



Corso Luigi Einaudi, 55 - Torino

Appunti universitari

Tesi di laurea

Cartoleria e cancelleria

Stampa file e fotocopie

Print on demand

Rilegature

NUMERO: 1830A -

ANNO: 2016

A P P U N T I

STUDENTE: D'Angelo Deva

MATERIA: Dinamica degli inquinanti - prof. Genon

Il presente lavoro nasce dall'impegno dell'autore ed è distribuito in accordo con il Centro Appunti.

Tutti i diritti sono riservati. È vietata qualsiasi riproduzione, copia totale o parziale, dei contenuti inseriti nel presente volume, ivi inclusa la memorizzazione, rielaborazione, diffusione o distribuzione dei contenuti stessi mediante qualunque supporto magnetico o cartaceo, piattaforma tecnologica o rete telematica, senza previa autorizzazione scritta dell'autore.

**ATTENZIONE: QUESTI APPUNTI SONO FATTI DA STUDENTIE NON SONO STATI VISIONATI DAL DOCENTE.
IL NOME DEL PROFESSORE, SERVE SOLO PER IDENTIFICARE IL CORSO.**

INTRODUZIONE

Residui = - emissioni in atmosfera

- acqua di scarico

- fango, solventi esausti, ...

Ambiente = - atmosferico

- suolo e sottosuolo

- acque

- Tutto l'ecosistema che vive in queste componenti

Obiettivo dell'ing. ambientale = compatibilità

=> Separo i due settori:

• Sapere = cerca di applicare le BTE, e rendere meno invasive possibili le 2 scelte esistenti, Si cerca di avere idoneità

Tecnologia dell'attività dal punto di vista ambientale

Non si usa la logica della compatibilità.

• Sapere = Come si traduce tutto ciò che pioce dalla modifica dell'attività? Le condizioni dell'attività

Tecnologia non sufficiente ad avere la compatibilità

ambientale? -> Dinamica.

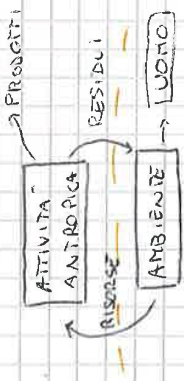
Oggetto tecnologico subisce una

flussi di inquinante ϕ .

Questa va in ambiente normale =

ambiente iniettore che monitora via [Inq]

Si verificano delle migrazioni e trasformazioni dell'inquinante.



Tutte queste considerazioni sono a monte dei sistemi di combustione. Nota la capacità di emissione ϕ , ed il rendimento che, sistema di motore $\eta \Rightarrow$ So l'effettiva emissione a valle dei sistemi di motori, che è quello che effettivamente finisce in atmosfera.

I.A. EMISSIONI CONVOGLIATE

Coerenza del flusso emissiva da un motore - condotto di scarico. 2 categorie: 1- da combustione 2- non da combustione

I.A.1. EMISSIONI DA COMBUSTIONE

Molto diffuse. Ades \rightarrow produce di energia. $W_{TECNICA} = \text{flusso termico generato}$, e' il dato noto da cui si parte, l'obiettivo dell'azienda. Da esso deve ricavare il resto, ad es quanto combustibile serve:



$Q \cdot m = W_t \rightarrow M_{O_2} \left[\frac{kJ}{h} \right] \text{ e } m = p_{O_2} \left[\frac{kg}{kg} \right], \text{ ricavo } Q \left[\frac{kJ}{h} \right]$

W_t è legato ad aspetti impiantistici ed applicativi (quanto serve x una certa applicazione)



\Rightarrow Stima il consumo di aria necessaria e la produzione di emissioni

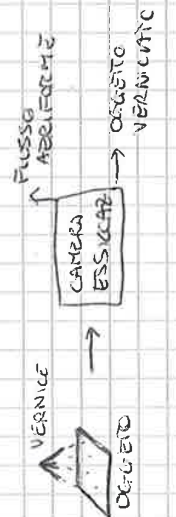
Fattore di emissione = $\frac{\text{GAS EMESSE}}{\text{POTENUTA DI UNA CERTA TECNOLOGIA}}$

INQUINANTI GENERATI DALLA COMBUSTIONE

- $CO_2 \rightarrow$ Totalmente prevedibile da considerazione di bilancio di energia e materia. Ragionevoli, stocchiometrici.
- $S \rightarrow$ Tipo di nuclei combustibili (carboni, i m. liquidi, e coke, poco in biomassa).
- H_p (solfonitro) = minima capacità di emissione di SO_2 presupposto di ciclo trasferimento totale integrale del S presente nel combustibile. (in realtà; parte resta in scorie e ceneri).
- $Cl \rightarrow$ Sintina ve trasferimento stocchiometrico, tutta ve di del combustibile diventa HCl (nascita + moderata).
- $Hg \rightarrow$ Il metallo pesante + volatile. Si ipotizza trasferimento integrale di Hg vapore nei fumi. Quantità di Hg e stinca in base alla composizione elementare del combustibile in.

Sostanze organiche non completamente ossidate:

Prodotti residui della combustione dov'è fenomeno di trasferimento addizionale T , dipendono da molte considerazioni cinetiche. Importanti in pieno scale = ci si può basare su fattori di emissione sperimentali (la cui interpretazione dipende dalle estensioni statistiche dei dati da cui sono stati estratti). Tre esempi: IPA, CO, VOC, microinquinanti clorurati (diossine, furani, ...)



Si ritiene che l'odore presente nella vernice sia emesso.

Per stimare l'emissione, si può usare la formula: $\frac{\text{Pezzi} \cdot \text{g spruzzati}}{h} \cdot \frac{\text{Pezzo} \cdot \text{g spruzzati}}{\text{g spruzzati}}$

b. DETERMINAZIONI SPERIMENTALI

Non prevedibile, teoricamente, serve valutazione statistica del fattore di emissione da impianti, realmente lavoranti. Si potrà poi ricavare la capacità di produzione di inquinanti dell'attività, usando i fattori di emissione.

Acciaieria: $\frac{\text{gino}}{\text{t acciaio}} \cdot \text{t acciaio annuo} = \text{capacità di produzione annua}$

Esempio: Alt. forno x flusso x acciaio

Reazione: $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$

Si creano molti inquinanti, tra cui polvere.

Emissioni non sono facilmente prevedibili.

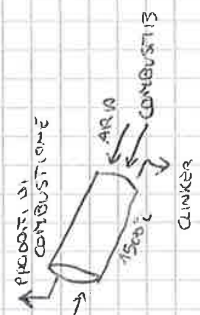
⇒ Minore spaziosità nei vari impianti, dei flumi emissivi: $\frac{\text{m}^3}{h}$ moltip. e $\frac{g}{m^3}$ presenti.

• Poi, misuro la portata di prodotto fabbricato: $\frac{t}{h}$

⇒ Rapporto tra questi due dà il fattore di emissione.

Esempio: Forno da cemento

Si usano due misure: $\frac{\text{g polvere}}{\text{t cemento}}$



Fattori di emissione = ingrandono:

- Macroinquinanti = gli inquinanti più diffusi e con concentrazioni più alte (polveri, NOx, SOx, CO2, ...)
- Microinquinanti = legati a condizioni specifiche, presenti in concentrazioni basse (diossine, IPA, metalli pesanti).

È possibile ricavare dati x i fattori di emissione:

- BREF = Best Reference Emission Factor

Documenti nazionali, ambito europeo, periodicità aggiornata in base a nuove prove sperimentali.

- EPA = Environmental Protection Agency

Stema con, ambito USA

I.B. EMISSIONI NON CONVOGLIATE

Non puntuali, ne diffuse e dispersive

Loro tracce vengono circolando attorno all'oggetto.



Oggetto = chiatte di ferro, mulini di cemento, barile, discarica ⇒ Sorgente stazionaria, de localizzato con l'atmosfera ha un passaggio di inquinante.

Sono spaziosi, x 2 motivi:

- Emissioni non sono stazionarie, catturabili, trattabili (al contrario delle convogliate)

- Sorgenti sono diffuse in aree industriali e metropolitane, con molti piccoli di industrie ⇒ F. di inquinanti

a. VALUTARE LA CAPACITÀ INTRINSECA DI GENERAZIONE INQ.

legata alle costi in pretese.

Parlo dei motori di potenziamento soggetti ad incendio e corso di rottura gli inquinanti, de n. genero del punto di vista puramente di motore.

Carico termico, in cui si regola la T e l'atmosfera

($\lambda, O_2, N_2, CO_2, \dots$). Si fa bruciare qualcosa e n.

Carico di coppia, quali inquinanti, reazioni, n. carico.

No info quantitativa, solo nel rilascio di motore.

Molto protetto

b. SIMULAZIONE IN PICCOLA SCALA

Centri sperimentali: Carica di prova, si fa bruciare qualcosa e si misura la velocità di rilascio di certi prodotti.

c. MECCANISMI PREDITTIVI

Ipotesi di evento accidentale \Rightarrow stima del potenziale

flusso rilasciato in base alla dinamica del fenomeno.

Esempio: serbatoio di propano,

si rompe veloce \Rightarrow esce gas, flusso uscente:

$$Q = f(P_{in-PATH}, S, K)$$

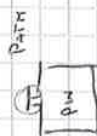
dove: S = superficie da cui esce (valvola)

K = coefficiente di flusso, dipende dall'apertura

\Rightarrow in base al tipo di incidente, situazione.

Grande letteratura su QST.

Evento esplorativo = + semplice di incendio (è noto cosa esce).



2. Sostanze rilasciate:

Routine = inquinante rilasciato e prevedibile in base ai dati su sostanze pure e processi usati nell'attività.

Accidentale = provoca reazioni chimiche difficilmente

prevedibili. Non basta conoscere il materiale di partenza.

3. Caratteristiche del flusso:

Routine = flusso gassoso (caratteristiche simili alle altre)

che contiene inquinanti, che non sono mai la componente principale del flusso.

Accidentale = il flusso può essere fatto dal rottorinquinante, che ha un comportamento molto diverso dall'aria.

Ades: esplosione di serbatoio di Cl \Rightarrow fornisce flusso di Cl pur, che forma + nube densa che tende a stagnare senza reazioni, con Cl₂.

4. Fasi nel flusso

Routine = normale

Accidentale = abbastanza possibile avere emissioni bifase

\Rightarrow Scario capacità di predizione del flusso emissivo,

non è necessario prevedere il rischio.

APPROCCI PER PREVEDERE ϕ

3 approcci possibili:

Se si va abeq bisogna diluizione il poratore, che acqua tecnologica può essere 7 dalla curbe per composizione, qualità, bio degradabilità, ...

IF.C. ACQUE DI RUSCELLAMENTO

Acque scarse sopra una matrice che contiene inquinante

⇒ Bisogna prevedere l'apporto inquinante dato da questo contatto. Grande potenzialità d'input. 3 casi:

- Acque bianche in ambito urbano → Superfici asfalte
- Acque bianche da attività tecnologica
- Diluvato Terre agricole

a. ACQUE BIANCHE IN AMBITO URBANO
Nel caso che la loro raccolta sia separata dalla rete (torino = unica città in Italia a farlo)

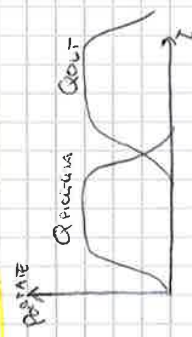
Terra = raccolta nera o verde di inquinanti, atmosferici
Superficie perenne da mezzi = disturbo, oli, rifiuti, ...
⇒ Tutto ciò può essere diluato e finire in acque bianche

Dopo problema:

- Qualitativa: Tali acque sono inquinante e trattate

Prove → in parte s'infierne, in parte nera.

Cost = cura. Trattato, con rifondo, prevedibile con algoritmi di calcolo



- Qualitativo = prevedere il carico inquinante apportato al ricettore. Tali acque vengono di tutto: BOB, SS, oli, metalli, N, poteri nocive, ...

Conoscere le concentrazioni e difficoltà, e possibilità

- Minore spaziosi: diluato e fenomeno variabile, in nel tempo durante la pioggia ⇒ Non avere un valore medio, ma misure ripetute al t. Evitare dei dati cost, ma non per internet

- Previsione modellistica: parte dalla conoscenza dell'accumulo di polvere nera



inverte: $\frac{dM}{dt} = f(\text{ricaduta})$

ma è difficile dare certe paracaduto

⇒ Diferenziale: $-\frac{dM}{dt} = f(P, K)$

dove: - P = intensità di pioggia

- K = coeff di capacità di evaporazione

Difficile dare quanto valore i parametri, che sono non specifici

⇒ Facile misurare e poi fare i parame di quelle modelli di letteratura

b. ACQUE BIANCHE DA ATTIVITA' TECNOLOGICA

Acqua de ricade nelle superficie nocive degli stabiliment industriali. S. intersesto acqua di piov pioggia = 15 min o 5 mm (con addio).

DINAMICA DI UN INQUINANTE:

COMPARTO AERIFORME

Fondamentale conoscere $C = \text{concentrazione}$

nell'aria nell'intero, serve a:

- confronto con CSR
- determinare il desi. di dispersione da C.

In spatio e tempo, C è determinato da ϕ .

=> Serve uno strumento modellistico x Regole

Modello deve rappresentare fenomeni de movimento

Tra l'esito dello studio della sorgente ed il nostro
meccanismo si trova in una posizione tale da essere inguante

T.I.P. DI MODELLI

- Modello statistico = cerca di predire il futuro in base all'andata del passato, prescindendo dalla fisica del fenomeno (Tipo il meteo)
 - Modello deterministico = cerca di rappresentare i fenomeni fisici con equazioni, dando in risposta un risultato utilizzabile. Servono x rispondere predittivamente, prescindendo dalle misure, una volta fatti.
- Servono 2 tipi di info:
- Geometria del sistema = contesto territoriale
 - Fenomeni in atmosfera = portare x modellistico
- => Pono avere lo scenario empirico

TIPIDI FENOMENI IN ATMOSFERA

- Chimici → ad es. O₃ reattivo e non-pare

- Fisici → aria si muove

- Clinico fisico → contornio di fase

SCALE SPAZIALI

La scala di applicazione è legata alla capacità della strumento modellistico:

- Corto raggio = km o decine di km

es. TRM sulla collina

- Regionali = centinaia di km

- Globale, planetario = x distanze con lunga via.

COMPARTO AERIFORME

Fenomeni: Trasporto convettivo e Dispersione turbolenta

I. A. TRASPORTO CONVETTIVO

omogeneo e trasportato dalle orie da 1 punto all'altro.
 Serve conoscere la componente verso (movimento dell'aria)

=> Anemometro, fide misurab

Max parte di modelli applicativi considero solo la componente orizzontale del vento -> Se pflazione curvata, piccole componenti verticali. Movimento = da dite p a base p.

