta con il contenuto di carbonio, rendendo i carboni più antichi e alterati (come l'antracite) più energeticamente efficienti.

Il carbone di legna e il coke, benché non fossili, sono combustibili solidi rilevanti. Il coke, in particolare, è ottenuto tramite riscaldamento anossico del carbone fossile, migliorandone le caratteristiche energetiche e ambientali.

2) Elencare i maggiori inquinanti atmosferici e discuterne le principali fonti di emissione e le problematiche associate ad ogni tipo di inquinante.

- PM10 e PM2.5: Particelle solide o liquide sospese nell'aria, con diametro inferiore a 10 micrometri (PM10) o 2.5 micrometri (PM2.5). Le principali fonti di emissione sono da traffico veicolare, processi industriali, combustione di biomasse, erosione del suolo. Possono penetrare nel sistema respiratorio e causare malattie respiratorie e cardiovascolari, oltre a ridurre la visibilità e contribuire ai cambiamenti climatici.
- Monossido di carbonio (CO): Gas incolore e inodore prodotto dalla combustione incompleta di combustibili a base di carbonio. Le principali fonti di emissione sono i motori a combustione interna, processi industriali, sistemi di riscaldamento domestico, incendi. Impedisce il trasporto di ossigeno nel sangue legandosi all'emoglobina. L'esposizione può causare mal di testa, vertigini, perdita di coscienza e, in casi estremi, morte.
- Ossidi di azoto (NOx): Gruppo di gas altamente reattivi, tra cui l'ossido di azoto (NO) e il biossido di azoto (NO2).
Fonti di emissione: motori a combustione interna, centrali termoelettriche, processi industriali, fertilizzanti chimici. Contribuiscono alla formazione di smog fotochimico e piogge acide, irritano le vie respiratorie e possono formare ozono troposferico e particolato secondario.
- Diossido di zolfo (SO2): Gas incolore e pungente prodotto dalla combustione di materiali contenenti zolfo. Fonti di emissione: combustione di carbone e olio combustibile, processi industriali, attività vulcaniche. Causa problemi respiratori, genera piogge acide che danneggiano gli ecosistemi e le strutture edilizie, e aggrava la formazione di particolato.
- Ozono (O3): Gas altamente reattivo e ossidante, formato da reazioni chimiche tra NOx e composti organici volatili (VOC) alla luce solare. Non è emesso direttamente, ma si forma attraverso reazioni fotochimiche. Causa irritazioni respiratorie, riduce la funzionalità polmonare e danneggia le piante interrompendo la fotosintesi.
- Composti organici volatili (VOC): Gruppo di composti organici che evaporano facilmente a temperatura ambiente. Si formano dall'evaporazione di solventi, benzine, vernici, combustione incompleta di carburanti. Contribuiscono alla formazione di ozono troposferico e smog fotochimico, alcuni sono cancerogeni e possono causare irritazioni agli occhi e alle vie respiratorie.

- Benzene (C₆H₆): Idrocarburo aromatico incolore con odore dolciastro. Si forma dall'evaporazione dai serbatoi di benzina, gas di scarico dei veicoli, combustione di carbone e petrolio. Cancerogeno riconosciuto, causa leucemia e altre malattie del sangue con esposizione prolungata a basse concentrazioni.
- Ammoniaca (NH₃): Gas incolore con un odore pungente, prodotto da processi biologici e industriali. Viene prodotto da allevamenti intensivi, fertilizzanti chimici. Reagisce con altri inquinanti formando particolato secondario, è corrosiva e può causare problemi respiratori e irritazioni.
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): Gruppo di composti organici formati da due o più anelli aromatici. Viene prodotta dalla combustione incompleta di materiali organici, traffico veicolare, industria. Cancerogeni, causano tumori polmonari, possono penetrare nei polmoni e sono tossici anche in combinazione con altri composti.

3) Discutere il concetto di potere calorifico di un combustibile ed evidenziare la differenza tra potere calorifico inferiore e potere calorifico superiore.

Il potere calorifico di un combustibile rappresenta la quantità di energia liberata durante la combustione completa di una determinata quantità di combustibile. È una misura fondamentale per valutare l'efficienza energetica dei combustibili ed è espresso in unità di energia per unità di massa (es. MJ/kg).

- Potere calorifico superiore: Il PCS considera l'energia totale rilasciata durante la combustione, inclusa l'energia associata alla condensazione del vapore acqueo presente nei prodotti della combustione. Questo significa che viene considerato anche il calore di condensazione dell'acqua formatasi dai composti idrogenati nel combustibile. Il PCS è rilevante in applicazioni dove è possibile recuperare il calore latente del vapore acqueo, come nei sistemi di riscaldamento a condensazione.
- Potere calorifico inferiore: Il PCI esclude l'energia contenuta nel vapore acqueo formato durante la combustione, considerando solo l'energia rilasciata dalla combustione stessa senza il calore di condensazione del vapore. Il PCI è più comunemente utilizzato per valutare l'efficienza di sistemi dove il calore del vapore non viene recuperato, come nei motori a combustione interna.

Il PCS rappresenta l'energia totale disponibile, ma in molte applicazioni pratiche, non tutto questo calore può essere recuperato, rendendo il PCI una misura più realistica dell'energia effettivamente utilizzabile. La differenza tra PCS e PCI è cruciale per calcolare correttamente l'efficienza dei sistemi di combustione. Ad esempio, nei caldaie a condensazione, l'uso del PCS permette di valutare il recupero di calore latente e quindi un'efficienza superiore rispetto ai sistemi che utilizzano il PCI.

Per combustibili come il metano, il PCS è significativamente superiore al PCI (50 MJ/kg per PCS rispetto a 35 MJ/Nm³ per PCI), indicando l'importanza di considerare il tipo di applicazione per scegliere il parametro appropriato. In generale, l'energia immagazzinata in un combustibile aumenta con l'aumentare del contenuto di idrogeno rispetto a quello di carbonio. Questo perché l'idrogeno ha un PCI molto più alto (120 MJ/kg) rispetto al carbonio (33 MJ/kg), il che rende i combustibili ricchi di idrogeno più energeticamente densi.

4) Elencare e discutere le principali strategie per la cattura dell'anidride carbonica.

La cattura dell'anidride carbonica (CO₂) è una tecnologia cruciale per mitigare il cambiamento climatico. Esistono diverse strategie per catturare la CO₂ emessa durante i processi industriali e di produzione di energia. Queste strategie possono essere classificate principalmente in tre categorie: post-combustione, pre-combustione e combustione ossicombustibile.

- Cattura post-combustione: Questo metodo prevede la rimozione della CO₂ dai gas di scarico dopo la combustione del combustibile. Utilizza solventi chimici come le ammine per assorbire la CO₂ dai fumi di combustione. I solventi saturi vengono poi rigenerati riscaldandoli per rilasciare la CO₂, che viene successivamente compressa e stoccata. Può essere implementata in impianti esistenti senza necessità di modifiche significative. È un processo energeticamente intensivo e può ridurre l'efficienza complessiva dell'impianto.
- Cattura pre-combustione: In questo metodo, il combustibile viene trasformato prima della combustione per separare la CO₂. Il combustibile (es. carbone) viene gassificato per produrre una miscela di idrogeno e monossido di carbonio (syngas). Il syngas viene ulteriormente trattato per convertire il monossido di carbonio in CO₂ e idrogeno. La CO₂ viene quindi separata e l'idrogeno utilizzato come combustibile. Produce idrogeno, un combustibile pulito, e può essere più efficiente in termini di energia rispetto alla cattura post-combustione. Richiede impianti specifici e investimenti significativi.
- Cattura Oxy-Fuel: La combustione avviene in un ambiente arricchito con ossigeno anziché aria, producendo fumi composti principalmente da CO₂ e vapore acqueo. Dopo la combustione, il vapore acqueo viene condensato, lasciando una corrente di CO₂ pura che può essere catturata facilmente. Genera una corrente di CO₂ ad alta concentrazione, semplificando la cattura e il sequestro. La produzione di ossigeno puro è costosa e il processo richiede modifiche significative agli impianti.