Serve vento non di notte, ma ad h = H + 1h (pochissimi)

=> Considero azione frenante del terreno: h ↑

$$\frac{v}{v_0} = \left(\frac{h}{h_0}\right)^p$$

=> Note le misure di stato v₀, h₀, nuovo

Es v all' h desiderata

p = da la tabella, curva tabella > microlente (x uno stato condizione) a partire da z zero:

- **RUGOSITÀ SUPERFICIE**: AERAZIO degli ostacoli presenti al suolo (palazzi, erba, ghiaccio, ...). Erva e considerata come altezza equivalente (virtuale), modifica le inclinazioni del profilo:



- **STABILITÀ ATMOSFERICA** = presenza di vertici di rimescolamento in direzione verticale, che uguaglia la velocità nei vari punti, alle varie altezze.

I. B. TRASPORTO DISPERSIVO

Atmosfera: movimenti verticali dell'aria che cattura l'inquinante.
 Origine Termica, riguarda la sola velocità barica (non rispetto convettivo): in ogni punto ho v₀, ma se integro nella zona ho v_{tot} = 0 (si muove aria all'interno).

Devia alla presenza di differenze di densità.

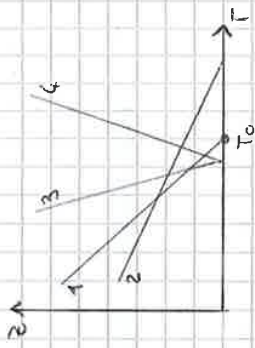
Origine, in atmosfera = vettore v_{tot} vettore e riduzione di valore della Terra dell'atmosfera.

PROFILI TERMICI

Considero T alle varie quote

T₀ = al suolo

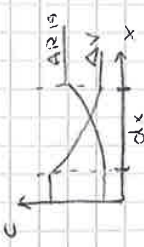
↑ z => ↓ T di solito, cioè ↓ p (aria rarefatta)



Indicatore termico: ↓ $\frac{\Delta T}{\Delta z}$ sulla Terra

1. **Adiabatica secca**: Tutti i punti possiedono la stessa energia Atmosferica senza umidità
2. **Superadiabatica** = condizioni in cui il suolo si scalda molto (es giorno estivo molto soleggiato)
3. **Subadiabatica** = condizioni in cui T_{suolo} di abbassa + velocità della Terra
4. **Inversione Termica** = condizione di estremo raffreddamento del suolo.

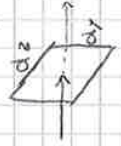
Considero la direzione x .
 Nel flusso \vec{c} lungo $x \Rightarrow \frac{dc}{dx} > 0$
 \Rightarrow la concentrazione c aumenta con x , ed il ΔV fa parte del bilancio regio.
 Aggiungendo le Termini di trasporto convettivo all'equazione:



$$dx dy dz \frac{dc}{dt} = G dx dy dz + R dx dy dz - S dx dy dz + v_x dx dy dz \frac{dc}{dx} - v_y dy dz \frac{dc}{dy} - v_z dz dx dy \frac{dc}{dz}$$

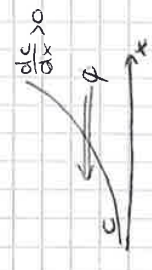
2. TRASPORTO PER DISPERSIONE TURBOLENTA

Derivate da un gradiente di concentrazione ed un coefficiente di dispersione turbolenta.



Dato la superficie $dy dz$ del ΔV , attraverso essa c'è un gradiente di concentrazione $\frac{dc}{dx}$
 \Rightarrow Provoca un flusso turbolento, che dipende da:

- Sezione
- K_x = coefficiente di dispersione turbolenta in direzione x
- $\frac{dc}{dx}$ = gradiente di concentrazione



Flusso da direzione opposte al gradiente

$$\Rightarrow -K_x dy dz \frac{dc}{dx}$$

Nell'equazione ci serve la differenza tra flusso in-out

in direzione x (\Rightarrow derivata convettiva + convettiva, meno il segno):

$$- \frac{d}{dx} (-K_x dy dz \frac{dc}{dx}) dx dt$$

\Rightarrow Aggiungo Termini di trasporto dispersivo all'equazione:

$$dx dy dz \frac{dc}{dt} = G(x) + R(x) - S(x) - v_x(x) - v_y(x) - v_z(x) + K_x \frac{d^2 c}{dx^2} dx dy dz + K_y \frac{d^2 c}{dy^2} dx dy dz + K_z \frac{d^2 c}{dz^2} dx dy dz$$

\Rightarrow Generazione di quantità = $\frac{Q}{\Delta V}$
 Se flusso $\Delta V \rightarrow 0$ (infinitesimo): $\lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{Q}{\Delta V} = G$

3. Scoppiato = $\frac{g}{m^3 \cdot s}$
4. Generazione = $\frac{g}{m^3 \cdot s}$

3 e 4 \rightarrow posso essere reazione chimica o cambiamento di fase (non considerano solo fase aeriforme)

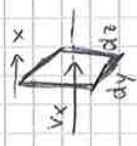
I.E. BILANCIO DI MATERIA - CASO DINAMICO

Al bilancio statico devo aggiungere 2 fenomeni:

4. TRASPORTO CONVETTIVO

Altra moltiplicazione con volume delle ingombranti.

Considero una faccia $dy dz$ del ΔV , a cui arriva una v_x :



\Rightarrow Flusso di massa che entra nel $\Delta V = v_x dx dy$

\Rightarrow Flusso di quantità che ci interessa, nel tempo:

$$v_x dy dz \cdot c dt \left[\frac{g}{s} \right]$$

\Rightarrow Provoca una differenza di flusso in-out in direzione x :

$$\frac{d}{dx} (v_x dy dz c dt) dx$$

Approssimazione: ora il flusso non è uniforme:

$$\frac{dv_x}{dx} + \frac{dv_x}{dy} + \frac{dv_x}{dz} = 0$$

$$\Rightarrow \frac{d}{dx} (v_x dy dz c dt) dx = \left(\frac{dv_x}{dx} c + \frac{dc}{dx} v_x \right) dx$$

Si ripete questo moltiplicando direzioni x, y, z

\Rightarrow Accumulo in ΔV dipende dalla differenza di trasporto

convettivo, che deriva dai 3 vettori velocità e dalle variazioni delle c in x, y, z

I.G.1.B. MODELLI PLUM

È presente un pericolo continuo nel tempo (= stazionaria)

de acce dell'origine

⇒ Modello stazionario, assume che:

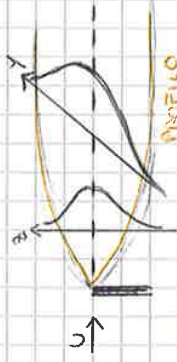
- $q \left[\frac{kg}{s} \right] = \text{cost}$, è emessa la concentrazione costante (abbastanza verticale)
- Parametri meteorologici costanti → emissione semplificata, valida solo a brevissimo termine
- Campo allargato ⇒ $c > 0$ per $x, y, z > 0$

La velocità, che descrive la c in un pto qualunque, è detta

"Risoluzione gaussiana del modello".

$$c(x, y, z) = \frac{q}{4\pi \sqrt{k_x k_y k_z}} \exp \left[-\frac{u}{2k_x} \frac{x^2}{k_x} - \frac{y^2}{k_y} - \frac{z^2}{k_z} \right]$$

La concentrazione assume il profilo di una gaussiana in direzione y e z (trasversale e verticale)



Si integra il "profilo del pennacchio",

che non ha x0 significato fisico. È un numero formale

x richiudere tutti i punti con una certa concentrazione, ad es

con $c > 5\%$ della c_{max} presente nell'azione centrale.

Il pennacchio si apre lunga x → dispersione verso le zone periferiche

I.G.1.B.1. COEFFICIENTI DI DISPERSIONE E DEV.SI

L'equazione che si forma il pennacchio di fumo governano

⇒ Sceva, al posto di k_x, k_y, k_z si usa la dev. st. σ , che

rappresenta il valore mediante dev. st. σ , che è una costante % del valore.

⇒ o rappresenta l'apertura della gaussiana: piccolo ⇒ curve strette.

lunga x: pennacchio si apre ⇒ σ , è importante dipende da:

- K di dispersione: grande ⇒ forte recessione di dispersione ⇒ Curve si allarga in poche tempo
- Tempo di volo (a pari k) ⇒ importante della distanza.

Tempo lungo, veloce = Tempo corzo, Costa

$$\text{Sintetizzando: } \sigma_y = 2 \sqrt{\sum k_y} \quad \sigma_z = 2 \sqrt{\sum k_z}$$

⇒ proporzionalità: $\sigma_k y \Rightarrow \sigma y$

Altre approssimazioni: il tempo influenza la dispersione

lunga x ⇒ Trascuro k_x (abbastanza realistica)

⇒ Otengo la forma usata dell'equazione:

$$c(x, y, z) = \frac{q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp \left[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2} - \frac{z^2}{2\sigma_z^2} \right]$$

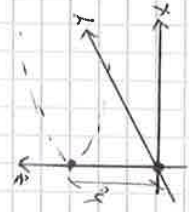
Non tempore esplicitamente la x, ma è compreso in σ_y e σ_z

Stazionaria ⇒ non c'è nella funzione di t.

Questo valore per sovrapposizioni parte nell'origine.

Se è lunga e è il valore, è emissione ad ha

$$\Rightarrow \text{Modifica dell'intera termine: } \frac{z^2}{2\sigma_z^2} \rightarrow \frac{(z-h_0)^2}{2\sigma_z^2}$$



b. CLASSI DI BRIGGS

Programmi numerici, in cui ogni curva

è una classe. Due distinte quanto

valori σ_y a seconda delle densità che abbiamo

grande utilità pratica, da qui prendo i valori numerici da mettere nella formula

il calcolo non è veloce \Rightarrow programmi diversi,

per σ_y e σ_z

c. FORMULE

Da letteratura, formule di calcolo di interpretare la curva:

$$\sigma_y = A x^n$$

d. TEORIA DELLA SIMULAZIONE

C'è simulazione tra il meccanismo di trasporto di motore (σ, k) e di trasporto di qualità di moto (σ del resto).

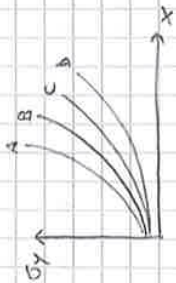
\Rightarrow Definire k e σ del trasporto di motore (quella da cui) in base alle σ di qualità di moto, che sono molto più misurabili

Fondamento fisico, non difficilmente applicabile a calcoli predittivi (servirebbe vettore futuro)

Per l'uso delle classi:

esistono tabelle declassa Coz. anno di tempo incerti

Trovo una certa classe, in base a probabilità condizioni note.



Usando le densità: se la modellazione della turbolenza è corretta \Rightarrow possibile definire la classe delle condizioni periodo di osservazione meteorologica che necessitano

\Rightarrow Ottengo volatilità numerica del meccanismo complessivo.

Questo vale a breve termine (modello stazionario)

I.G.1.B.3. USCIRE DALLE CONDIZIONI STAZIONARIE

Fine ad ora = hp di stazionarietà:

$\left\{ \begin{array}{l} \text{accettabile per } Q \\ \text{debole x il tempo di volo (Nivo x incidenti), vento e } \sigma \\ \text{non sono cost} \end{array} \right.$

\Rightarrow Modello stazionario (a rigore) ha valore short term.

Per questo x dove rappresentazione medio di 1 o 10 ore:

1. Formule costituite, per i valori di σ o per i valori di concentrazione calcolati.

La radice viene fatta esplicitamente in base al parametro: $(\frac{t}{t_0})^m$

dove: $t_0 = 3 \text{ min} =$ Tempo convenzionale incerti iniziali che le condizioni sono costanti.

$t =$ Tempo in cui voglio volatilità con media

$m =$ potenza funzione di Turbolenza e stabilizzato in tempo, a convergere.

Semplice, non x avere off double senza molti studi.

• $\uparrow U \Rightarrow$ pendenza diretta trasversale $\Rightarrow \uparrow$ dilatazione $\Rightarrow \downarrow c$

• $\uparrow U \Rightarrow \downarrow \Delta h$ del pendacchio $\Rightarrow \downarrow h_{He}$ $\Rightarrow \uparrow c$

Esiste una c critica per cui si ha c_{max} con nome dagli effetti negativi dei 2 termini (Trovo l'ultima derivata e equazione e risolvibile per c_{crit}).

Dipende dalle condizioni considerate

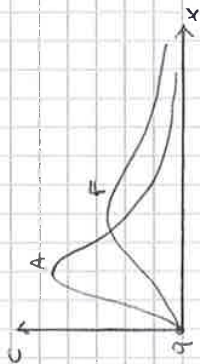
c , σ = funzione della turbolenza

- A = instabilità dovuta \Rightarrow è equazione

e periodo verticale del nido

- F = grande stabilità \Rightarrow pendacchio

molto chiuso. Il picco non si dilata da q e si abbassa. Le curve sono calcolabili dall'equazione, usando le σ di cui conosci la curva.



I.G. 4.B.6.1. COMPLICAZIONI: SPAZIO LIMITATO LUNGO Z.

Finora = spazio illimitato tutte le direzioni in natura erano orizzonti

Direzione Z = 2 orizzonti:

• Suolo = orizzonte fisico

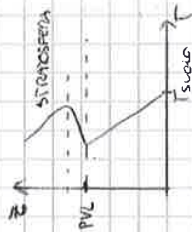
• Altezza dello strato mesoclimato PVL

- Strato mesoclimato: $\downarrow T$

- Sopra a PVL i mesoclimi Terreno, grande

instabilità de atmosfera ogni navinata verticale

- Stratosfera: $\downarrow T$



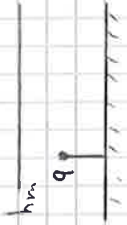
Altezza da PVL varia durante la giornata e con condiz. meteo:

- Forte irradiazione dal nido $\Rightarrow \uparrow$ PVL

- Notte $\Rightarrow \downarrow$ PVL in inversione termica: PVL $\approx z=0$

Altezza max PVL ≈ 1200 m = h_m

\Rightarrow Tutti fenomeni sono raccolti in questa stanza di stratosfera.



Effetto di PVL = perfettamente riflettente

Effetto del nido = 2 orizzonti, con Emite:

- Perfettamente riflettente (es. SO₂ su terreno acido)

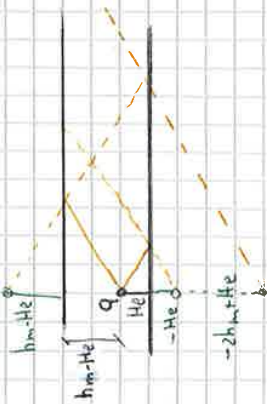
- Perfettamente assorbente (es. SO₂ su terreno basico)

3. SUOLO PERFETTAMENTE RIFLETENTE

Pendacchio con sorgente q , da una $c = f(\alpha, h_{He}, U, \sigma)$

h_p = Sorgente verticale posta a $-h_{He}$

Rispetto al nido, che genera un pendacchio speculare alla q .



\Rightarrow Sommando il contributo diretto e quello riflesso dal nido,

Trova $c = f(\alpha, h_{He}, U, \sigma) + f(\alpha, -h_{He}, U, \sigma)$

Riferisce data da PVL: si vede una sorgente virtuale

a $z = h_m + (h_m - h_{He})$, che genera un pendacchio speculare

alla $q \Rightarrow$ contributo: $c = f(\alpha, 2h_m - h_{He}, U, \sigma)$

In Teoria, questa continua all'inf

$\Rightarrow \uparrow$ sorgente real e riflette sorgenti virtuali

⇒ Si cerca di modellizzare la dispersione ⇒ Si trova k da esperimenti in laboratorio

ipotesi non accettabile, fatto abitabile



b. SEDIMENTAZIONE

Se menzione di una polvere

⇒ Eterogenea rispetto all'aria

⇒ Ane del pericchio e' notato,

x 2 effetti: $\left\{ \begin{array}{l} \text{Trasporto del vettore } \rightarrow V_v \\ \text{caduta } \rightarrow V_{sed} \end{array} \right.$

Determinata l'inclinazione: $\frac{K}{V_v} = \frac{\Delta H}{V_{sed}} \Rightarrow \tan \alpha = \frac{\Delta H}{x} = \frac{V_{sed}}{V_v}$

$V_v \approx 4 \text{ m/s} \rightarrow$ nota, facile

$V_{sed} \rightarrow$ difficile determinabile:

- Densità e diametro delle polveri ane → difficile sapere.
- Polveri = spettri di dimensioni, diverse il viaggio precipitazione per le + pesanti ⇒ Classi, frazioni

I.G.1.B.6.5. CONTROLLO DI STANDARD DI QUALITÀ

Vincola ipotetica intodotta per l'equazione: \rightarrow l'eterogeneità del fenomeno aereo, valide x tempi molto brevi.

Standard di qualità dell'aria = rigore non la concentrazione da non superare mai, ma: valori medi.

Diretto intesi come limiti statistici, cioè concentrazioni medie su 1h.

Situazioni in cui $k > 1 \text{ km}$

⇒ inquinante resta molto (mobile)

⇒ Solo ha $c=0$, buona in breve periodo

periodo in lungo periodo si ricaduto al suolo (prossime città...)

I.G.1.B.6.3. CONCENTRAZIONI DI BACK GROUND

In reattori nei modellizzatori:

$c = c(a) + c(\text{fondo})$

$c(\text{fondo}) \neq 0$ (aerete) → non trascurabile, no ufficiale da

definite. Varia in ogni punto, x vari effetti (trasporti etc...). È un contributo importante da considerare

Traffico $c(\text{fondo}) = c$ associata alle 200 a.m (minimo traffico)

I.G.1.B.6.4. FENOMENI DI TRASFORMAZIONE

Inquinante può manifestare fenomeni chimici e sedimentazione

a. REAZIONE CHIMICA

Scomparsa di inquinante primario A e comparsa di inquinante secondario B, con un coefficiente k

Se k è del 1° ordine ⇒ $\begin{cases} C_A = C_{A0} e^{-kt} \rightarrow \text{scomparsa} \\ C_B = C_{B0} (1 - e^{-kt}) \rightarrow \text{formazione} \end{cases}$

dove: $t = \frac{x}{V_v}$

Per $t=0 \Rightarrow$ ha solo A ⇒ $A=C_A$

$\uparrow t \Rightarrow \uparrow C_B$ e $\downarrow C_A$

⇒ Si usa la gamma per A ma con termine correttivo del tempo tutto della dispersione

Approccio più esteso:

- Lastricazione = insieme di riferimenti notevoli che reggono la porzione della
- Eselezioni

Rivoluzione numerica prevede condizioni iniziali e al contorno (punti di partenza x e integrazione):

- TEMPORALI = iniziali
- Evento notificabile nel tempo = non anticipazione, ad es.
- Mappe delle concentrazioni di inquinanti: $t_0 \Rightarrow c = c_0 \forall x, y, z$
- Oppure, dati da rete di monitoraggio
- SPAZIALI = al contorno
- Condizioni per i due bordi della zona interessata: $z=0$ e $z=h$

- $z=0$: Perdere la condizione $z=0$ \Rightarrow

Considero un elemento infinitesimo di volume contiguo al suolo in cui immagino esserci una sorgente emittente E_i , in cui: A componente convettiva. C'è componente dispersiva: $-K_z \frac{\partial^2 c}{\partial z^2} \rightarrow$ Trasporto

Ci può essere anche una velocità indipendente al suolo v_z . \Rightarrow C'è il calcolo al suolo, dipende da v_z e da $c(z=0)$

Condizione al contorno è descritta da:

$$E_i - v_z c = K_z \frac{\partial c}{\partial z}$$

- $z=h$: Non c'è gradiente verticale $\rightarrow \frac{\partial c}{\partial z} = 0$

Serve conoscere valore magm punto di E, G, S

Risultato del modello = mappe della concentrazione nelle variabili (x, y, z, t)

\Rightarrow Usato a scopo predittivo: Tempo futuro o posizioni in cui non dipiano fare misurazioni.

VALIDAZIONE

Borata nella corrispondenza tra valori calcolati e misurati \Rightarrow confronto Cmis e Ccalc, e poi considerazioni:

- Cmis = considerazioni pratiche \times decidere come/come misurare e la frequenza
- Ccalc = mappe ricavata, deriva da:
 - Stimato modellistico
 - Descrizione della geometria (Topografica, ...)
 - Descrizione meteorologica
 - Scenario emissivo

Il confronto può essere fatto su base statistica (ad es. valore ogni ora).

Se i valori non concordano, devo capire quale dei 4 elementi della Cmis non va bene.

Valori non accettabili se scorie tra 1,2 e 3 e nota una griglia.

II.A.b. DEPOSIZIONE UMIDA

Alcune specie acquilate presenti, molto rare meno e portione

3. delle particelle umide. Quantità superiori al secco.

Parametro variabile = intensità del flusso liquido verso

le nubi. Preso dai dati, neteo: $\text{precipitazione} \left[\frac{\text{mm precipitazioni}}{\text{h}} \right], \left[\frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \right] = p$

=> Flusso di massa di trasporto delle specie:

$P \cdot c_p \left[\frac{\text{g}}{\text{m}^3 \cdot \text{d}} \right]$, dove c_p = concentrazione delle sp. nelle

fase liquido (di pioggia)

Si può fare approssimazione permeabile: pluviometro x

misurare la quantità, e poi moltiplicare la concentrazione di detriti.

Correlazione $c_p \propto c_a$ e diventa x 2 tipi di distanze:

- Particelle, condensato (aerol)

=> Controllato dalla chimica. Tenere governato da una

efficienza di captazione e reazione, ma con c_a

superficie di captazione (partic. grande e captato x orizz. e

e captato verticale), partic. grande e captato x orizz. e

Si scrive: $c_p = \lambda c_a$, $\lambda = f(dp, d, v)$

dove: λ = coeff. d'interazione tra le 2 fasi

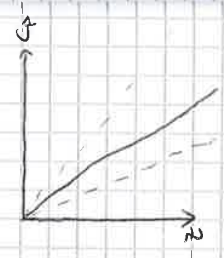
dp = dimensione partic. pioggia

d = dimensione partic. uguare

v = turbolenza

Tenere verso tendenza all'equilibrio,

portate finito



• Specie gassose = fenomeno chimico fisico, governato da

Termodinamica e cinetica. => Tende ad un equilibrio.

=> $k = \text{costante di Henry} \rightarrow H = \frac{C^*}{P}$

Il parte delle curve = costo Ca cinetica

della reazione, verso la tendenza.

Curve sarebbero prevedibili e tracciabili:

$\frac{dc_a}{dz} = \lambda (c_a^* - c_a) \rightarrow$ Equazione differenziale

dove $c_a^* - c_a$ = forza spingente

c_a^* = all'equilibrio

λ = valore d'intensità = forte delle reazioni

Fase uniforme si scrive: $-\frac{dc_a}{dz}$

II.B. REAZIONI CHIMICHE IN ATMOSFERA

Per ora, considerano di avere reazioni omogenee in fase

gassose.

Specie nitrostate in atmosfera -> considero:

- Tempo di sopravvivenza

= Spontaneo forte peso di non porre

=> Anelli legati da un agente convertito (re vie poco,

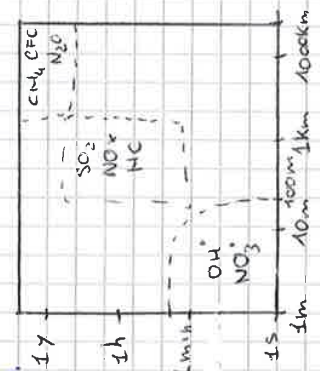
non la tempo x l'azione, molto).

Diagramma -> 3 ore => 31 p. di

specie in atmosfera.

- Specie locali, molto reattive

=> vivono x Tempi brevi (1-1h)



Meno: VOC ≠ HC:

- HC = molecole fatte solo di H e C, alcuni non sono volatili.
- VOC = sostanze con alta volatilità, connesso (mediante O₂ (aldeidi, chetoni, ...))

II.B.a. SMOG FOTOCHIMICO

Serie di reazioni de l'atmosfera maturose urbana, si verifica in molte aree metropolitane (inizio di studi = anni 60-70', California = forte sole e forte traffico).
 Conseguenza: formazione di inquinanti secondari urbane in altre concentrazioni (notte di O₃ e PAN).
 Precursori fondamentali: VOC, ossidi di N, radiazione solare

II.B.a.1. OZONO

Deriva da ciclo naturale stagionario nella troposfera degli NO_x, foto delle reazioni non reversibili (globalmente le reazioni sono =):

1. $NO_2 \xrightarrow{h\nu} NO + O$

2. $O + O_2 \rightarrow O_3$

3. $O_3 + NO \rightarrow O_2 + NO_2$

Per determinare la quantità di O₃ da rigenerare:

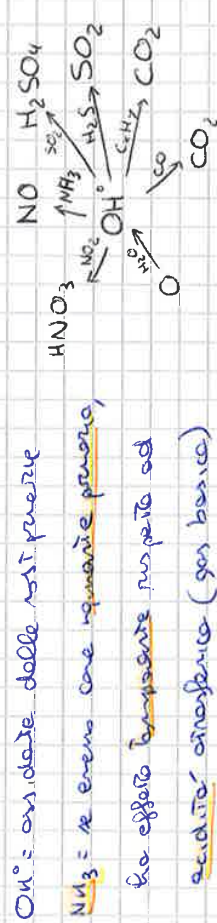
1. $V_1 = k [NO_2] I_{hv} \rightarrow$ velocità di scomparsa di NO₂

dove I_{hv} = intensità dell'irradiazione solare (reazione fotochimica)

Reazioni chimiche in atm → vedere le espressioni:

- a - Smog fotochimico
- b - Acidità atmosferica
- c - Polveri in atmosfera
- d - Modelli
- e - Destino specifico sostanze tossiche
- f - Predizione in tempo reale

PRINCIPALI INQUINANTI PRESENTI IN ATMOSFERA



Ma in tempi lunghi → forma NO (gas acido) ⇒ acidificazione

SO₂ = inquinante significativo

H₂S = origine sia antropogenica che naturale

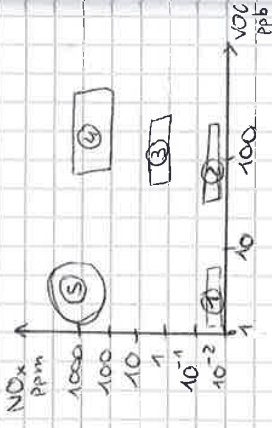
H₂Cx = idrocarburi, possono avere ossidazione completa (fino a CO₂) o parziale.

Azione sui VOC → porta a sostanze meno volatili.

es. CH₄ → CH₃OH (retardante) ⇒ ↓ volatilità

⇒ Frequente avere condensazione o adsorbimento sul solido, dopo l'ossidazione.

(Molto importante per aerosol = sostanze solide in atmosfera)



1. Ambiente molto naturale, senza presidi anti-inquinanti

$\Rightarrow [O_3] = 20 - 40 \text{ ppm}$

2. Foreste Proprieta' private

Presenza di VOC naturali, ma assenza di tecnologie che producano NOx

$\Rightarrow [O_3] = 20 - 40 \text{ ppm}$

3. Zona rurale. Presenza di VOC come pm₁₀ ma c'è qualche attivita' che produce NOx

$\Rightarrow [O_3] = 50 - 100 \text{ ppm}$ (relativam. capriccio)

4. Zona urbana - molto polutata. Traffico \Rightarrow alta presenza di NOx, oltre che di VOC

$\Rightarrow [O_3] = 100 - 400 \text{ ppb}$

5. Zona a valle di attivita' industriale (alt. NOx) con poca vegetazione (basso voc)

$\Rightarrow [O_3]$ potrebbe essere

STANDARDS

Equivalenza: Standard sono espressi in ppb o in $\frac{\mu g}{Nm^3}$

In generale, per l' O_3 : $40 \text{ ppb} = 80 \frac{\mu g}{Nm^3}$

perche':

$80 \frac{\mu g}{Nm^3} \cdot 22,4 \frac{l}{Nm^3} \cdot \frac{1}{1000} \frac{mg}{\mu g} = 40 \text{ ppb}$

STANDARD AOT40

Si considerano, in una variazione giornaliera della concentrazione di O_3 , i valori che superano la soglia di 40 ppb.

Per definire lo standard, conta l'esposizione complessiva nel lungo periodo

\Rightarrow Prendo i 3 mesi estivi, orario 8:00-20:00

\Rightarrow Calcolab: $\int (c-c_0) dt \Rightarrow$ oltre 40 ppb h

STANDARD SOMO 35

Creato da WHO (organizzazione mondiale della sanita')

Una via molto recente di gh,

per ottenere una curva molto

sbilanciata.

Ogni giorno, calcolab: $C_{max} - C_0 (35 \text{ ppb}) = ppm \cdot d$

\Rightarrow Ottengo un valore di Tene-cato di esposizione cumulata

Una volta individuati i superamenti, degli standard

\Rightarrow Problemi di policy, come intervenire x lavorare

La funzione di O_3 : intervento su VOC, NOx, emissioni?

APPROCCI PER L'INTERVENTO

Due approcci:

- a. Spettacolo fenomenologico
- b. Modellistica = modelli predittivi

II. B. a. 2. PAN (PEROSSO ACETIL NITRATI)

Aerei composti ossigenati, a forma degli stessi precursori (voc e NO_x)

Reazioni coinvolte:



Equivalente primario = NO, che fa: $\text{NO} \rightleftharpoons \text{NO}_2$

HNO₃ = pezzo ambientale dell'N, per mantenere costante la [NO].