Tecniche di separazione della CO₂:

- Assorbimento chimico: Utilizza solventi chimici (es. ammine) che reagiscono con la CO₂ per formare composti instabili che possono essere rigenerati.
- Assorbimento fisico: Utilizza solventi fisici come il Selexol, che assorbono la CO₂ senza reagire chimicamente.
- Adsorbimento su solidi: Utilizza solventi fisici come il Selexol, che assorbono la CO₂ senza reagire chimicamente.
- Distillazione criogenica: Raffredda i gas di scarico per condensare la CO₂ a basse temperature.
- Membrane: Utilizza membrane selettive per separare la CO₂ dagli altri gas.

Ogni strategia presenta vantaggi e svantaggi specifici. L'efficacia complessiva dipende dal contesto applicativo, dai costi associati e dalle infrastrutture disponibili. La combinazione di più tecniche potrebbe rappresentare la soluzione più efficace per la riduzione delle emissioni di CO₂ su scala globale.

5) Illustrare le principali ipotesi dei modelli fluidodinamici a fase perfettamente miscelata (FPM) e a corrente monodimensionale (CM), evidenziando le principali differenze tra i due modelli e le implicazioni a livello di calcolo.

I modelli fluidodinamici a fase perfettamente miscelata (FPM) e a corrente monodimensionale (CM) sono due approcci semplificati utilizzati per analizzare i sistemi fluidodinamici. Entrambi adottano ipotesi specifiche per ridurre la complessità dei calcoli, fornendo informazioni utili sul comportamento del sistema.

Il modello a fase perfettamente miscelata (FPM) assume che le proprietà fisico-chimiche del fluido, come concentrazione e temperatura, siano uniformi in tutto il volume del sistema. Questa ipotesi implica che, in ogni istante, il fluido all'interno del volume abbia le stesse caratteristiche in ogni punto. Di conseguenza, le correnti uscenti dal sistema hanno le stesse proprietà del fluido all'interno del volume. Questa semplificazione permette di utilizzare le equazioni costitutive standard per descrivere le reazioni chimiche e i trasporti interfacciali senza considerare variazioni locali. Tuttavia, questa assunzione non permette di modellare fenomeni locali come gradienti di concentrazione o di temperatura all'interno del sistema.

Il modello a corrente monodimensionale (CM) considera che lo stato locale del fluido, in termini di proprietà fisico-chimiche e velocità, sia uniforme in ciascuna sezione trasversale del flusso, ma possa variare lungo la direzione del flusso. In questo modello, il trasporto diffusivo assiale è trascurabile rispetto al trasporto convettivo, il che significa che le variazioni delle proprietà del fluido sono considerate solo lungo la direzione principale del flusso. Questo approccio è utile per descrivere i sistemi in cui il trasporto convettivo domina e dove si formano gradienti significativi lungo la direzione del flusso, come nei reattori a flusso tubolare.

Le principali differenze tra i due modelli risiedono nelle assunzioni di omogeneità e nelle dimensioni considerate per il trasporto delle proprietà del fluido. Nel modello FPM, l'assunzione di omogeneità in tutto il volume semplifica notevolmente i calcoli, ma limita la capacità di descrivere fenomeni locali. Nel modello CM, invece, la variazione delle proprietà lungo una dimensione permette di modellare sistemi con gradienti significativi, ma rende i calcoli più complessi a causa della necessità di risolvere equazioni differenziali lungo la direzione del flusso.

A livello di calcolo, l'adozione del modello FPM permette di utilizzare equazioni algebriche più semplici, rendendo il modello più facile da risolvere. Tuttavia, per sistemi in cui è necessario considerare i cambiamenti lungo una direzione specifica, il modello CM, sebbene più complesso, offre una rappresentazione più accurata delle variazioni di stato del fluido. La scelta del modello dipende quindi dalle caratteristiche specifiche del sistema in esame e dall'equilibrio tra la necessità di accuratezza e la semplicità dei calcoli.