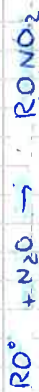
Sostanze ritenute possono essere presenti, con la quantità ± grandi.

Questi reagenti interagiscono con la presenza di sostanze organiche RH, che durante la notte da reattivi

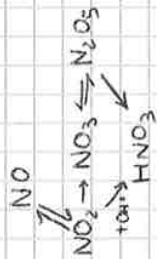
formano RO₂, RO[•], e poi:



I radicali formati possono legarsi, all'NO₂ formando i PAN:



PAN = ossidanti, e pericolosi



PAN sono molto stabili di natura primari

⇒ Uno dei pochi in cui l'assorbimento è debole e il deposito molto o allungamento

II. B. a. 3. PRECURSORI

S. parte dei precursori non reattivi, perde CH₄ e CO

non sono precursori di O₃ (non reattivi del OH[•] senza produrre O₃).



Tenendo conto delle di CH₄, si stabilirebbe troppo la capacità di produrre di O₃.

Letteratura = Tabelle con:

- Reattività cinetica = velocità

di reazione degli HC

- Capacità di formare O₃.

Indice di reattività ⇒ +1 capacità

Definizione "Reattività Meccanica", Reattività

- Prodotto tra i due: idee di reattività di O₃ + reattivi

	REATTIVITÀ CINETICA	INDICE MECCANICO	PRODOTTO
CH ₄	0,0016	1,6	0,0025
CO	0,043	0,45	0,019
PROPILENE	0,97	0,95	0,92
ISOPRENE	1	0,7	0,70
-	-	-	-

II. B. b. ACIDITÀ ATMOSFERICA

OH[•] più presente acido e interagisce con le specie

primarie SO₂, NO₂, NH₃.

NO₂ è in teoria primario, ma sarebbe primario, lo sarebbe NO,

ma NO si ossida a NO₂ con un fenomeno quasi istantaneo

⇒ 2 fenomeni:

- positivo = allontanamento di specie acidificanti
- negativo = formazione di particelle molto fini, microniche o submicroniche

Se NH_3 non interagisce con specie acide (nesso in parte) ⇒ per interferenza in NO ⇒ precursore di acidi

Per fut. i precursori di acidi:

Entono modelli predittivi, uniscono:

- Aspetto fisico (vento, ...)
- Aspetto clinico (reazione)

Note re emissiva e tali aspetti

⇒ Cerco di prevedere quanto sono le reazioni (umido/secco).

Ma questi modelli sono molto difficili.

HCl = gas potente di acido, può formarsi da interazione

tra OH^+ e Cl^-

Potenziale meno importante, che la concentrazione molto

inferiori a H_2SO_4 e HNO_3

⇒ Trascurabile

F.D.C. POLVERI IN ATMOSFERA

Preoccupanti, duplice fonte d'impatto:

- Fisico = quantità particelle
- Chimico = trasformazione delle sostanze adese ad esse

Entono modelli. > correlare, dal più fisico:

Rendimento ↔ Concentrazione di polveri

Polveri distinguibili secondo 2 criteri:

- Naturali - Antropogeniche
- Primarie - Secondarie (origine in atmosfera)

Caratterizzazione delle polveri → fatto con parametri fisico e clinici

4. PARAMETRO FISICO = Dimensione

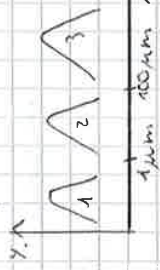
Importante x spazio climico nell'aria: se fine entra nei polmoni, non è trattamento dalle vie respiratorie

notare, determino il percorso di muoversi:

- 1. Dimensione ⇒ Risonanza secca

- 2. Dimensione ⇒ Risonanza umida (che ↑ superficie di contatto)

Individuabili solari (ca. 7. più essere definita con peso, numero, superficie delle particelle, ...):



2. Polveri fini (di accumulo), Ca + persistenti, non ce'

eff. cae deposizione. Derivano soprattutto da asfaltazione di particelle + fini preoccupanti, polveri:

- Persistenza

- Superficie specifica ⇒ adsorbimento di sostanze chimiche

1. Aerosol secondari = nuclei di condensazione (essenziale NH_4, NO_3). Tante in NO , poco poco. Poco persistenti, meno reattive x deposizione e assestazione.

• Tensione di vapore = volatilità, condizione di destino dell'iq.

- Alta VP \Rightarrow Sost in fase gas \Rightarrow Migrazione e Trasporto

- Bassa VP \Rightarrow Sost condensate adsorbite \Rightarrow Possibile riduzione

• Solubilità acqua

- Alta \Rightarrow Riscatto in dte, facile di parareto

- Bassa \Rightarrow ostacolo in dte

• Reattività con OH \cdot \rightarrow proprietà chimica, definita da:

K_{OH} = costante cinetica del 1° ordine di reattività in fase gassosa

- Alta K_{OH} \Rightarrow Facile ossidazione \Rightarrow Prodotti secondari

- Bassa K_{OH} \Rightarrow Specie reattiva in fase gas

• Adsorbibilità \rightarrow Chimico-fisico, in particolare adsorbibile

Determinare tali proprietà e facile quantificare, ma

è difficile trasferire i dati in contesti reali

Si trova a definire un tempo di emulsa, C₀

di dte con cinetica del 1° ordine

Facile avere info sulla risposta degli

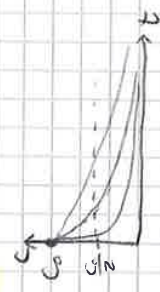
ipocriti, poveri, così ipocriti per i ricami, ricambi

(rispetto problemi quantitativi)

Sarebbe importante capire questa, e regolazione l'uso di

certi prodotti. \Rightarrow Attività di ricerca in corso e in via

di contesti cinetici.



Alternativa 2:

$$O_3 = \alpha \cdot C_{NOx} + \beta \cdot C_{NOx} + \gamma \cdot I_{Benzonitrato}$$

dove: C = concentrazione risultante in una certa stag.

α, β, γ = parametri, determinati con modelli

\Rightarrow Valore predittivo: variando C_{NOx} e C_{NOx}, ricavo

il possibile valore di [O₃].

II. B. e. DESTINO SPECIFICO DELLE SOSTANZE TOSSICHE

Categorie di sostanze persistenti = lunga vita in atmosfera

\Rightarrow inquinano anche zone distanti.

Possano dare problemi ambientali tossicologici.

Dette: Persistent Organic Pollutants

HAP = Hazardous Air Pollutants

Sono cospicue presenti in atmosfera:

- Sostanze prodotte x sintesi chimica x applicazioni

industriali organiche (PBT, solventi clorurati, ...)

- Sottoprodotti di processi industriali:

- IPA = ureti ed altre T in ambienti ridotti,

- Diovine e Nitrobenzofurani = ureti in combustioni ad

alte T con precursori organici e cloro

Senza considerare il destino, è centrale creazione di

prodotti secondari

\Rightarrow Valutazione dei migliori inquinati e dei prodotti

chimico-fisici.

• CO_2 = sorge nel visibile. Notevole aumento della concentrazione. È il 1° gas di cui preoccuparsi.

• CH_4 = intercede spesso

• N_2O = protossido di azoto

• CFC = Totalmente estrani psgrmici, per la stessa presenza

• O_3 = conseguente + complice nel bilancio, agisce sia nella radiazione in UV

CO_2 , N_2O , CH_4 = origine anche naturale, ma sono la contribuito del aumento delle concentrazioni

Considerazioni sull'effetto dei gas serra:

1. Aumento delle loro concentrazioni in atmosfera = dato sperimentale certo
2. Alterazione del bilancio radiante a causa loro
Quantitativa non è certo
3. Tutto ciò, come influisce sul cambiamento climatico?
(Studi di climatologia).

A. CO_2

Dati misurati e stime delle presenza

di CO_2 = fino a 1000 anni fa
(CO_2 disciolto in ghiacci polari)

Dato storico = combustione antropica

⇒ origine naturale antropica.

Il mare affonda = fatto legato da disturb. Global. (Hawaii)

invenzione = aumento ad attività antropica, soprattutto a 2 soggetti:

- Combustione (di notevole interesse C)

- Decomposizione dei carbonati (industria del cemento):



BILANCIO AMBIENTALE DEL C (CICLO DEL C)

Mezzo studiato, e usato x fare previsioni future.

ACD_2 = sorgenti C - pozzi C

• $\Delta\text{CO}_2\text{SO}$ ⇒ Stazionamento, combustione preindustriale

• $\Delta\text{CO}_2\text{L}$ ⇒ equilibrio (condizione attuale)

⇒ Ci si chiede come evolve

Sorgenti di CO_2 :

• Naturali:

- Clima: F. s. ide ⇒ combustione, vulcani

- Biologici ⇒ respirazione, decomposizione, ...

Calcolabili, conosciuti, ignorati.

• Antropiche:

- Combustione

- Decomposizione dei carbonati

Calcolabili e prevedibili in base agli scenari ipotizzati.

CO_2 = calcoli di previsione semplici, stocometrici.

Sorgenti: origine biologica = fenomeni di decomposizione in ambienti privi di ossigeno.

Sia naturale de influenzata dall'uomo: Segure, fertilizzanti, discariche, ...

Costata di ultimi 100 anni = legata al ↑ uso di discariche e fertilizzanti.

⇒ Potenziale sufficiente ad assorbire tali anidride.

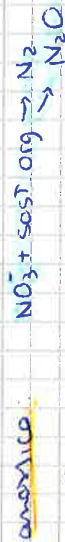
C. N₂O

Concentrazione netta + bene.

Concentrazione netta + potente: GWP = 300

Sorgente principale:

Reazione secondaria della denitrificazione, in ambiente



⇒ può avvenire in tutti ambienti con NO_3^- , soprattutto in ambiente anossico.

Uomo ha alterato il ciclo naturale dell'N (prevalso naturale):

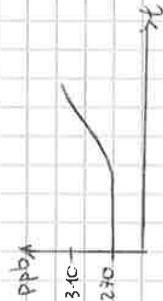


Sintesi dell'ammocia: $\text{N}_2 + 3\text{H}_2 \rightarrow 2\text{NH}_3$

⇒ Si usa N_2 di atmosfera x rendere fertilizzanti, viene usato poi in fertilizzanti. → nota ⇒

⇒ ↑ denitrificazione ⇒ ↑ produzione di N_2O .

N_2O = stabile in atmosfera.



Serve alta energia ⇒ avviene in stratosfera. Potenziale sufficiente per l'aumento delle sorgenti ⇒ ↑ [N₂O]. Possibile sorgente antropogenica = produzione industriale nella produzione di acido nitrico.

D. CFC

I idrocarburi con tutti gli H sostituiti da Cl o F. Molto stabili e refrattari, stabili in troposfera.

Unico pozzo = fotolisi, in stratosfera.

GWP ~ 10³ → Dipende dal tipo di CFC.

Sorgente = unicamente antropogenica di sintesi.

Molto usati, in pompa.

Oggi = sintesi bandita, uso quasi.

⇒ Problema residuale.

CO₂, CH₄, N₂O, CFC

Non fanno la riduzione refrigerante usante.

Hanno GWP molto, e sono tutti uniti con un valore di CO₂eq, periodo effetto dei vari gas.

Preoccupazioni x l'intervento, mezzi x l'azione:

- Scenari emissivi

- Capacità di cattura di CO₂ dall'atmosfera → Uno dei nuovi

$\text{RF} = \text{E}_{\text{in}} - \text{E}_{\text{out}}$

⇒ ha bisogno della quantità di energia.

Dipende anche da altri fattori: aerosol, polvere, ...

III.2. CO₂

Entriamo nel regime CO₂ - Cambiamento climatico.

4 Aspetti da notare: Conoscitivi, Programmatici, Tecnologici, economici

III.2.a. ASPETTI CONOSCITIVI

Si individuano diversi elementi in serie:

1. Flussi emissivi di CO₂
 2. Bilancio del C: come si conserva i flussi?
 3. [CO₂] in atmosfera: come influenza il bilancio del C?
 4. Temperatura Terrestre: come influenza la [CO₂]?
- Equazione fondamentale del cambiamento climatico = T_{globale}

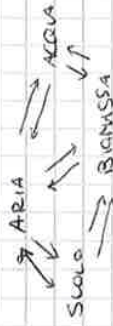
2. BILANCIO DEL C

Considero questi componenti e definisco:

- Flusso di C scambiato tra i componenti
 - Stock di C presente in un certo comparto
- ⇒ Noi, emi, si voliamo, x ogni comparto, i tempi di permanenza e i tempi di risposta.

Esempi di flussi:

- CO₂ dall'aria al suolo, fenomeni geochimici.
- Bilancio - aria → doppio scambio: respirazione - fotosintesi
- Bilancio: si mineralizza → suolo
- CO₂ → da suolo al disceglie marine.



Sarebbe trovare, per avere $\Delta T \leq 3 \Rightarrow [CO_2] \leq 300$ ppm
 \Rightarrow ha di un obiettivo, e poi si applicano gli strumenti
 \times mantenere tali flussi emissivi.

III.2.b. ASPETTI TECNOLOGICI

Alcuni degli strumenti \times \downarrow flussi di CO_2 emessi:

- Miglioramenti alle macchine \rightarrow \uparrow efficienza energetica
 - Cogenerazione
 - Combustibili non fossili ed energia non da combustione
- \Rightarrow interventi per incidere e ridurre le emissioni $\frac{CO_2}{Energia}$
(Tale valore dipende da quanto è "pesante" l'attività industriale).

LCA = fondamentale. Scopo: disaccoppiare Energia emessa dalla CO_2 prodotta.

Azienda punibile: CCS = Carbon Capture & Storage:
catturare (liquefazione, ...) e sequestrare CO_2 (fondo di oceani, ...) Boe Tecnologia molto sviluppata.
Uso del suolo \rightarrow ottimizzazione del processo:
negliete certi tipi di uso del suolo \times ridurre la capacità di cattura della CO_2 .

III.2.c. ASPETTI PROGRAMMATORI

Intervento non nelle tecnologie, ma nella programmazione del sistema, ad es.:

- Grande disaccoppiamento energia - sviluppo, carriere nodi per \uparrow PIL. Esistono \hat{e} energia costante. Scegliere tipi di industrie da programmare + verdi, intensamente automatizzate + pesanti, ...

- Quanto si può destinare alla cattura della CO_2 .

Anche priorità e quanto superficie

La programmazione resta gli interni degli scenari pubblici.

III.2.d. ASPETTI ECONOMICI

$CO_2 \rightarrow$ azione globale \Rightarrow non conta dove'em, ma quanto.

\Rightarrow Fondamentale emittore $[CO_2]$ medio nazionale, + de-emittore le migliori emissioni.

Non esiste un unico utilizzo tecnologico (unico caso è la CO_2 \times gli diti naturali emette), sarebbe inufficiente.

Serve risparmiare a livello di policy, banca nella

consistenza degli scenari

(de rispondere a determinati

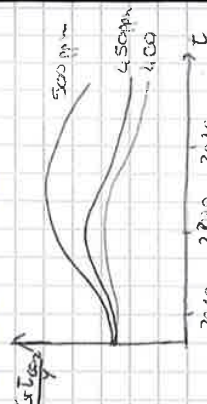
obiettivi di contenimento).

data un obiettivo (ad es. 450 ppm)

\Rightarrow La necessità di produrre di CO_2 dev'essere zero.

Curve: calcolate da IPCC = International Panel of Climate Change

Difficile = leggere tali bilanci di $[CO_2]_{ATM}$ nell'effettivo combinato dinamico.



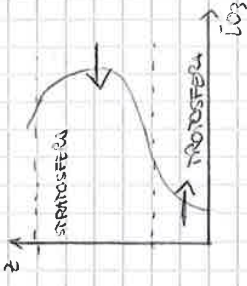
IV. CFC: INTERFERENZA CON O₃

Derivati degli idrocarburi con tutti gli atomi H sostituiti

Prodotti di sintesi, molto usati in pinata. (1950 → 2000)

Aspetti negativi:

- (con neve) (vite)
- Interferenza con O₃
- Ozono = presente in stratosfera ed in troposfera.



• O₃ Troposfera ~ 40 ppb

negativo, chiudere ⇒ dannoso

• O₃ Stratosfera ~ 250 ppb

positivo, cattura UV parte di arrivare alla Terra.

effetto indesiderato degli CFC: $\begin{cases} \uparrow O_3 \text{ Tropo} \\ \downarrow O_3 \text{ Strato} \end{cases}$

Origine di O₃:



O = deriva da fot. \neq notevoli:

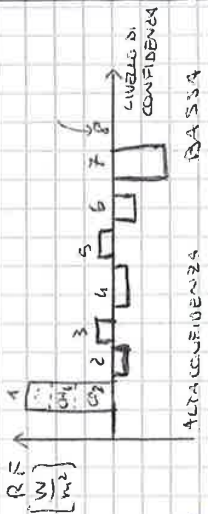
• Stratosfera = O₂ → O₃ (alta energia)

• Troposfera = NO₂ → NO + O (influenza degli NO_x)

CFC = molecole molto stabili, non fanno pezzi in

Troposfera ⇒ Migrazione a Stratosfera

⇒ Livelli energetici + alti, può essere demolito:



Confidenza = scala

ambiziosa, molto più alta

riserva del risultato ottenuto

1. Azione dei gas serra, e loro effetto e costo, anche se con un certo livello d'incertezza.

2. Ozono in stratosfera: Trattare UV ⇒ ↓ energia ricevuta dalla Terra.

3. Ozono Troposfera: agire come gas serra.

4. e. s. Conseguenze di aerosol marino. Legati ad emissioni primarie e a fenomeni di formazione secondario.

Effetti diretti e indiretti ⇒ Modelli difficili

Poco certo sia effetto positivo de negativo nell'energia ⇒ anche nella TTT

5. Saffetti → inquinati, reattori, da contribuire

6. Polveri da combustione di combustibili fossili

7. Biomassa = polveri organiche emesse dalla vegetazione

8. Effetti indiretti degli aerosol Troposferici: fanno variare

l'umidità, O₃, crescita in Troposfera, ...

⇒ Interazione con fenomeni fisici e funzionali de

risultato in Troposfera ⇒ ↓ E nella Terra.

9. Variazioni di energia solare: varia la T del sole,

effetti possono variare.

PONTE: ARIA → ACQUA

INQUINAMENTO TERMICO

INQUINAMENTO DI ORIGINE TERMICA

Fiume termico che causa della grande produzione elettrica.



- E_p = energia elettrica
- E_w = energia termica usata

Problema = costo fuori di E_w .

Altro sarebbe: cogenerazione integrale x

Teletrasmissione ⇒ È vita dispersioni di calore e n.p.t.

Ma = ostacoli pratici e operativi ⇒ non sempre è possibile.

Possibilità, data un'attività termologica che produce un

flusso W di acqua di raffreddamento:

1. mettere in aria → Torre di raffreddamento
2. mettere in acqua → fiume

1. TORRE DI RAFFREDDAMENTO

Scambio di calore diretto tra acqua e aria in controcorrente.

⇒ Aria si umidifica e T tempo

Scambio diretto ⇒ aria sottile più ovale

Temperatura gocce d'acqua (in assenza di sistemi x frizione le gocce)

⇒ h_{pot} = cambiamento di condizione climatica locale

Non è inquinante, non ha prodotti termici.

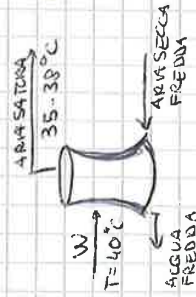
C'è formazione di un pennacchio, a lungo a grato visto x gli inquinanti,

tecnologie nuove = probabile che abbiano prestazioni

inferiori ai CFC.

Esiste un protocollo internazionale che prevede misure dal momento delle HFC, ma non è ancora un risultato avanzato.

⇒ Corso dell' O_3 dipende ancora da questo.



ACQUE

PREMESSA: RIPARTIZIONE DELL'INQUINANTE SOLIDO/LIQUIDO

La concentrazione totale di inquinante è data da:

$$C_T = C_{susp} + C_{sosp} \left[\frac{g}{m^3} \right]$$

dove: C_{sosp} = concentrazione di inquinante del liquido associato al solido, riferita al volume TOT d'acqua.

Per definire l'inquinante presente nell'unità di solido sospeso

$$m_{sosp}: X = \frac{g_{sosp}}{g_{sosp+s}}$$

Tra l'inquinante in fase disciolta e quello in forma sospesa c'è un equilibrio.

$$K = \frac{C_{sosp}}{X}, \text{ dove } K = \text{coeff di equilibrio, di ripartizione}$$

Equilibrio dipende dalle caratteristiche chimico-fisiche dell'inquinante e del solido, e dall'efficienza tra essi.

Concentrazione di solidi in acqua: $m \left[\frac{g_{sosp}}{m^3} \right]$

$$\Rightarrow C_{sosp} = X \cdot m = \left[\frac{g_{sosp}}{g_{sosp+s}} \right] \cdot \left[\frac{g_{sosp}}{m^3} \right]$$

$$\Rightarrow C_T = C_{sosp} + C_{sosp} = C_{sosp} + X \cdot m = C_{sosp} + \frac{C_{sosp}}{K} \cdot m$$

⇒ La ripartizione dipende da K e m

• Fine con solidi SS, elettrano grande capacità di fissazione ⇒ inquinante si trova facilmente adsorbito

⇒ Il destino dipende dai solidi.

• Fine con particelle SS e poca capacità di fissazione

⇒ Il destino dell'inquinante dipende dal flusso fluido.

Tuttavia con hp equilibrio interstices solido/liquido in realtà, è un franco dinamico, che lo → non stazionario.

I. FIUMI

Si introducono corredi e si usa l'acqua x vari scopi.

⇒ Si deve valutare i meccanismi presenti, che agiscono

sui corredi introdotti ed eventuali le concentrazioni presenti.

Le concentrazioni presenti in un punto P dipendono da:

A. Corredi introdotti e morti

B. Fenomeni fisici e chimici



I.A. SCENARIO DEI CARICHI INTRODOTTI

Corredi:

- **Puntuali** = scarico concentrato, instabile in qualità e quantità. Da aziende, depuratore, ...

- **Distribuiti** = acque di falda, drenate → non direttamente misurabile, ipotizzabile con modelli

Neumono conoscere lo scarico dei corredi

I.B. FENOMENI INTERNI AL FIUME

Fenomeni di tipo: idraulico, chimico-fisico, fisico, biologico.

I.B.1. FENOMENI IDRAULICI

Inquinanti conservativi = per essi non ci sono fenomeni di trasformazione chimica, fisica, biologica

⇒ Destino dipendente unicamente da questioni idrauliche

⇒ Servono sempre bilanci idraulici.

Non varia il coefficiente di dispersione trasversale, varia:

- \downarrow U_{max}
- \uparrow Volume di acqua (eterogenei)
- \uparrow Tempo di esposizione

\Rightarrow Questi aspetti vanno analizzati, x la compatibilità (con i fattori di + pesci?)
 Conseguenza importante = può ritrovarsi l'ignote onde a note del punto di immersione (P \rightarrow Sorgente)
 Correlazione tra E_z e parametri idraulici \Rightarrow Dispersione Longitudinale $\hat{=}$ prevedibile onde in base al nota convettivo.

I.B.1.c. EQUAZIONE DEL TRASPORTO

L'equazione è analogo a quella in ambito atmosferico, ma in termini monodimensionali.

Dato un elemento, l'equazione generale:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + v \frac{\partial C}{\partial z} = E_z \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} + q - r$$

dove:

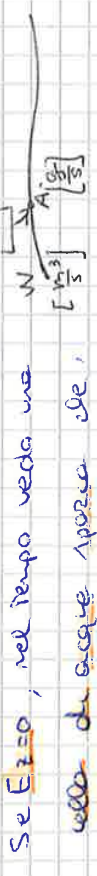
- 1: Dispersione convettiva
- 2: Dispersione turbolenta
- q: carico iniettato
- r: reclutamento di materia

• $\frac{\partial C}{\partial t} \neq 0 \Rightarrow$ Fenomeno non stazionario, varia nel tempo.



$\Rightarrow E_z = [0, \infty]$ \rightarrow coefficiente di dispersione longitudinale

ipotesi x scambi trasversali (incidenti):



Se $E_z = 0$, nel tempo vedo una onda di acqua sporca che si muove a valle senza neoficarsi.

Operazione passaggio in un punto della chiazza: non vede modifiche.

Ma: non c'è credibile avere un fronte de reparto $C=0$ da calata.

$\Rightarrow E_z \neq 0 \rightarrow$ Gradiente, crea un flusso in direzione opposta:

$$\phi = -E_z \cdot \frac{\partial C}{\partial z}$$

\Rightarrow Due punti di vista:

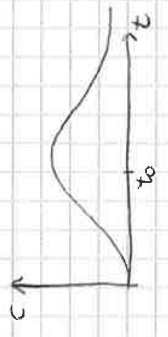
• LAGRANGIANO = veder deformazione della chiazza, simmetrico \Rightarrow Gamma.

• EULERIANO = punto in B a distanza z_0 dalla rigata A.

Non vede un gradino di concentrazione dopo un $t_0 = \frac{z_0}{v}$ (come sarebbe risia con $E_z = 0$),

l'ignote ovvero puro da t, e è eveto dura di t

Non è gamma, se la dispersione continua onde divente il processo.



I.B.2.A. SEDIMENTAZIONE

Per inquinante presente in fango: praticellare.

Dato un volume, considero il bilancio:

$$v h \frac{dc}{dz} dz = -v_s \rho dz \cdot c$$

$$\Rightarrow v \frac{dc}{dz} = -\frac{v_s c}{h}$$

Rappresento ciò che succede sopra dell'acqua, con creta di rimozione del 1° ordine.

- $v h c$ = carico idraulico
- v = velocità dell'effluente
- h = altezza della corrente. $\uparrow h \Rightarrow \downarrow$ sedimentazione
- $\frac{v_s}{h}$ = costante creta del fenomeno
- c potrebbe essere: [SS] oppure [Inquinante particolare]

\Rightarrow Sono cose ben diverse.

Nel periodo con $c = c_T \cdot f_p$, dove $f_p \cdot f_D = 1$

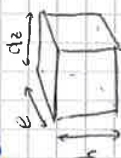
- v_s = velocità di sedimentazione della praticella

Non calcolabile con Stokes.

Varia in ogni punto del fango. Parametro operativo, dipende da:

- Dimensione del solido in un punto: grandezza sedimentazione
- Densità della praticella
- Intensità di corrente, turbolenza istantanea. La sedimentazione

Più di elaborazioni \Rightarrow Ritorno v_s in base a densità e dimensione.



Per idr. v_s per 7 della teoria \Rightarrow prova di campo
Prendo 2 punti, A e B e misuro le concentrazioni, con:
hp: - Solo sedimentazione

- Fenomeno trascurabile

\Rightarrow Poco risultato contemporaneamente, e nesso differenza e no che e sedimentato

(Se fango e non trascurabile: misuro A e 3 ore dopo misuro B).

Consistenza della sedimentazione = accumulo

\Rightarrow Sedimento di fondo = solido acqua intermittente (poca).
Fermo, nel tempo \uparrow fp rispetto a fw (\uparrow solido rispetto all'acqua.)

Prendendo un ΔV di solido di fondo,

esso ha un incremento dei solidi nel



Tempo: $v h \frac{dc}{dz} = -v_s c = h_s \cdot c \cdot \frac{dc}{dz}$

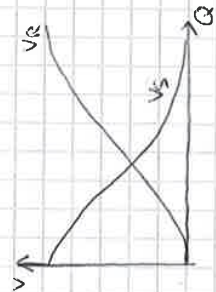
dove: $c_s = \frac{g_{solido}}{m^3 \text{ sedimento}}$

Mecanismo e tecnica bilancio \rightarrow Risultamento bilancio

La sedimentazione. Dipende dalla turbolenza della corrente, che

v_{cr} = velocità di riscolamento

Condizioni di pieno: $\uparrow \uparrow v_{cr}$.



$K_s = \text{due resistenze in serie}$

- Fino ad infersico
 - All' interno del reattore = più lento, acqua ferma
- => Solo diffinone molecolare

Questo processo è simulabile in laboratorio, per verificabile sul campo.
(+ difficile, invece, prove di laboratorio x fluidodinamica)

I. B. 3. FENOMENI CHIMICI

Soprattutto inquinanti disciolti. Si trasformano e generano inquinanti secondari. Lungo Z, E_a e varia:

$\frac{dc}{dz} = -Kc$ → ordine del 1° ordine
dove K dipende da quel' e la possibili reazioni chimica.

Possibili reazioni:

- Puramente chimica
 - Fotochimica (serve luce)
 - Idrolisi = degradazione della molecola x effetto dell'acqua. Dipende dalla presenza di OH⁻, H⁺ => pH.
- Catalizzatori potrebbero velocizzare le reazioni, ma è difficile trovarli in acque di fiume.

Fenomeno fisicamente simulabile in laboratorio
Facile trovare dati su scomparsa di inquinanti primari
(K_0 t⁻¹), diff. che trovano su inquinanti secondari.

Nel fiume, inquinanti primari chimici sono reattivi, fluttuanti (reatto inferiori a fisico e biologici).

I. B. 4. FENOMENI BIOLOGICI

Fiume = ambiente con microorganismi, che fanno meccanismo vitale (metabolismo).

Max parte dei casi = aerobico. Eucotico = velocità di fondo in cui non penetra O₂

Metabolismo aere:

- Energia presa da ossidazione an O₂
- Materia → C, P, N = costituenti fondamentali delle cellule.

Aerobico → Emissione presenza di prodotti aerobici (d. nitro si ossida fino alla CO₂)

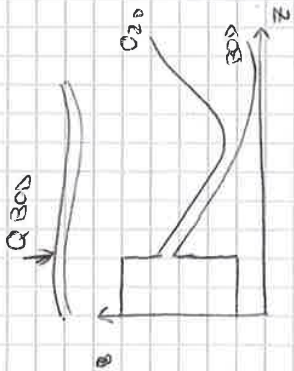
Ci si divide effetti nell' ambiente fiume, 2 aspetti:

- Immettendo inquinanti tossici, che destino sono?
- Immettendo del BOS generoso, in che modo l'ambiente è modificato e equilibrato?

I. B. 4. 8. BIODEGRADAZIONE INQUINANTI TOSSICI

Scomparsa di inquinante primario $v \frac{dc}{dz} = -Kc$

Integrazione = capire quanto dc lungo il fiume, e quanto velocità K biologica, per individuare effetti in punti, lontani dall'immisione.



- BOD:
 - Anodi e batteri,
 - Dopo l'immersione nella, viene consumata
- O₂ disciolto:
 - mediamente a valle delle valli viene la concentrazione, ma x il rimescolamento con acque in superficie
 - A valle, 2 meccanismi:
 - Consumo delle biomasse: $\downarrow BOD \Rightarrow \downarrow consumo$
 - Apporto di O_2 dall'atmosfera, che aumenta sempre più al largo della $[O_2]$

All'inizio, prende il consumo P_{O_2} : $\downarrow BOD$ e \uparrow forze spingenti \Rightarrow Dopo un po' prevale l'erogazione.
 Anche $u_{crit} = Th$ (con buona O_2)
 (potrebbe essere necessitante)
 Entrano nodella x previsione di infezione bio dai fiumi

I.B.4.C. DESCRIZIONE DEL LIVELLO DI QUALITÀ
 Livello di qualità di un corpo d'acqua = funzionale alla destinazione dell'acqua. Descrivibile in 2 modi:

- Descrittori di Tipo clinico:
 - $[BOD]$, $[O_2 \text{ disciolto}]$, $[NH_4]$, $[NITR]$, ...

- Descrittori di Tipo biologico:
 - quell'equivalente specie di microrganismi sono presenti, Emisore areolati: la popolazione di microrganismi dipende dai parametri clinici.

Livello di qualità = funzione dei descrittori biologici, ma essi sono:

- + difficili da determinare
- + difficili da correlare ai carichi inquinanti

\Rightarrow Considerazioni di bilancio nella parte clinica, h.p.: i parametri clinici indicano la predisposizione alla crescita di condizioni + favorevoli alle aspettative.
 Nella pratica: max parte dei nodella in potenzialità clinica descrivere fenomeni biologici (con livello di dettaglio non ottimale).

Modella puntano a descrittori che danno una classe al fine di secondo del Tenore di potenzialità clinica.

I.B.4.d. MODELLI PREDITTIVI PER IL CORPO IDRICO

1. STREETER & PHELPS
 il modello è antico e semplificato, ma significativo. Solo 2 parametri considerati: $[BOD]$ e $DO = [O_2 \text{ disciolto}]$

BOD: Data in inquinante nel fiume, si suppone inquinazione istantanea:
 \Rightarrow Bilancio di materia nel modo:

Se le convenienze sono in accordo
 => Parametri usati sono giusti.

Aumenti -> modific. dei parametri usati

Difficoltà = trovare 20-30 parametri (accordo patristico onde essere curabile).

E' il gioco parametri e ricerca quella parametri x via sperimentale -> Previd. analitica

Modello STREETER 2 PHASES = molto + moltiplicato, no molto + facilmente torribile (ndr. meno potenzia)
 Modelli con + parametri -> Rischio, troppo azzardati.

Modelli che considerano sviluppo debole: la variazione di matte fa varare in modo significativo la creatura
 => variabile "ora del giorno" e significativa

=> ipotesi usare stazionarietà nel tempo, ipotesi usati devono tenere conto.

CARICHI INTRODOTTI

Una caratteristica stima e' il degl aspetti + critici.

Toratura del modello e' significativa se l'info sui carichi e' significativa. E' in ricchezza importante.

- Carichi particeli -> comparabili e misurabili => NOI
- Carichi non particeli -> Molto + difficilmente misurabili

OBIEITIVO: PROGRAMMAZIONE E INTERVENTO

Auto pluride ha:

- carichi introdotti:
- Utenze = punti di utilizzo della carica.

in ciascuno deve avere determinate caratteristiche caratteristiche -> derivate da parametri chimici o biologici (riferivi x vera consistenza di quello, no + difficile da acquisire).

Tali punti lungo il fine sono vincoli di problema.

Stamento modellistico verifica se uno scenario dei carichi rispetta tali vincoli o no. Se no => intervento, in cui modello ha obiettivi parziali.

- Definire limiti alla carica

- Allocazione dei carichi da introdurre nel corpo carico

Esempio di scenario dei carichi: P_1, P_2

=> fanno ↓ DO, se più scendere

nota la regia in certe zone

=> intervento, sui P_1 o P_2 per ↓ DO

=> Curva varia e tiene sopra la regia

Modello serve x modificare carichi introdotti e vedere come variano gli scenari

=> Definire l'allocazione di carichi

1.02 BOX

Caratteristica della T al varco della profondità, per i laghi temperati, europei, in estate:

- **EPILIMNIO** = Zona superficiale, con $T_{max} \sim T_{atm}$

- **TERMOCLINE** = Zona di veloce calo della T

- **IPOLIMNIO** = Zona bassa del lago, con $T \sim 4^{\circ}C$

STRATI FISSI c'è dovuto al passaggio di calore tra acqua (irraggiamento e convezione naturale), si creano i box ripetuti che non si riscalda, xkè il gradiente di densità non lo permette.

Acqua superficiale: $T > 4^{\circ}C \Rightarrow$ meno densa

Acqua profonda: $T < 4^{\circ}C \Rightarrow$ più densa.

• **Autunno**: $\downarrow T$ epilimnio

\Rightarrow Omogeneità in tutto il lago,

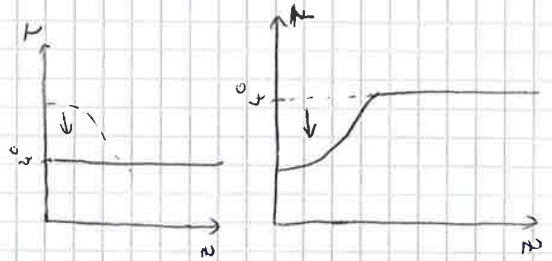
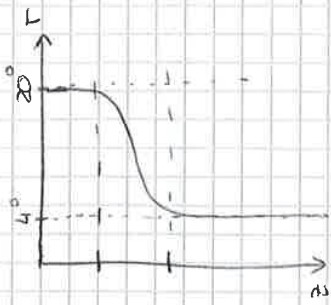
invernalamento ovunque, tutta l'acqua ha la stessa T .

• **Inverno**: Acque in superficie ha $T < 4^{\circ}C$

(possibile il congelamento), si stratifica di nuovo \rightarrow 2 box

Acqua superficiale: $T < 4^{\circ}C \Rightarrow$ meno densa

Acqua profonda: $T = 4^{\circ}C \Rightarrow$ densità massima



b. TEMPO DI SCOMPARSA t_s

Necessario per avere la risoluzione dell'equazione,

Dipende dal tipo di inquinamento,

Teorico: per avere $C=0 \Rightarrow t \rightarrow \infty$

Convenzione t_s = Tempo per arrivare

a zero mantenendo la pendenza

iniziale

Confronto tra i tempi:

• $t_A < t_s \Rightarrow$ Perfettamente miscelato \Rightarrow Modello a 1 box

• $t_A > t_s \Rightarrow$ Servono modelli 3D, x calcolo della mappa dell'inquinante nell'intero dell'origine.

Estensione delle mappe C per a dove più inquinante

è inquinante più di ricomporre.

Esempi:

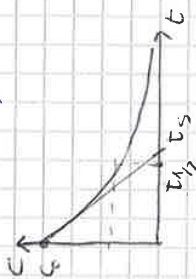
- Fioritura \rightarrow persistenti \Rightarrow 1 box

- Acetone \rightarrow t_s molto breve \Rightarrow 3D

La scelta tra i vari modelli dipende dal parametro in analisi, oltre che dalla struttura del lago.

Molte applicazioni pratiche \rightarrow Modello a box può essere corretto (non vale x laghi molto grandi)

Si può usare: 1 box o + box.



Respirazione = degradazione con cui la biomassa si ossida

Fotosintesi e respirazione si ottengono

Cinetica della biomassa = descritta da dati specifici,

parametro = velocità specifica di crescita:

$$\mu = \frac{1}{x} \frac{dx}{dt}$$

dove x = concentrazione algale

d. TIPI DI LAGO

Definiti in base alla concentrazione presente di P.

1. OLIGOTROFICO = quello di P

bassi, tipici di ambiente

naturale, non contaminato.

2. MESOTROFICO = ↑ P nell'ambiente => ↑ velocità di crescita

3. EUTROFICO

Conseguenze nella presenza di O₂

- Ambiente oligotrofico: in superficie c'è ossigeno

si ritiene di O₂, che resta a cost. fino

al fondo, che non esiste un ricambio di ossigeno.

- Ambiente eutrofico.

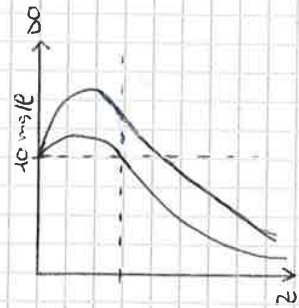
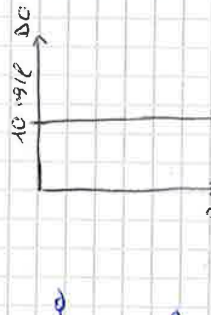
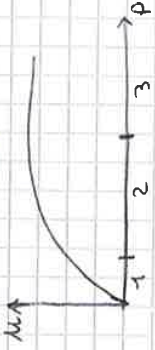
Acqua ricca algale in epilimnio

(potenziale illuminato) => DO > DO*

Zona biana -> poca luce e causa

della turbidità superficiale

=> Degradazione delle alghe e consumo del DO



Rispetto ad ossigeno, numero e tipo di limitatore.

↓ luce => ↓ crescita algale => ↑ xadmetoz => ↑ deficit DO

Aumento del P, non opposto, e

liberato dalla degradazione

della luce al fondo.

Grafico rispetto ad N sarebbe uguale.

e. DESCRIZIONE MODELLISTICA

Servire di descrivere il fenomeno del punto di vista

delle presenze di P, collegandola ad un parametro che

descrive le condizioni di eutrofia.

Si cerca di usare dati sperimentali,

per dare il livello di eutrofia

in base a delle regole di P.

Questioni da affrontare:

1. Sottoprobabilità dei corredi -> individuare i limiti dei corredi esterni per ridurre sotto una certa soglia di eutrofia.

2. Previsioni nel t. -> dato un lago eutrofico, si fa un intervento => Ci si chiede quanto tempo e intervento

x il ripristino di condizioni idonee

3. Possibilità di intervento a valle -> Direttorie nell'ambiente lacustre

Per la 4 e 2 => BILANCIO DI MATERIA

1. AERAZIONE IPOLIMNICA

Tubazioni per mettere aria o O₂ puro in zone dove è carente. Semplice, fertile e usato.

Limite = costo notevole x pompaggio aria, va bene x tempi brevi.

2. COMPLETA MISCELAZIONE

Esistono stratificazione del lago, x superiore O₂ in zone ipolimnica e limitore la degradazione endogena.

Per laghi poco profondi, h < 50 m

3. PRELIEVO IPO-LIMNICO

Deflusso dal lago parte in profondità (non in superficie)

=> Si toglie l'acqua critica con tanto P.

Sarebbe efficace, ma più estere difficile

4. LIMITAZIONE DEL RILASCIO DAL FONDO

Introdurre in acqua un flocculante, coagulante, impermeabilizzante che porti P sul fondo e la metilizza come minerale.

Si usano argilla + elementi che reagiscono con P.

Usato. Può essere preventivo x laghi grandi.

5. INTERVENTO BIOLOGICO

Mettere le colture che mangiano P, o aumentare la popolazione ...

Sembra efficace, ma bisogna vedere le conseguenze nello stato trofico.

6. RITUZIONE DI SEDIMENTI

Fatto in laghi poco profondi. Proibitorie:

- intervento stesso
 - costo
 - Rimescolamento di acque, si mette in circolo la sostanza
 - Destinazione dei sedimenti. Se utilizzabili come fertilizzante => buono. Se è rifiuto speciale => Proibitivo
- E' è unico intervento risolutivo.

II. B. 2. ACIDIFICAZIONE

Fenomeno negativo x 2 motivi:

- Chimico-fisico = Modifica ai fenomeni di dissociazione e dissolubilità. Lago acido => Rilascio metalli dal sedimento
- Biologico = ambiente neutro e + idoneo alla vita (manna biodiversità), pH acido => Ambiente degradato

Origini dell'acidità:

- Atmosferica = risultato di sostanza scade dall'atmosfera (SO₂, NO_x, HNO₃)
- Biologica = Nitrificazione naturale genera H⁺:



=> Carico naturale che entra nel lago e contribuisce N in grandi quantità e precursore di acidità.

Parsi da fare: Modello -> intervento

S = Appalto diversi fenomeni (le costanti, cost. che sono Tute o specifiche):

- R. sollevamento
- Controdiffusione del fondo delle acque
- Creazione (liscio e/o biologica)

H_p: Lago = ambiente perfettamente miscelato
 Due possibili ipotesi:

1. Condizione stazionaria:

$\frac{dc}{dt} = 0$, e onde $S = 0$

$\Rightarrow 0 = Q \cdot F \cdot c - R \Rightarrow 0 = Q \cdot F \cdot c - K \cdot c$

$\Rightarrow c = \frac{Q}{F + K}$

\Rightarrow la portata $\frac{Q}{F}$ dipende dal:

Mecanismo idraulico: $\uparrow F \Rightarrow \downarrow \frac{Q}{F}$

Mecanismo di inazione: $\uparrow K \Rightarrow \downarrow \frac{Q}{F + K}$

2. Q variabile nel tempo

\Rightarrow S. Trova c variabile nel tempo

S. potrebbe anche considerare la concentrazione di fondo $c_b \Rightarrow$ Sistema di equazioni differenziali

\Rightarrow S. aggiunge il tempo: $V = \frac{dc}{dt}$

H_p: Lago non perfettamente miscelato, ma fondo da 2 ambienti (perfettamente miscelati al loro interno)

- Epilimnio $\rightarrow c_e$

- Ipolimnio $\rightarrow c_b$



S. Scrivo 2 equazioni:

\bullet $v_e \frac{dc_e}{dt} = Q \cdot F \cdot c_e - K \cdot c_e - K^* (c_e - c_b) \rightarrow$ Epilimnio

dove: $K^* (c_e - c_b) =$ scambio tra epilimnio dovuto a $c_e \neq c_b$

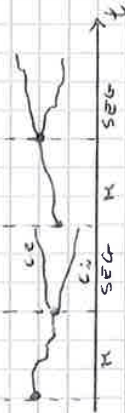
\bullet $v_b \frac{dc_b}{dt} = -K \cdot c_b + K^* (c_e - c_b) \rightarrow$ Ipolimnio

dove: $K^* (c_e - c_b) =$ stesso apposto

$Q = 0 \rightarrow$ corso è interrotto nell'epilimnio

$F = 0 \rightarrow$ emissario non nell'epilimnio

Durante l'anno \rightarrow alternanza di periodi di miscelazione e aggregazione:



Miscelazione $\rightarrow c_e = c_b$ unica

equazione \Rightarrow S. ha una c media, pesata sui volumi, tra c_e e c_b .

Per considerare anche la concentrazione di fondo $c_b \Rightarrow$ 3 box

Se il lago è molto grande o le portanze di fondo sono molto basse

\Rightarrow Ambienti non perfettamente miscelati \Rightarrow penultimo:

$\frac{dc}{dt} + v \frac{dc}{dx} = k \times \frac{dc}{dx} + R$

Semplificative = considerare la colonna miscelata

$\Rightarrow c$ non varia lungo z.

III. 2. DESTINO DELLE SOSTANZE IDROCARBURICHE

Presenti potenzialmente anche in fumi e ceneri, ma molto in ambiente marino, x motivi:

- Accidenti ⇒ rotture di petroliere, gasdotti, ...
- Sistemi ⇒ lavaggi, sovraccarico, manutenzione, contaminazione da HC = grande problema, considerazioni:

- A. Prevenzione
- B. Intervento di emergenza
- C. Destino degli idrocarburi

A. PREVENZIONE

Corso di evitare infortunati in mare da idrocarburi.

- ASPETTI COSTRUTTIVI: Tecnologie assiomate x migliorare la sicurezza nel trasporto, costruzione dei sistemi di trasporto x manutenzione, probabilità e conseguenze di eventi accidentali.

- ASPETTI PROCESSISTICI: direttive x limitare l'immersione di acqua contaminata verso l'ambiente marino (captano, trattamento, deperazione)

B. INTERVENTO DI EMERGENZA

Interventi all'isola esterni finalizzati a ↓ conseguenze di un evento accidentale.

1. RECUPERO = creare sistemi di contenimento e raccolta per idrocarburi (se in grandi quantità), per:

- evitare il disperdersi
- evitare di inutilizzarlo

2. DISPERSIONE - FLOCCULAZIONE

Sono tra loro alternative (spesso entrambi). Basati su meccanismi diversi - finici, agiscono sulla tensione

interfaciale tra idrocarburo ed acqua:

- Flocculazione = aumento della densità delle gocce, x favorire il recupero.

- Dispersione = dispersione di liquido in gocce fini per aumentare la superficie di scambio e favorire i meccanismi di eliminazione (volatilizz., biodegradaz.)
- Sceita di intervento, dipende da: sigli, costi

3. BIODEGRADAZIONE

Sfrutta la naturale tendenza degli idrocarburi ad essere assimilati e metabolizzati da microrganismi idonei. Può essere intesa in 2 modi:

- Remediation = accelerazione del fenomeno, aggiungendo ceppi idonei, nutrienti, ↑ aerazione ⇒ ↑ crescita
- Biodegradazione naturale = idrocarburi sono ubiquitari, presenti ovunque ⇒ anche i microrganismi x deperarli sono ovunque, ma i tempi sono molto lunghi.

Durante la respirazione, la sostanza passa traspirando, od un'altra fase.

Si fanno modelli sul ciclo globale x legare i flussi, energia, delle concentrazioni in un sistema (x l'umidità, i flumi).

Ad esempio → POP, clonazione persistente e tonici (DDT, esopolociclobenzoni, fenacetici, ...), sono stati trovati anche in ambienti remoti.

Interventi possibili = limitare produzione, consumo, emissione nell'ambiente.

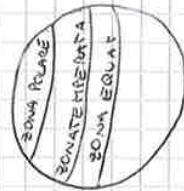
Si sono modelli globali che coinvolgono diversi comparti ambientali, composti da:

- Parte ambientale
- Trasferimenti inerte
- Eventi di dinamica di degradazione chimica (dolo, a biotecnica) o biologica.

Si suddivide l'intero superficie terrestre in un numero limitato di grandi aree, e poi vengono considerati:

- Trasporto da un comparto all'altro
- Trasporto x trasferimento all'interno di un stesso zona
- Dinamica di degradazione

Grande semplificazione. Se si ricomincia la cartella sono note ⇒ Bilancio ⇒ Si ricava dove vanno a finire i flussi, energia.



Modelli = Totati, misurando le concentrazioni di inquinanti, in tutti i possibili comparti (in base ai risultati sperimentali).

Modelli = rapporto x policy x limitazione di uso di pop.

5.5. SEDIMENTI IN AREE PORTUALI

Problema di scala locale, derivante dal traffico marino.

Sedimento = deposito di tutti i materiali inerti nel porto nell'acqua sovrastante (⇒ Metallodi).

Problema = possibile rilascio di inquinanti.

A CARATTERIZZAZIONE CHIMICA E VALUTAZIONE IMPATTO

Corrosivo: volume di flusso sovrastante tra il sedimento e l'acqua.

⇒ volume il possibile apporto nell'ambiente circostante.

$$Q = f(C, K)$$

dove:

C = concentrazione di inquinante, la ricavo da un campionamento
 K = coeff di scambio idrodinamica. Due resistenze in serie: intono al sedimento, per osare.

Se ne conosce geometria e fluidodinamica del sedimento e dell'acqua sopra (contorno onde turbolente e diffusione dell'acqua).

b. ENTITÀ DEL FENOMENO DI RILASCIO

Caso + come: M è sollecitato da un flusso idrico



⇒ La c de si crea dipende dal fenomeno di scambio tra oggetto e acqua

L'entità del possibile rilascio deve essere nota (appiosto di quantitate inrens nell'acqua).

$$-M \frac{dx}{dt} = F_0 \cdot c = kA \left(x - \frac{c}{K_{eq}} \right)$$

dove:

- $-M \frac{dx}{dt}$ = scomparsa di inquantitate da M
- $F_0 \cdot c$ = appiosto di inquantitate data all'acqua.
- K = coeffic di scambio tra M e acqua
- A = superficie di scambio
- K_{eq} = costante di equilibrio
- $x - \frac{c}{K_{eq}}$ = forza spingente

Scopo = correlare $P_0 \cdot x$ (concentraz di inquantitate in M) e c concentraz c de si crea in acqua

2 appiosti possibili:

1. APPROCCIO MODELLISTICO

Essere in grado di scrivere queste equazioni, capire il vero valore di K

⇒ Poder prevedere la c de si avviene in acqua.

2. APPROCCIO SPERIMENTALE

Concettualmente + semplice. Ambizione = riprodurre in laboratorio il fenomeno di rilascio de avve. Molto rispettativo avere prove realistiche, xtr il fenomeno e luogo e complessi

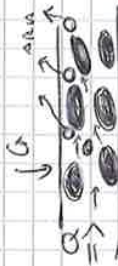
Enti +ambi gli appiosti sono stati usati

⇒ S. Trov il fluss di contenente in contatto: $G \left[\frac{g}{s} \right]$,

area variabile nel tempo

Caso generale = sistema infuso:

Solido + Liquido + Gas



Per tutto ciò, h_p = inquantitate perfettamente solubile in acqua

Se non fase idrodissolubile ⇒ Se dilavati, loro trasportati no non dissolti.

⇒ Serve ordini di fenomeno idraulici, scambio di materia,

Trasformazione biologica.

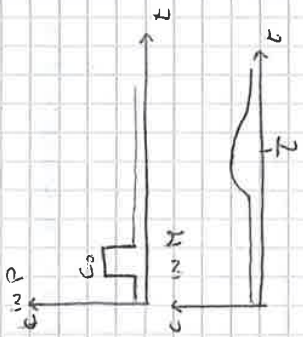
CONSEGUENZE

I modelli servono x capire le conseguenze nella qualità di diversi composti ambientali.

1. Acqua nel sottosuolo
2. Parte solida
3. Scomparsa delle inquantitate
4. Fase liquida separata

5. Gas nel sottosuolo

Un inparte in quattro 3 componenti, per poi portare a inparte nelle persone.



In pta di movimento c'è il gradino,
 in L la curva per trasporto convettivo:
 $T = \frac{d}{v} \Rightarrow$ Comporre di inquinante,
 ma non si profina, la curva e' t
 bassa e larga a causa della dispersione.

III. 2. INTERAZIONE INQUINANTE - FASE SOLIDA

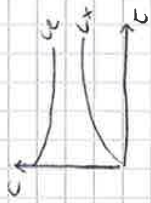
Diversi fenomeni possibili:

a. ASSORBIMENTO

Riguarda soprattutto le molecole organiche, c'è un trasferimento di materia da liquido a solido. $\Rightarrow \downarrow c_l, \uparrow c_{solido}$.
 (il modo in cui ciò accade dipende dal tipo di inquinante e di solido).

a. TERMODINAMICA

Si fa per hp: acqua pura in ogni istante si stabilisce equilibrio tra fase L e S, non è del tutto vero, ma se il contatto è efficace ed il trasporto è lungo valere. $c_{solido} = K_{org} \cdot c_l$.
 Equilibrio dipende dalle caratteristiche delle due fasi, dalle molecole delle fase organica nel liquido, ...



Per avere le costanti di equilibrio è possibile fare prove d. laboratorio

b. CINETICA

Le variazioni di concentrazione (nella spazio poroso) sono:

$-\frac{dc}{dx} \leftrightarrow \frac{dc_s}{dt} = K \cdot a \cdot (c - c^*)$

Il liquido, muovendosi, si ripresenta.

- Tempi di contatto breve \Rightarrow aspetto cinetico è importante
- Tempi di contatto lunghi \Rightarrow si può ritenere equilibrio istantaneo

b. ASSORBIMENTO

La parte organica disciolta nelle acque si scioglie nella componente organica del solido

Nella pratica è difficile distinguere adsorb. e assorb.

C. RITENZIONE PER SCAMBIO IONICO

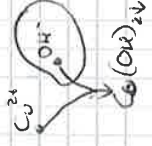
inquinanti organici, ad es. metalli.

Se la fase solida contiene Na^+ , per scambio con un Me^{2+} presente in fase disciolta



d. RITENZIONE PER PRECIPITAZIONE

Se nel solido c'è OH^- , il metallo disciolto può reagire con esso, formare un idrossido e precipitare.



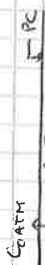
e. DIFFUSIONE IN ZONE STAGNANTI

zone senza fluito, in cui c'è acqua pulita

stagnante \Rightarrow All'arrivo dell'inquinante,

si crea un gradiente di c e inizio diffusione molecolare.





a. DIFFUSIVO

Gradiente di C tra zona sottile e

atmosfera esterna: $C_{atm} < C_0$

Flusso più verso dentro a seconda della permeabilità di barriera vadosa.

b. TRASPORTO CONVETTIVO

Il gas interstiziale si muove in modo verso edotto (e

risposta con né l'ignante), x vari motivi:

- Formazione di biogas nel sottosuolo: formazione di biogas fa $\uparrow p \Rightarrow$ Sostituisce
- Variazione della pressione atmosferica. Con interstiziale e in equilibrio con essa. Se $\downarrow p_{atm} \Rightarrow$ effetto di pompaggio verso l'esterno.
- Incremento di pressione legato all'innalzamento della falda.

Alle fine, le variazioni di ignanti non liberate in atmosfera \Rightarrow l'innalzamento delle acque di falda, tanto + forte quanto + drenante e la strato vadoso

• Presenza di nutrienti, N e P

• Assenza di inibitori (Metodi pesanti)

• Carezza di O_2 , de più CO_2 o peggiori CO_2 reazione (incomplete, ...)

BIODEGRADATION

Processi x accelerare la reazione di liquore dal sottosuolo con comatobolismo.

III. 4. FASE LIQUIDA SEPARATA

Possibile problema: presenza di + di una fase liquida, per ignanti, non idratibili, categorie + importanti:

- Idrocarburi: $p < p_{atm} \Rightarrow$ lente galleggiano
 - Solventi clorurati: $p > p_{atm} \Rightarrow$ lente nel fondo
- Le 2 lenti non si muovono con l'acqua, restano ferme. Rimane nota x il minor numero di notezze in caglio che scende. Lunga durata nel tempo. \Rightarrow Sono interzento esterno.

IV. 5. COMPONENTE AERIFORME - FASE GAS

Fase gassosa tende ad ossidarsi: dei componenti

volatili, presenti, sia in S che in L

\Rightarrow Si stabilisce equilibrio tra CO_2 , CH_4 , che dipende anche dalla volatilità della specie.

Quando è liquore è portato in fase gas, una migra verso la superficie per 2 reazioni:



Trovare i coefficienti ed è molto difficile, dipende dai singoli casi.

2. APPROCCIO STATICO

Basato sugli equilibri del T.P.O. $K_p = \frac{C_1}{C_0}$

12 approcci per tentare di conoscere le concentrazioni di inquinanti presenti negli ambienti in cui l'uomo viene a contatto

Vie di penetrazione nell'uomo: acqua, aria, alimenti, esposizione dermica. Quanto finisce il ricambio = complicato.

EFFETTO SULLA SALUTE

Pans ulteriore. Nel diagramma bi-logaritmico.

Dose = quantità di inquinante somministrata al soggetto esposto.

$$dose = \frac{\text{QUANTITÀ INQUINANTE}}{\text{PESO CORPOREO} \cdot \text{TEMPO}}$$

Risposta = effetto sulla salute

Sul diagramma 2 tipi di situazioni possibili:

a. inquinante con effetto acuto in tempi brevi non logaritmico

=> Si individua una dose limite oltre cui non si fanno danni

b. inquinante con effetto cronico in tempi lunghi con logaritmico

=> Non esiste un valore soglia: probabilità incrementale.

↑ dose => ↑ risposta

Curve = ricavarle sperimentalmente. Note che, a parità di valore delle info quantitative:

- Soglia (per non cancerogeni)
- Pendenza della curva (per cancerogeni)

PENDENZA DELLA CURVA

Rapporto tra momento di probabilità e momento di dose:

$$SF = \left[\frac{1}{dose} \right]$$

DOSE

$$D = \frac{\sum C_i \cdot P_i \cdot P_j}{P}$$

dove:

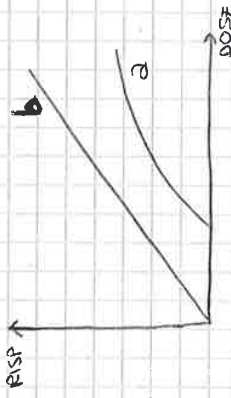
C_i = flusso del composto desiderato

P_i = fattore correttivo di frequenza (quanto volte in % è emesso di un flusso rispetto all'ossigeno complessivo).

Deriva dagli inquinanti ipotizzati.

P_j = fattore correttivo di efficacia (quanto è inquinante entrato in parte in % nella salute).

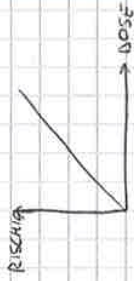
P = peso corporeo.



ANALISI DI RISCHIO

Confronto tra una dose monotona (calcolata) ed una dose non monotona.

Dose interpolata = calcolata con le varie vie di trasferimento.



- Caso A = Sostanze non cancerogene

Effetto la verifica = effetto auto a

Tempi brevi \Rightarrow Conferma la dose

giornaliero con una dose di riferimento

- caso B = Sostanze cancerogene

Dose = mediata su Tempi length di esposizione (30-70y)

Rischio = moltiplicazione di probabilità

\Rightarrow Si, usare una confezione Esposizione Trasferimento, da cui

Slope Factor: $SF = \frac{\text{probabilità}}{\text{mg/kg y}}$

Per medicare la dose: si ragiona su un arco di esposizione di 70 anni, che è diviso in classi di età distinte.

Ogni dose è descritta da 2 parametri:

- N = peso corporeo medio

- ADAF = Age Dependent Adaptation Factor, ogni

fascia di età è ±0 - sensibile.

$$ADAF = 1 - 10$$

$$\Rightarrow D = \frac{\sum m \cdot c \cdot I \cdot ADAF}{N \cdot T} \cdot f \cdot P$$

dove: N = numero di dose complesso amministrato nell'arco degli anni

ECOLOGIA (METABOLISMO) INDUSTRIALE

Approccio: studiare un sistema produttivo/partecipare come se fosse un singolo individuo

Metabolismo \rightarrow che è come fare un bilancio di materia x l'individuo:



non è del tutto stazionario, ci può essere anche surplus/deficit.

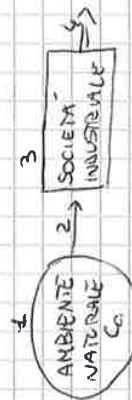
Ande x sistemi + grandi, si fanno bilanci di materia x capire come si muove dalle sostanze all'interno di

Tale sistema estero Terza Fondamente

Obiettivi:

1. Come evolve il funzionamento di un intero sistema stesso dagli elementi, ad es. x verificare l'esaurimento delle risorse
2. Verificare il riversamento dei residui nell'ambiente esterno

Modello fatto x i retelli:



1. Co = concentrazione di background
 3. Trasformazione tecnologica, si creano prodotti che sono poi messi in ambiente antropizzato
 4. Flusso out, verso atmosfera, mari, idrici, residui in discarica, ... Ritorno all'ambiente naturale
- Società industriale può non essere in condizioni stazionarie
- \Rightarrow Flusso in \neq Flusso out

Strumento pratico usato = bilancio di materia

=> estende l'analisi pratica = trovare igusti, avere x quantizzare ϕ_{in} , ϕ_{out} e la differenza ad sistema industriale.

Questo ragionamento, oltre che x i retelli, è fatto x N e P, che i loro cicli naturali sono perturbati dall'uomo:

- N: produzione di fertilizzanti = contengono NH_3 e HNO_3
- Sintesi di NH_3 = prelievo di N dall'aria \Rightarrow volta importante nella riserva di N nell'aria.

A fine processi, N è ritenuto materia a cessa.

- P: Naturalmente presente nei materiali, viene estratto x essere usato nei fertilizzanti, \rightarrow cibo \rightarrow acqua-fango \Rightarrow Modifica ai riservoi di fosforo e versamento.

Bilanci = periodicamente fatti, x fare ragionati, di compatibilità ambientale (quanto le modifiche al ciclo impanno il livello di qualità da mantenere).

\Rightarrow Policy

INVENTARIO DELLE EMISSIONI

Raccolta di dati emissivi disponibili su siti internet delle ARPA regionali

Piano di costruzione = abbinamento Cigo, si trovano cose dati + terreni, quelli di 3 anni fa

Origine = 1985, quando la Commissione Europea finanziò il progetto CORINE = raccolta dati sull'ambiente e sulle risorse ambientali su tutta l'UE

⇒ Fogli fogli ⇒ CORINAIR = raccolta dati sulle qualità dell'aria su tutta l'UE

⇒ inventario delle emissioni = raccolta sistematica e coerente delle qualità dell'aria

CARATTERISTICHE

- Completezza = si fa riferimento ad un Territorio cercando di censire la T. polare, l'ub.azione e la frequenza ⇒ si individua completamente ogni sorgente inquinante
- Consistenza = tutti gli inventari fanno lo stesso lavoro, cioè si possono confrontare zone diverse ed anni diversi. Ad esempio: l'elenco dei Motoristi, ovvero motori polari e di alta cilindrata, che sono collegati allo stesso modo ovunque (anche i settori e le attività)

Anche i contaminati analizzati, sono gli stessi. Tutti gli inventari

- Trasparenza = per ciascun dato emissivo (o insieme di dati) è fornita la spiegazione di come è stato ricavato e la sua affidabilità.

ORIGINE DEI DATI

Due approcci possibili x ricavare dati:

- Metodo diretto = approccio preferibile. Ponibile x sorgenti puntuali riferite a siti industriali di grandi dimensioni. C. n. opera da zone affidabili.

Difficoltà nel caso di sorgenti diffuse.

- Metodo indiretto = attraverso i fattori di emissione, ricavabili in certe condizioni.

- Da letteratura

- Sfruttare fattori di emissione ricavati sperimentalmente (curve corrette) x impianti simili: sistema di rilevazione sistema spiega di potenza, magari scala diversa

CONTAMINANTI PRESENTI

Possano essere presenti singoli o aggregati.

- Singoli = inquinanti comuni, diffusi, derivanti da processi di combustione. Sono di vari motivi gruppi:
 - Combustione completa: CO₂
 - Combustione incompleta: SO₂, NO_x, COV, particolato

MODELLI GAUSSIANI

Formula completa dell'equazione di trasporto di un inquinante in atmosfera:

$$\frac{\partial C}{\partial t} + u_x \frac{\partial C}{\partial x} + v_y \frac{\partial C}{\partial y} + w_z \frac{\partial C}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial x} \left[K_{xx} \frac{\partial C}{\partial x} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[K_{yy} \frac{\partial C}{\partial y} \right] + \frac{\partial}{\partial z} \left[K_{zz} \frac{\partial C}{\partial z} \right] + S(x, y, z, t)$$

Per avere soluzioni analitiche, servono hp semplificatrici:

- HP1: Condizioni di stazionarietà, fenomeno indipendente del tempo:

$$\Rightarrow S \text{ non è } S(t), \text{ solo } S(x, y, z)$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} = 0$$

- HP2: Trasporto advettivo: se considero un sistema di riferimento centrato nella sorgente, orientato con l'asse x in direzione del vento \Rightarrow componenti u_x e v_z sono trascurabili
- HP3: Termini di dispersione diffusive: in direzione x, il trasporto convettivo prevale sul dispersivo

$$\Rightarrow \text{Trascurare la dispersione in direzione } x \quad K_{xx} \frac{\partial^2 C}{\partial x^2} = 0$$

- HP4: Dominio omogeneo (caratterizzabile dal vento e parametri meteorologici uniformi nello spazio)
 - \Rightarrow Coefficienti costanti nello spazio
- $$\Rightarrow \frac{\partial}{\partial y} \left[K_{yy} \frac{\partial C}{\partial y} \right] = K_{yy} \frac{\partial^2 C}{\partial y^2} \quad ; \quad \frac{\partial}{\partial z} \left[K_{zz} \frac{\partial C}{\partial z} \right] = K_{zz} \frac{\partial^2 C}{\partial z^2}$$

- HP5: Dominio di inabitazione e territorialmente sfuorato in tutte le direzioni, non si ipotizza di avere terreno piano
- HP6: contaminante conservativo, non subisce decadimento dopo l'emissione

ESEMPIO - Disaggregazione Temporale

Emissione di NOx da una centrale termoelettrica:

$$E_{NOx} = 10 \cdot 130 \frac{t}{y}$$

È un'emissione annua, per cui a volte emissione oraria non si può dividere per il n° ore di 1 anno, cioè il regime di funzionamento variabile \Rightarrow variano anche le emissioni \Rightarrow serve costruire il profilo emissivo.

Se voglio calcolare emissioni 13:00-14:00 in un mese di di gennaio, i pesi sono:

$$P_0 = 1,1 \rightarrow \text{il peso dell'ora del LERNA della giornata}$$

$$P_g = 1,12 \rightarrow \text{il peso del giorno nella settimana}$$

$$P_m = 0,85 \rightarrow \text{il peso del mese nell'anno}$$

$$\Rightarrow E_h = E \cdot \frac{1,1}{24} \cdot \frac{1,12}{30} \cdot \frac{0,85}{12} = 1,23 \frac{t}{h}$$

Questo, nell'hp che è ipotizzato sia fissato 24 h/d, 30 mesi/12 mesi/1 y.

Considerando 3:00-4:00 di domenica di luglio:

$$P_0 = 0,8$$

$$P_g = 0,62 \Rightarrow E_h = E \cdot \frac{P_0}{24} \cdot \frac{P_g}{30} \cdot \frac{P_m}{12} = 1,16 \frac{t}{h}$$

$$P_m = 0,92$$

Nelle formule urban: parte dens, instabili $\sigma_z > \sigma_y$

=> ostacoli verticali si sommano alle instabilità generando ipostanti gradienti verticali

In ogni caso, $\sigma_{urban} > 4 \text{ volte } \sigma_{open}$

CLASSI DI INSTABILITÀ

Definizione in base alla velocità del vento

VELOCITÀ DEL VENTO [m/s]	INSOLAZIONE		NOTE
	ST FORTE	M MEDIA	
< 2	A	A-B	$\geq 4,8$ -
2-3	A-B	B	E
3-5	B	B-C	D
5-6	C	C-D	D
> 6	C	D	D

Venti intensi (oltre v_u) => piccola, anche in atmosfera

instabile, perché le contornate e periodo rapidamente

lungo x vento azzie il tempo di diffusione in z e

=> Si nota di densi atmosferici apparenti, date anche

dalla v_u

GRAFICO 1

Sorgente posto ad $z=30m$ => Sida e a $z=30m$

A -> ha il picco a $z=30$

Le curve densi fanno piccoli decrementi, arrivano pian piano in ristretto e deboli, (nel frattempo le densità m).

Green e Turner:

- Dipendenza da x

- Dipendenza dei coefficienti dalle classi di stabilità atm

- Termini progressanti, senza ostacoli verticali

BRIGGS (1973):

Formule + variabili Dipendono dalla stabilità atmosferica

Variabile in z : ostacoli verticali

=> 2 famiglie di formule

- Briggs country = Termini progressanti,

- Briggs urban = zone urbane, Termini costanti e disantimati verticali

Esempio di calcolo, a $x=1000m$

	OPEN COUNTRY			URBAN		
	σ_y	σ_z	σ_y/σ_z	σ_y	σ_z	σ_y/σ_z
A	210	200	4,05	270	339	0,80
B	153	120	4,28	270	339	0,80
C	105	73,0	1,44	186	200	0,93
D	76,3	38,0	2,01	135	123	1,10
E	57,2	23,1	2,48	93,0	50,6	1,84
F	38,1	12,3	3,10	93,0	50,6	1,84

Passando da stabile -> instabile (F -> A) => $\uparrow \sigma_y, \uparrow \sigma_z$,

ma $\downarrow \frac{\sigma_y}{\sigma_z}$

=> in condizioni stabili, la diffusione in z e + rubita di quella in y

b. PENNACCHIO JET

Spostamento dovuto prevalentemente all'energia cinetica (v_s)

\Rightarrow Trasmissione molto veloce verso l'alto, perché $v_s \gg v_v$

$\Rightarrow x_f = 0$, che v_v non riesce a trasportare verso valle

Una volta esaurita l'energia cinetica inizia il

trasporto (con onde dispersive-diffusive) \rightarrow ad h_e

c. PENNACCHIO MISTO =

nessuno dei 2 effetti prevale

Per valutare il tipo di pennacchio c'è un parametro:

$(\Delta T)_c$ = Temperature di contrast

va configurato con $\Delta T = T_s - T_{AMB}$;

se $\Delta T > (\Delta T)_c \Rightarrow$ galleggiamento

Calcolo di $(\Delta T)_c$ = diverse formule disponibili a

seconda del parametro di galleggiamento F_b

(buoyancy Flux Parameter): se $F_b \geq 5.5$

\Rightarrow Si usano formule diverse

Una volta noto il tipo di pennacchio, si possono

applicare le relative formule x determinare la

posizione delle sorgenti ($x_f = h_e$)

ATMOSFERA INSTABILE

Per il calcolo di h_e , c'è sempre v_s al denominatore:

$\uparrow v_s \Rightarrow \uparrow$ turbolenza $\Rightarrow \uparrow$ gradiente di velocità che limita

la capacità dell'effluente di dilatarsi e trascinare verso dx.

ATMOSFERA STABILE

Serve il calcolo di S = parametro di stabilità di Briggs,

che dipende da $\frac{d\theta}{dz}$ = gradiente potenziale di temperatura:

$$\frac{10}{z^2} = 0,020 \frac{K}{m} \Rightarrow \text{Case E}$$

$$\frac{20}{z^2} = 0,035 \frac{K}{m} \Rightarrow \text{Case F}$$

TABELLA

Dato θ_0 sorgente con $h_s = 30m$, ed in atmosfera con

$$T_A = 293K$$

\Rightarrow Si calcola F_m , e poi si fanno i calcoli x 4 famiglie:

\rightarrow 1° Famiglia =

Tutta cost, vale v_s

In ogni caso, si nota che: $\left\{ \begin{array}{l} \text{stabile} \Rightarrow \text{galleggiante} \\ \text{instabile} \Rightarrow \text{JET} \end{array} \right.$

$v_s = 10 \Rightarrow$ quota raggiunta da galleggiamento $e' > z_{JET}$

$v_s = 20 \Rightarrow$ confronto stabile

$v_s = 50 \Rightarrow$ pennacchio JET instabile sale + delle stratificaz

Questo accade per la stabilità atmosferica crea stratificaz

de finita θ_0 salite, annullando l'energia cinetica

dell'effluente

\rightarrow 2° Famiglia = ha 2 parti:

- 1° parte: $v_s = \cos^2$, v_v varia

\Rightarrow Prevede sempre effetto di galleggiamento

effluente sale di T molto stabile, de conserva

1 gradiente di T